

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KATLI E-CAM/POLYESTER DOKUMA KUMAŞ
KOMPOZİTLERİN DİKİŞLİ VE NANO-KATKILI
FORMLARININ MEKANİK VE BALİSTİK
ÖZELLİKLERİNİN DENEYSEL BELİRLENMESİ
(Doktora Tezi)**

**Hazırlayan
Gaye YOLAÇAN**

**Danışman
Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından FBD-10-3383 kodlu proje ile desteklenmiştir.**


**Mayıs 2013
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Gaye YOLAÇAN

İmza:



Danışman

Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

Teknik Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Katlı E-Cam/Polyester Dokuma Kumaş Kompozitlerin Dikişli ve Nano-Katkılı Formlarının Mekanik ve Balistik Özelliklerinin Deneysel Belirlenmesi” adlı Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

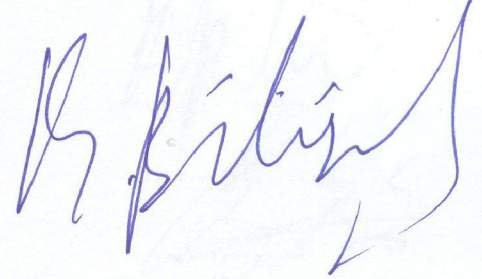
Tezi Hazırlayan

Gaye YOLAÇAN



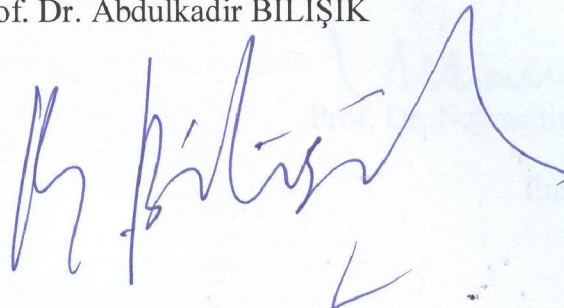
Danışman

Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK



Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK



Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK danışmanlığında **Gaye YOLAÇAN** tarafından hazırlanan “**Katlı E-Cam/Polyester Dokuma Kumaş Kompozitlerin Dikişli ve Nano-Katkılı Formlarının Mekanik ve Balistik Özelliklerinin Deneysel Belirlenmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında **Doktora** tezi olarak kabul edilmiştir.

28/05/2013

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

Üye : Prof. Dr. Faruk BOZDOĞAN

Üye : Doç. Dr. Nazım PAŞAYEV

Üye : Yrd. Doç. Dr. İlhan ÖZEN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 07/06/2013 tarih ve 2013/25-03 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

07 / 06 / 2013

Prof. Dr. Necmettin MARAŞLI

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Akademik çalışma hayatım boyunca ve bu tez çalışmasının yürütülmesi sırasında bilgi birikimi ve tecrübelerinden faydalanma imkânı bulduğum, çalışmalarım esnasında beni yönlendiren ve desteklerini esirgemeyen, çalışma ahlâkı ve disipliniyle kendime örnek edindiğim, bilim adamı ve mucit, değerli tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarımın yürütülmesi esnasında, kompozit malzemeleri üretmeme imkân sağlayan İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Rektörü Sayın Prof. Dr. Mustafa GÜDEN ve değerli çalışma ekibine teşekkür ederim. Tez çalışmasında kullanılan E-cam kumaş ve ipliklerin temin edilmesine imkân sağlayan Cam Elyaf A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Tez izleme komitesinde yer alan ve yaptığım çalışmaları değerli zamanlarını ayırarak takip eden ve değerlendiren hocalarım Sayın Doç. Dr. Nazım PAŞAYEV ve Yrd. Doç. Dr. İlhan ÖZEN'e teşekkürlerimi sunarım. Tez kapsamındaki mekanik testlerin yapıldığı Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nin değerli yönetici ve çalışanlarına, gösterdikleri itina ve sabırdan dolayı teşekkürlerimi sunarım. Tez kapsamındaki darbe testlerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. M. Kemal APALAK ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa YILDIRIM'a teşekkür ederim. Desteğini her zaman hissettiğim, fikir ve önerilerinden yararlandığım değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Emel ÇİNÇİK ve Yrd. Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma hayatım dolayısıyla bedenen uzak kaldığım ancak, yakınlıklarımı gönülden hissettiğim, yeryüzünde karşılık beklemeden emek ve sevgi gösterebilen tek varlıklar olan sevgili anneme, babama ve kardeşlerime, ayrıca bu süreçte varlığını her an yanımda hissettiğim müstakbel hayat arkadaşım Murat KAYA'ya, beni her daim destekledikleri, yalnız bırakmadıkları ve bana inandıkları için sonsuz teşekkür ederim.

Gaye YOLAÇAN

Kayseri, Mayıs 2013

KATLI E-CAM/POLYESTER DOKUMA KUMAŞ KOMPOZİTLERİN DİKİŞLİ VE NANO-KATKILI FORMLARININ MEKANİK VE BALİSTİK ÖZELLİKLERİNİN DENEYSEL BELİRLENMESİ

Gaye YOLAÇAN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora, Mayıs 2013

Danışman: Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

ÖZET

Bu tez çalışmasında; çok eksenli dikişli E-cam/polyester tekstil yapısal kompozitler, 2D (iki boyutlu) kumaşların kullanımı ile geliştirilmiş ve ayrıca nano ve mikro dolgulu E-cam/polyester kompozitler üretilerek, bu yapıların mekanik ve düşük hızdaki darbe özellikleri, dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılarla kıyaslanmıştır.

Geliştirilen dikişli kompozit yapılarda, dikim parametreleri; dikiş yönü, dikiş adım sayısı, dikiş ipliği türü ve dikiş türü (el dikışı veya makine dikışı) olarak belirlenmiştir. Dolgu maddesinin türü, parçacık boyutu ve miktarının, dolgulu kompozit yapıların düzlem ve düzlem-dışı özellikleri üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. Nano malzemenin, kompozit yapıyı genel olarak kırılğan hale getirdiği anlaşılmıştır. Dikiş, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif yerleşimine sebep olmuştur. Dikişin, kompozit yapının düzlemde özelliklerini düşürdüğü, ancak, düzlem-dışı özelliklerini iyileştirdiği anlaşılmıştır. Özellikle çok eksenli dikişli kompozit yapıların, çekme ve eğilme dayanım ve modül değerlerinde düşüş saptanmıştır. Ancak, dikiş ipliğinin, katlararası ayrılmayı düzlem-dışındaki konumu nedeniyle önlediği, bozunmayı lokal bölgede hapsederek etrafa yayılmasını engellediği sonucuna varılmıştır. Çok eksenli dikiş, darbe esaslı yükleme durumunda, bozulan alanı önemli ölçüde sınırlamıştır. Bu nedenle, çok eksenli dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar, dikişsiz ve dikişsiz/nano/mikro dolgulu yapılara kıyasla, daha iyi hasar tolerans performansı sergilemiştir.

Anahtar Kelimeler: 2D çok eksenli dikişli E-cam/polyester kompozit; nano-kompozit; çekme ve eğilme dayanım ve modülü; katlararası ayrılma dayanımı; düşük hızda darbe.

**EXPERIMENTALLY DETERMINATION OF THE MECHANICAL
PROPERTIES OF STITCHED AND CONTAINING NANO-PARTICLE
MULTILAYERED E-GLASS/POLYESTER WOVEN FABRIC COMPOSITES**

Gaye YOLAÇAN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Ph.D. Thesis, May 2013

Supervisor: Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

ABSTRACT

In this thesis, 2D (two dimensional) multidirectionally multistitched and multistitched/nano E-glass/polyester woven composites were developed to understand mechanical and low velocity impact properties comparing with unstitched and unstitched/nano/micro E-glass/polyester woven composites.

It was considered that the stitching parameters in the developed composite structures were stitching direction, stitching density, stitching yarn type and stitching type (hand stitching or machine stitching). It was realized that the material type, material particle size, amount of materials influenced the in-plane and out-of-plane properties of composite structures. This indicated that adding nano materials into the composite structures make the structure brittle. Stitching caused local misalignment and uneven fiber placement in the structure. It was realized that the stitching reduced in-plane properties, whereas, improved the out-of-plane properties of composite structures. In particular, there was a decrease in tensile and bending strength and modulus of multidirectionally multistitched E-glass/polyester composites. However, stitching yarn suppressed the delamination because of its out-of-plane location and confined the damage zone locally. Under impact loading, multistitching suppressed the damage zone relatively at a small area of the composite structure. Therefore, the 2D multistitched and multistitched/nano E-glass/polyester woven composite structures showed better damage tolerance performance compared to those of the unstitched and unstitched/nano/micro composite structures.

Keywords: 2D multidirectionally multistitched E-glass/polyester composite; nano-composite; tensile-bending strength and modulus; delamination; low velocity impact.

İÇİNDEKİLER

KATLI E-CAM/POLYESTER DOKUMA KUMAŞ KOMPOZİTLERİN DİKİŞLİ VE NANO-KATKILI FORMLARININ MEKANİK VE BALİSTİK ÖZELLİKLERİNİN DENEYSEL BELİRLENMESİ

	<u>Sayfa</u>
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iv
ÖNSÖZ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMA VE SİMGELER	xviii
TABLolar LİSTESİ.....	xxii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xxx
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Kumaş ve Önşekil Özellikleri	3
1.1.1. Kumaştan İplik Çekme (Pull- Out).....	3
1.1.2. Kumaş ve Önşekil Eğilme Rijitliği.....	6
1.2. Dikişli Kompozit Yapılar	10
1.2.1. Dikişin Önşekillerdeki Hasar Etkisi	12
1.2.2. Dikişli Kompozit Yapıların Çekme Dayanımı Özellikleri	13
1.2.3. Dikişli Kompozit Yapıların Eğilme Dayanımı Özellikleri	15
1.2.4. Dikişli Kompozit Yapıların Kırılma Tokluğu ve Katlararası Ayrılma	

Dayanımı Özellikleri	16
1.2.5. Dikişli Kompozit Yapıların Darbe Dayanımı Özellikleri.....	19
1.2.6. Dikişli Kompozit Yapıların Diğer Özellikleri.....	29
1.3. Nano ve Mikro Dolgulu Kompozit Yapılar	31
1.3.1. Nano-Karbon Dolgulu Polimerik Kompozitler	34
1.3.2. Diğer Dolgulu Polimerik Kompozitler	39

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Öncekillerin Geliştirilmesinde Kullanılan Kumaş	45
2.2. Geliştirilen Öncekiller	46
2.2.1. Dikişsiz Öncekiller	46
2.2.2. Dikişli Öncekiller	47
2.2.2.1. Makine Dikişli Öncekiller	47
2.2.2.2. El Dikişli Öncekiller.....	48
2.3. Kompozit Üretimi Deney Planı	49
2.4. Öncekil Görüntü Analizi	51
2.4.1. 2400 tex E-cam Öncekillerin Dijital Görüntü Analizi	51
2.4.1.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Öncekiller	51
2.4.1.2. Dikişli Öncekiller	52
2.4.2. 2400 tex E-cam Öncekillerin Mikroskopik Görüntü Analizi	56
2.4.2.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Öncekiller	56
2.4.2.2. Dikişli Öncekiller	57
2.5. Kumaş ve Öncekillere Uygulanan Testler	58
2.5.1. Kumaştan İplik Çekme (Pull-Out) Testi	58
2.5.1.1. Kumaştan İplik Çekme Testi Deney Planı.....	59
2.5.2. Kumaş ve Öncekil Eğilme Rijitliği Testi.....	61
2.5.2.1. Kumaş ve Öncekil Eğilme Rijitliği Testi Deney Planı	64
2.5.3. Kumaş ve Öncekil Kalınlığı Testi	65
2.5.4. Öncekil Ağırlıklarının Tayini.....	66
2.5.5. Krimp Ölçümü	66
2.5.6. Optik Mikroskop Görüntü Analizi	66

2.6. Kompozit Yapıların Üretimi.....	66
2.6.1. Polyester Reçine Özellikleri	67
2.6.2. VARTM Metodu ile Kompozit Üretimi.....	68
2.6.2.1. Kompozit Kalınlığının Hesaplanması	72
2.6.2.2. Reçine Miktarının Hesaplanması.....	73
2.6.3. Dolgu Maddelerinin Özellikleri	74
2.6.3.1. Nano-Silika.....	75
2.6.3.2. Nano-Karbon	76
2.6.3.3. Silisyum Karbür	77
2.6.3.4. Kalsiyum Silikat.....	78
2.6.3.5. Bor Karbür	79
2.6.3.6. Titanyum Borür.....	79
2.6.3.7. Mikro-Karbon	80
2.6.4. Dolgulu Kompozit Yapıların Üretimi.....	80
2.6.4.1. Dolgu Maddesi Miktarının Hesaplanması	81
2.6.4.2. Dolgu Maddesinin Polyester Reçine İçerisinde Karıştırılması	82
2.7. Kompozit Görüntü Analizi	85
2.7.1. E-cam/Polyester Kompozitlerin Dijital Görüntü Analizi.....	85
2.7.1.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar	85
2.7.1.2. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	86
2.7.1.3. Dikişli Kompozit Yapılar.....	89
2.7.1.4. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	93
2.7.2. E-cam/Polyester Kompozitlerin Mikroskopik Görüntü Analizi.....	94
2.7.2.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar	94
2.7.2.2. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	95
2.7.2.3. Dikişli Kompozit Yapılar.....	99
2.7.2.4. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	104
2.8. Kompozitlere Uygulanan Testler.....	105
2.8.1. Kompozit Yapıların Test Planı	105
2.8.1.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar	106
2.8.1.2. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar	107
2.8.1.3. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	108
2.8.1.4. Dikişli Kompozit Yapılar.....	110

2.8.1.5. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	118
2.8.2. Kompozit Kalınlığı Testi	119
2.8.3. Kompozit Yoğunluğu Testi	120
2.8.4. Lif Hacminin Tayini.....	121
2.8.5. Kompozitteki Boşluk Miktarının Tayini	122
2.8.6. Çekme Dayanımı Testi	123
2.8.6.1. Çekme Modülünün Hesaplanması	125
2.8.6.2. Kompozit Yapıların Çekme Testi Sonrası Görüntü Analizi	126
2.8.6.3. Çekme Testi Sonrası Kompozit Yapılara Uygulanan Ölçümler	127
2.8.7. Reçine Çekme Dayanımı Testi	131
2.8.7.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapıların Çekme Testi Sonrası Görüntü Analizi	132
2.8.8. Eğilme Dayanımı Testi	132
2.8.8.1. Eğilme Modülünün Hesaplanması	134
2.8.8.2. Kompozit Yapıların Eğilme Testi Sonrası Görüntü Analizi	135
2.8.8.3. Eğilme Testi Sonrası Kompozit Yapılara Uygulanan Ölçümler	135
2.8.9. Katlararası Ayrılma Dayanımı Testi	136
2.8.9.1. Kompozit Yapıların Katlararası Ayrılma Dayanımı Testi Sonrası Görüntü Analizi	139
2.8.10. Düşük Hızda Darbe (Drop) Testi	140
2.8.10.1. Drop Test Bozulan Alan Ölçüm Yöntemi	141
2.8.11. Optik Mikroskop Analizi	142
2.8.12. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Analizi	142

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Kumaş ve Önşekil Test Sonuçları.....	143
3.1.1. Önşekil Kalınlık ve Ağırlıkları.....	143
3.1.1.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Önşekiller	143
3.1.1.2. Dikişsiz/Dolgulu Önşekiller	144
3.1.1.3. Dikişli Önşekiller	145
3.1.1.4. Dikişli/Nano Dolgulu Önşekiller	147

3.1.2. Kumaştan İplik Çekme (Pull-Out) Test Sonuçları.....	147
3.1.2.1. Tekli İplik Çekme Test Sonuçları	147
3.1.2.2. Çoklu İplik Çekme Test Sonuçları.....	150
3.1.3. Kumaş ve Önşekil Eğilme Rijitliği Test Sonuçları.....	152
3.1.3.1. Tek Kat ve Çok Katlı Dikişsiz E-cam Kumaşlar	152
3.1.3.2. Çok Katlı Dikişsiz ve Dikişli E-cam Önşekiller	153
3.2. Kompozit Yoğunlukları ve Lif Hacmi	157
3.2.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar	157
3.2.2. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar	157
3.2.3. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	158
3.2.3.1. Dikişsiz/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	158
3.2.3.2. Dikişsiz/Mikro Dolgulu Kompozit Yapılar	159
3.2.4. Dikişli Kompozit Yapılar	159
3.2.4.1. Makine Dikişli Kompozit Yapılar	159
3.2.4.2. El Dikişli Kompozit Yapılar	161
3.2.5. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar	162
3.3. Çekme Dayanımı Test Sonuçları	162
3.3.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar	162
3.3.2. Dikişsiz Kompozit Yapılar	163
3.3.3. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	164
3.3.4. Dikişli Kompozit Yapılar	168
3.3.5. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar	181
3.4. Eğilme Dayanımı Test Sonuçları	183
3.4.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar	183
3.4.2. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	184
3.4.3. Dikişli Kompozit Yapılar	186
3.4.4. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar	197
3.5. Katlararası Ayrılma Dayanımı Test Sonuçları	199
3.5.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar	199
3.5.2. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	200
3.5.3. Dikişli Kompozit Yapılar	202
3.5.4. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar	213
3.6. Düşük Hızda Darbe (Drop) Test Sonuçları.....	214

3.6.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar	214
3.6.2. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	215
3.6.2.1. Dikişsiz/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	215
3.6.2.2. Dikişsiz/Mikro Dolgulu Kompozit Yapılar	216
3.6.3. Dikişli Kompozit Yapılar	218
3.6.3.1. Makine Dikişli Kompozit Yapılar	218
3.6.3.2. El Dikişli Kompozit Yapılar	220
3.6.4. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar	222
3.7. Kompozit Yapıların SEM Analizleri	223
3.7.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar	223
3.7.2. E- cam/Polyester Kompozit Yapıların Kesit Görüntüleri.....	225
3.7.2.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar	225
3.7.2.2. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	227
3.7.2.3. Dikişli Kompozit Yapılar.....	230
3.7.2.4. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	240

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Kumaş ve Önşekil Testleri	242
4.1.1. Kumaştan İplik Çekme (Pull-Out) Testi	242
4.1.1.1. Tekli İplik Çekme Testi	242
4.1.1.2. Çoklu İplik Çekme Testi.....	246
4.1.2. Kumaş ve Önşekil Eğilme Rijitliği Testi.....	250
4.1.2.1. Tek Kat ve Çok Katlı Dikişsiz E-cam Kumaşlar	250
4.1.2.2. Çok Katlı Dikişsiz ve Dikişli E-cam Önşekiller	252
4.2. Kompozit Yoğunlukları ve Lif Hacmi	254
4.2.1. Kompozit Yoğunlukları.....	256
4.2.1.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar	256
4.2.1.2. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	257
4.2.1.3. Dikişli Kompozit Yapılar.....	258
4.2.1.4. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	259

4.2.2. Toplam Lif Hacmi ve Boşluk Miktarı.....	260
4.2.2.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	260
4.2.2.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	261
4.2.1.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	263
4.3. Çekme Dayanımı Testi.....	263
4.3.1. Çekme Dayanımı	266
4.3.1.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar	266
4.3.1.2. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	266
4.3.1.3. Dikişli Kompozit Yapılar.....	267
4.3.1.4. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	269
4.3.2. Çekme Modülü	270
4.3.2.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar	270
4.3.2.2. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	271
4.3.2.3. Dikişli Kompozit Yapılar.....	272
4.3.2.4. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	274
4.3.3. Çekme Uzaması	275
4.3.3.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar	275
4.3.3.2. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	276
4.3.3.3. Dikişli Kompozit Yapılar.....	276
4.3.3.4. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	278
4.3.4. Spesifik Çekme Dayanımı	279
4.3.4.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	279
4.3.4.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	280
4.3.4.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	281
4.3.5. Spesifik Çekme Modülü	282
4.3.5.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	282
4.3.5.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	282
4.3.5.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	284
4.3.6. Spesifik Çekme Uzaması	284
4.3.6.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	284
4.3.6.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	285
4.3.6.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	286

4.3.7. Çekme Testi Sonrası Kompozit Yapılara Uygulanan Ölçüm Sonuçları .	287
4.3.7.1. Bozunma Alanı.....	287
4.3.7.2. Kayma Sonucu Meydana Gelen Yer Değiştirme	291
4.3.7.3. Kırılma Bölgesindeki Materyal Enindeki Büzülme (Shrinkage)	291
4.3.7.4. Çekme Yönünde, Çekme Yönünün Normalinde ve 45°’deki Uzama Miktarı	292
4.3.7.5. Şekil Değişiminin Çekme Yönüne θ° Açısı	293
4.3.7.6. Kayma Sonucu Yapının İplik Setlerinde Meydana Gelen Açısal Fark (Skew).....	293
4.3.8. Kompozit Yapıların Çekme Testi Sonrası Görüntü Analizi.....	294
4.3.8.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar	294
4.3.8.2. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	295
4.3.8.3. Dikişli Kompozit Yapılar.....	302
4.3.8.4. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	322
4.4. Eğilme Dayanımı Testi.....	326
4.4.1. Eğilme Dayanımı	327
4.4.1.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	327
4.4.1.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	328
4.4.1.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	330
4.4.2. Eğilme Modülü	331
4.4.2.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	331
4.4.2.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	332
4.4.2.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	333
4.4.3. Eğilme Uzaması	334
4.4.3.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	334
4.4.3.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	335
4.4.3.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	337
4.4.4. Spesifik Eğilme Dayanımı	337
4.4.4.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	337
4.4.4.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	338
4.4.4.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	339
4.4.5. Spesifik Eğilme Modülü	340
4.4.5.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	340

4.4.5.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	341
4.4.5.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	342
4.4.6. Spesifik Eğilme Uzaması	342
4.4.6.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	342
4.4.6.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	343
4.4.6.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	344
4.4.7. Eğilme Dayanımı Testi Sonrası Kompozit Yapılara Uygulanan Ölçüm	
Sonuçları	345
4.4.7.1. Bozunma Alanı.....	345
4.4.7.2. Eğilme Numunelerin Alt Yüzeyinde Meydana Gelen İplikler Arası	
Intra- Yarn Açılması	348
4.4.8. Kompozit Yapıların Eğilme Testi Sonrası Görüntü Analizi.....	349
4.4.8.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	349
4.4.8.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	356
4.4.8.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	375
4.5. Katlararası Ayrılma Dayanımı Testi.....	377
4.5.1. Katlararası Ayrılma Dayanımı	378
4.5.1.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	378
4.5.1.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	379
4.5.1.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	380
4.5.2. Spesifik Katlararası Ayrılma Dayanımı	381
4.5.2.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	381
4.5.2.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	382
4.5.2.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	383
4.5.3. Kompozit Yapıların Katlararası Ayrılma Dayanımı Testi Sonrası	
Görüntü Analizi.....	384
4.5.3.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	384
4.5.3.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	390
4.5.3.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	407
4.6. Düşük Hızda Darbe (Drop) Testi.....	408
4.6.1. Bozunan Alan, Düşme Kuvveti ve Yapı Tipi Arasındaki İlişki	409
4.6.1.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	409
4.6.1.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	410

4.6.1.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	414
4.6.2. Spesifik Bozunan Alan, Spesifik Düşme Kuvveti ve Yapı Tipi	
Arasındaki İlişki	415
4.6.2.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	415
4.6.2.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	416
4.6.2.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	419
4.6.3. Kompozit Yapıların Darbe Testi Sonrası Görüntü Analizi	420
4.6.3.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar	420
4.6.3.2. Dikişli Kompozit Yapılar.....	421
4.6.3.3. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar.....	424
4.7. Genel Sonuçlar ve Öneriler.....	424
4.7.1. Kumaştan İplik Çekme (Pull-Out) Testi Sonuçlarının Genel	
Değerlendirilmesi.....	424
4.7.2. Kumaş ve Öñşekil Eğilme Rijitliği Testi Sonuçlarının Genel	
Değerlendirilmesi.....	425
4.7.3. Kompozit Yoğunlukları ve Lif Hacmi Sonuçlarının Genel	
Değerlendirilmesi.....	425
4.7.4. Çekme Testi Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi	426
4.7.5. Eğilme Dayanımı Testi Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi	432
4.7.6. Katlararası Ayrılma Dayanımı Testi Sonuçlarının Genel	
Değerlendirilmesi.....	437
4.7.7. Düşük Hızda Darbe (Drop) Testi Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi....	438
KAYNAKÇA	442
ÖZGEÇMİŞ.....	460

KISALTMA VE SİMGELER

<u>Sembol</u>	<u>Anlamı</u>	<u>Birimi</u>
m	Kumaş gramajı	(g/m ²)
c	Kumaş eğilme uzunluğu	(m)
θ	Eğilme açısı	(°)
l	Uygun ortalama sarkma uzunluğu	(m)
G	Eğilme rijitliği	(mN.m)
S	Krimp oranı	(%)
X	Kumaş eni	(cm)
ℓ	Gergin iplik uzunluğu	(cm)
d	Kompozit kalınlığı	(m)
A_w	Kumaş birim ağırlığı	(kg/m ²)
ρ_f	Lif yoğunluğu	(kg/m ³)
V_f	Lif hacmi	(%)
V_p	Kompozit hacmi	(cm ³)
V_m	Reçine hacmi	(%)
ρ_m	Reçine yoğunluğu	(g/cm ³)
X_r	Reel reçine ağırlığı	(g)
ρ_r	Reçine yoğunluğu	(g/cm ³)
M_r	Reçine miktarı	(ml)
X_d	Dolgu maddesi ağırlığı	(g)
wt (toz)	Ağırlıkça dolgu maddesi	(%)
W_r	Reçine miktarı	(g)
W_{MEKP}	MEKP miktarı	(g)
wt (MEKP)	Ağırlıkça MEKP	(%)
W_{CoNAP}	CoNAP miktarı	(g)
wt (CoNAP)	Ağırlıkça CoNAP	(%)
W	Lif ağırlığı	(g)
w	Kompozit ağırlığı	(g)
F	Lif yoğunluğu	(g/cm ³)
c	Kompozit yoğunluğu	(g/cm ³)
T_d	Teorik yoğunluk	(g/cm ³)

R	Kompozitteki ağırlıkça reçine miktarı	(%)
D	Reçine yoğunluğu	(g/cm ³)
r	Kompozitteki ağırlıkça lif miktarı	(%)
d	Lif yoğunluğu	(g/cm ³)
V	Boşluk miktarı	(%)
M_d	Ölçülen yoğunluk	(g/cm ³)
E	Elastik modül	(MPa)
σ	Dayanım	(MPa)
ε	Uzama	(mm/mm)
$\Delta P/\Delta l$	Eğrinin lineer bölgesindeki kuvvet-uzama oranı	(N/m)
l	Çekme testi çeneler arası mesafe	(mm)
b	Numune eni	(mm)
d	Numune kalınlığı	(mm)
L	Eğilme dayanımı testi destek mesafesi	(m)
m	Eğrinin lineer bölgesindeki kuvvet-uzama oranı	(N/m)
b	Numune eni	(m)
F^{sbs}	Katlararası ayrılma dayanımı	(MPa)
P_m	Maksimum kuvvet	(N)
h	Numune kalınlığı	(mm)
n	Kumaş kat sayısı	--
2D	İki boyutlu	--
3D	Üç boyutlu	--
Z-lifi	Düzlem dışı lifler	--
CAI	Darbe sonrası basma	--
RTM	Reçine transferi ile kalıplama	--
VARTM	Vakum infüzyonu ile kalıplama	--
CNT	Karbon nano-tüp	--
SWCNT	Tek duvarlı karbon nano-tüp	--
DWCNT	Çift duvarlı karbon nano-tüp	--
MWCNT	Çok duvarlı karbon nano-tüp	--
P-SWCNT	Saf karbon nano-tüp	--
F-SWCNT	Fonksiyonel grup eklenmiş karbon nano-tüp	--
SEM	Taramalı elektron mikroskobu	--

AFM	Atomik kuvvet mikroskobu	--
PTFE	Politetrafloroetilen	--
PP	Polipropilen	--
PA	Poliamid	--
Al	Alüminyum	--
Fe	Demir	--
Au	Altın	--
Ag	Gümüş	--
ZnO	Çinko oksit	--
Al ₂ O ₃	Alüminyum oksit	--
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat	--
TiO ₂	Titanyum dioksit	--
SiO ₂	Silika	--
SiC	Silisyum karbür	--
C	Karbon	--
CaSiO ₃	Kalsiyum silikat	--
CB ₄	Bor karbür	--
TiB ₂	Titanyum borür	--
α -SiC	Alfa silisyum karbür	--
β -SiC	Beta silisyum karbür	--
TOW	Sürekli lif demeti	--
ASTM	Amerikan standardı	--
TS	Türk standardı	--
ISO	Uluslararası standart	--
DCPD	Diklopentadien	--
MEKP	Metil etil keton peroksit	--
CoNAP	Kobalt naftalat	--
HF	Hidrojen florür	--
TW	Çözgü yönü çekme dayanımı numunesi	--
TF	Atkı yönü çekme dayanımı numunesi	--
AB	+45 yönü çekme dayanımı numunesi	--
EB	-45 yönü çekme dayanımı numunesi	--
BW	Çözgü yönü eğilme dayanımı numunesi	--

BF	Atkı yönü eğilme dayanımı numunesi	--
FTW	Çözü katlararası ayrılma dayanımı numunesi	--
FTF	Atkı katlararası ayrılma dayanımı numunesi	--
DROP	Drop test numunesi	--
FD	Kompozit yoğunluğu test numunesi	--
TAUM	Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi	--
CV	Değişim katsayısı	--

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	E-cam lifinin özellikleri [153].	45
Tablo 2.2.	E-cam kumaş ve iplik özellikleri.	46
Tablo 2.3.	Makine dikişli öñşekillerde kullanılan dikiş ipliklerinin özellikleri.	48
Tablo 2.4.	El dikişli öñşekillerde kullanılan dikiş ipliklerinin özellikleri.	49
Tablo 2.5.	Kompozit üretimi deney planı	50
Tablo 2.6.	E-cam kumaş ve öñşekillere uygulanan testler ve kullanılan test standartları	58
Tablo 2.7.	Kumaştan iplik çekme testi numune boyutları.	60
Tablo 2.8.	600 tex ve 2400 tex E-cam tek kat-açılı ve çok katlı kumaş için eğilme rijitliği deney planı.	64
Tablo 2.9.	Crystic 703PA polyester reçinenin farklı sertleştirici oranlarına ve sıcaklığa göre jelleşme süreleri [155].	67
Tablo 2.10.	Crystic 703PA polyester reçinenin sıvı haldeki özellikleri [155].	68
Tablo 2.11.	Crystic 703PA polyester reçinenin takviyesiz sertleştirilmiş haldeki özellikleri [155].	68
Tablo 2.12.	Crystic 703PA polyester reçinenin farklı sertleştirici oranlarına göre jelleşme süreleri.	68
Tablo 2.13.	Toz haldeki dolgu maddelerinin özellikleri [156-158].	74
Tablo 2.14.	Dolgu maddelerinin mekanik özellikleri [129, 157, 158].	74
Tablo 2.15.	Dolgu maddelerinin parçacık boyut analizi sonuçları.	75
Tablo 2.16.	Dolgu maddelerinin polyester reçine ile karıştırılmasında kullanılan çalışma koşulları.	85
Tablo 2.17.	Kompozit yapılara uygulanan testler, kullanılan test standartları ve numune boyutları.	105
Tablo 2.18.	Kompozit kesim planında kullanılan kısaltmalar ve açıklamaları.	106
Tablo 2.19.	Polyester/Nano dolgulu polyester reçine yapılara uygulanan testler.	106
Tablo 2.20.	Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapılara uygulanan testler.	106
Tablo 2.21.	E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz) uygulanan testler.	107
Tablo 2.22.	E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz/oryantasyonlu) uygulanan testler.	107
Tablo 2.23.	E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz/nano/%2.5-silika) uygulanan testler.	108
Tablo 2.24.	E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz/nano/%5-silika) uygulanan testler.	108
Tablo 2.25.	E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz/nano/%7.5-silika) uygulanan testler.	109

Tablo 2.26. E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz/nano/%5-karbon) uygulanan testler.	109
Tablo 2.27. E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz/mikro) uygulanan testler.....	110
Tablo 2.28. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler.....	110
Tablo 2.29. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler.....	111
Tablo 2.30. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler.....	111
Tablo 2.31. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler.....	111
Tablo 2.32. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler.....	112
Tablo 2.33. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler.....	112
Tablo 2.34. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler.....	113
Tablo 2.35. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler.....	113
Tablo 2.36. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler.....	113
Tablo 2.37. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler.....	114
Tablo 2.38. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler.....	114
Tablo 2.39. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler.....	115
Tablo 2.40. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) uygulanan testler.	115
Tablo 2.41. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) uygulanan testler.	115
Tablo 2.42. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/dört yön/ Kevlar® 129 dikiş ipliği) uygulanan testler.	116
Tablo 2.43. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/tek yön/E-cam 600 tex dikiş	

ipliği) uygulanan testler.	116
Tablo 2.44. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) uygulanan testler.	117
Tablo 2.45. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) uygulanan testler.	117
Tablo 2.46. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/tek yön/Karbon dikiş ipliği) uygulanan testler.	117
Tablo 2.47. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/iki yön/Karbon dikiş ipliği) uygulanan testler.	118
Tablo 2.48. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği) uygulanan testler.	118
Tablo 2.49. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) uygulanan testler.	119
Tablo 2.50. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5-silika) uygulanan testler.	119
Tablo 2.51. Çekme testi için numune kalınlık aralığı.	124
Tablo 2.52. Çekme testinde lif oryantasyonuna bağlı numune boyutu.	124
Tablo 2.53. Test Metodu IV ^B 'ye göre numune boyutları.	131
Tablo 2.54. Destek mesafesi/kalınlık oranı 16/1 için numune boyutları ve test hızları.	133
Tablo 2.55. Destek mesafesi/kalınlık oranı 4/1 için numune boyutları ve test hızı.	137
Tablo 2.56. Drop test koşulları.	141
Tablo 3.1. E-cam öşekillerin (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) kalınlık ve ağırlık değerleri.	143
Tablo 3.2. E-cam öşekillerin (dikişsiz/nano) kalınlık ve ağırlık değerleri.	144
Tablo 3.3. E-cam öşekillerin (dikişsiz/mikro) kalınlık ve ağırlık değerleri.	144
Tablo 3.4. E-cam öşekillerin (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği) kalınlık ve ağırlık değerleri.	145
Tablo 3.5. E-cam öşekillerin (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği) kalınlık ve ağırlık değerleri.	146
Tablo 3.6. E-cam öşekillerin (el dikişli) kalınlık ve ağırlık değerleri.	146
Tablo 3.7. E-cam öşekillerin (dikişli/nano) kalınlık ve ağırlık değerleri.	147
Tablo 3.8. 2400 tex E-cam kumaşa ait tekli ardıl iplik çekme test sonuçları.	147
Tablo 3.9. 600 tex E-cam kumaşa ait tekli ardıl iplik çekme test sonuçları.	149

Tablo 3.10.	2400 tex E-cam kumaşın çoklu iplik çekme test sonuçları.	150
Tablo 3.11.	600 tex E-cam kumaşın çoklu iplik çekme test sonuçları.	151
Tablo 3.12.	600 tex ve 2400 tex E-cam tek kat-açılı ve çok katlı kumaş için eğilme rijitliği test sonuçları.	153
Tablo 3.13.	2400 tex E-cam öñsekilerin (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) eğilme rijitliği test sonuçları.	154
Tablo 3.14.	2400 tex E-cam öñsekilerin (makine dikişli) eğilme rijitliği test sonuçları. ..	154
Tablo 3.15.	2400 tex E-cam öñsekilerin (el dikişli) eğilme rijitliği test sonuçları.	155
Tablo 3.16.	600 tex E-cam öñsekilerin (dikişsiz) eğilme rijitliği test sonuçları.	156
Tablo 3.17.	600 tex E-cam öñsekilerin (el dikişli) eğilme rijitliği test sonuçları.	157
Tablo 3.18.	Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların yoğunluk değerleri.	157
Tablo 3.19.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) yoğunluk ve lif hacmi değerleri.	158
Tablo 3.20.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) yoğunluk ve lif hacmi değerleri.	158
Tablo 3.21.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/mikro) yoğunluk ve lif hacmi değerleri.	159
Tablo 3.22.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli) yoğunluk ve lif hacmi değerleri.	160
Tablo 3.23.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli) yoğunluk ve lif hacmi değerleri.	161
Tablo 3.24.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) yoğunluk ve lif hacmi değerleri.	162
Tablo 3.25.	Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların çekme dayanımı test sonuçları.	162
Tablo 3.26.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz) çekme dayanımı test sonuçları.	163
Tablo 3.27.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%2.5-silika) çekme dayanımı test sonuçları.	164
Tablo 3.28.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%5-silika) çekme dayanımı test sonuçları.	165
Tablo 3.29.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%7.5-silika) çekme	

dayanımı test sonuçları.....	166
Tablo 3.30. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%5-karbon) çekme dayanımı test sonuçları.....	167
Tablo 3.31. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.	169
Tablo 3.32. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.	170
Tablo 3.33. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.	171
Tablo 3.34. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.	172
Tablo 3.35. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.	173
Tablo 3.36. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.	174
Tablo 3.37. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.	175
Tablo 3.38. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.	176
Tablo 3.39. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.	177
Tablo 3.40. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.	178
Tablo 3.41. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.	179
Tablo 3.42. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.	180
Tablo 3.43. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) çekme dayanımı test sonuçları.....	181
Tablo 3.44. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5- silika) çekme dayanımı test sonuçları.	182
Tablo 3.45. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) eğilme dayanımı test sonuçları.	183

Tablo 3.46. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) eğilme dayanımı test sonuçları.	184
Tablo 3.47. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme dayanımı test sonuçları.	186
Tablo 3.48. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme dayanımı test sonuçları.	188
Tablo 3.49. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme dayanımı test sonuçları.	190
Tablo 3.50. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme dayanımı test sonuçları.	191
Tablo 3.51. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği) eğilme dayanımı test sonuçları.	193
Tablo 3.52. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme dayanımı test sonuçları.	194
Tablo 3.53. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) eğilme dayanımı test sonuçları.....	196
Tablo 3.54. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) eğilme dayanımı test sonuçları.	198
Tablo 3.55. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.	199
Tablo 3.56. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.....	200
Tablo 3.57. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.	202
Tablo 3.58. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.	204
Tablo 3.59. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.	206
Tablo 3.60. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.	207
Tablo 3.61. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.	209
Tablo 3.62. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-cam 600 tex dikiş ipliği)	

	katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.....	210
Tablo 3.63.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.....	212
Tablo 3.64.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.....	213
Tablo 3.65.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) drop test sonuçları.....	214
Tablo 3.66.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) drop test sonuçları.....	215
Tablo 3.67.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/mikro) drop test sonuçları.....	216
Tablo 3.68.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli) drop test sonuçları.....	218
Tablo 3.69.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli) drop test sonuçları.....	220
Tablo 3.70.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) drop test sonuçları.....	222
Tablo 4.1.	E-cam/Polyester kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri.....	255
Tablo 4.2.	E-cam/Polyester kompozit yapıların yoğunluk, lif hacmi ve boşluk miktarı farkları.....	256
Tablo 4.3.	Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların çekme dayanımı test sonuçları.....	264
Tablo 4.4.	E-cam/Polyester kompozit yapıların çözgü ve atkı yönü çekme dayanımı test sonuçları.....	264
Tablo 4.5.	E-cam/Polyester kompozit yapıların +45° ve -45° yönü çekme dayanımı test sonuçları.....	265
Tablo 4.6.	E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası bozunma alanı ölçüm sonuçları.....	287
Tablo 4.7.	E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme ölçüm sonuçları.....	291
Tablo 4.8.	E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası kırılma bölgesindeki materyal enindeki büzülmenin ölçüm sonuçları.....	291
Tablo 4.9.	E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası uzama miktarı ölçüm sonuçları.....	292
Tablo 4.10.	E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası kırılma yüzeyinde meydana gelen şekil değişiminin çekme yönüne olan θ° açısı ölçüm sonuçları.....	293
Tablo 4.11.	E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası kayma sonucu	

yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal farkın ölçüm sonuçları.	294
Tablo 4.12. E-cam/Polyester kompozit yapıların çözgü yönü eğilme dayanımı test sonuçları..	326
Tablo 4.13. E-cam/Polyester kompozit yapıların atkı yönü eğilme dayanımı test sonuçları. .	326
Tablo 4.14. E-cam/Polyester kompozit yapıların eğilme dayanımı testi sonrası bozunma alanı ölçüm sonuçları.	345
Tablo 4.15. E-cam/Polyester kompozit yapıların eğilme dayanımı testi sonrası iplikler arası açılmanın ölçüm sonuçları.	349
Tablo 4.16. E-cam/Polyester kompozit yapıların çözgü ve atkı yönü katlararası dayanımı test sonuçları.....	377
Tablo 4.17. E-cam/Polyester kompozit yapıların 19.45 J darbe enerjisi için drop test sonuçları.	409

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	E-cam kumaşların yüzey ve kesit görüntüleri, (a); 600 tex, (b); 2400 tex ($\times 6.7$)...45
Şekil 2.2.	Makine dikişli önşekillerin şematik gösterimi, (a); tek yön, (b); iki yön, (c); dört yön.47
Şekil 2.3.	Makine dikişinin kesitteki ve $\pm 45^\circ$ 'deki şematik görünümü.47
Şekil 2.4.	El dikişli önşekillerin şematik gösterimi, (a); tek yön, (b); iki yön, (c); dört yön ..48
Şekil 2.5.	El dikişinde kullanılan aparat.....49
Şekil 2.6.	El dikişinin kesitteki ve $\pm 45^\circ$ 'deki şematik görünümü.49
Şekil 2.7.	2400 tex E-cam önşekil (dikişsiz), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T1-a].51
Şekil 2.8.	2400 tex E-cam önşekil (dikişsiz/oryantasyonlu), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T1-b].51
Şekil 2.9.	2400 tex E-cam önşekil (dikişsiz oryantasyonlu), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T1-c].51
Şekil 2.10.	2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-a].52
Şekil 2.11.	2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-b].52
Şekil 2.12.	2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-c].52
Şekil 2.13.	2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-d].52
Şekil 2.14.	2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-e].53
Şekil 2.15.	2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-f].53
Şekil 2.16.	2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/tek yön/Kevlar [®] 129 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-g].53
Şekil 2.17.	2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/iki yön/Kevlar [®] 129 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-h].53
Şekil 2.18.	2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/dört yön/Kevlar [®] 129 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-i].53
Şekil 2.19.	2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/tek yön/Kevlar [®] 129 dikiş ipliği-

	sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-4j].....	54
Şekil 2.20.	2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/iki yön/Kevlar [®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-k].....	54
Şekil 2.21.	2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/dört yön/Kevlar [®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-l].....	54
Şekil 2.22.	2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/tek yön/Kevlar [®] 129 dikiş ipliği), (a); ön- yüz, (b); arka-yüz [T5-a].....	54
Şekil 2.23.	2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/iki yön/Kevlar [®] 129 dikiş ipliği), (a); ön- yüz, (b); arka-yüz [T5-b].....	55
Şekil 2.24.	2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/dört yön/Kevlar [®] 129 dikiş ipliği), (a); ön- yüz, (b); arka-yüz [T5-c].....	55
Şekil 2.25.	2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-d].....	55
Şekil 2.26.	2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-e].....	55
Şekil 2.27.	2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-f].....	55
Şekil 2.28.	2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/tek yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-g].....	56
Şekil 2.29.	2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/iki yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-h].....	56
Şekil 2.30.	2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-i].....	56
Şekil 2.31.	2400 tex E-cam önşekil (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu), (a); [T1-a], (b); [T1-b], (c); [T1-c] (×6.7).....	56
Şekil 2.32.	2400 tex E-cam önşekiller (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği), (a); [T4-a], (b); [T4-b], (c); [T4-c], (d); [T4-d], (e); [T4-e], (f); [T4-f] (×6.7).....	57
Şekil 2.33.	2400 tex E-cam önşekiller (makine dikişli/Kevlar [®] 129 dikiş ipliği), (a); [T4-g], (b); [T4-h], (c); [T4-i], (d); [T4-j], (e); [T4-k], (f); [T4-l] (×6.7).....	57
Şekil 2.34.	2400 tex E-cam önşekiller (el dikişli), (a); [T5-a], (b); [T5-b], (c); [T5-c], (d); [T5-d], (e); [T5-e], (f); [T5-f], (g); [T5-g], (h); [T5-h], (i); [T5-i] (×6.7).....	58
Şekil 2.35.	2400 tex-Kevlar [®] 129-dört yön-gevşek önşekil kesit görüntüleri (×6.7).....	58
Şekil 2.36.	Geliştirilen iplik çekme aparatı ve test esnasındaki görüntüler [19].....	59

Şekil 2.37. İplik çekme testi esnasında ölçülen kumaş ve iplik pozisyonlarının şematik görünümü, (a); test öncesinde, (b); test esnasında.....	59
Şekil 2.38. Saçaklandırılmış test numunesi.....	60
Şekil 2.39. 10 cm test boyunda çoklu ve tekli ardıl 10 iplik çekilme düzeni.....	60
Şekil 2.40. 20 cm test boyunda çoklu ve tekli ardıl 10 iplik çekilme düzeni.....	61
Şekil 2.41. Eğilme rijitliği test aparatının şematik görünümü (ölçüler cm cinsindedir)....	62
Şekil 2.42. Kumaş ve önşekil eğilme rijitliği test aparatı.	63
Şekil 2.43. Eğilme rijitliği testinin yapılışı.	64
Şekil 2.44. 2400 tex E-cam kumaş eğilme rijitliği testi için tek kat- açılı numune kesim planı.....	65
Şekil 2.45. Dijital kalınlık ölçüm cihazı.	66
Şekil 2.46. VARTM kompozit üretim metodunun şematik gösterimi.....	69
Şekil 2.47. VARTM metodu ile kompozit üretim adımları, (a); E-cam önşekiller üzerine delaminasyon kumaşı ve infüzyon örgüsünün serilmesi, (b); reçine giriş- çıkışı için spiral hortumların yerleştirilmesi, (c); sızdırmazlık bandının yapıştırılması, (d), (e); vakum filminin yapıştırılması, (f); sistemin vakumlanması ve reçine girişinin sağlanması.	70
Şekil 2.48. Reçinenin sisteme yayılması.....	71
Şekil 2.49. İnfüzyon şeması.	71
Şekil 2.50. Kompozit yapının cam yüzeyden soyulması.	72
Şekil 2.51. Toz halindeki nano-silika maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 25.000$, (b); $\times 50.000$, (c); $\times 100.000$, (d); $\times 160.000$	76
Şekil 2.52. Toz halindeki nano-silika maddesinin AFM görüntüleri.	76
Şekil 2.53. Toz halindeki nano-karbon maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 25.000$, (b); $\times 50.000$, (c); $\times 100.000$, (d); $\times 250.000$	77
Şekil 2.54. Toz halindeki silisyum karbür maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 500$, (b); $\times 1.000$, (c); $\times 5.000$, (d); $\times 10.000$	78
Şekil 2.55. Toz halindeki kalsiyum silikat maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 9.786$, (b); $\times 25.000$, (c); $\times 50.000$, (d); $\times 100.000$	78
Şekil 2.56. Toz halindeki kalsiyum silikat maddesinin AFM görüntüleri.	79
Şekil 2.57. Toz halindeki bor karbür maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 105$, (b); $\times 500$, (c); $\times 1.000$, (d); $\times 3.000$	79
Şekil 2.58. Toz halindeki titanyum borür maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 1.000$,	

	(b), (c); $\times 5.000$, (d); $\times 25.000$	80
Şekil 2.59.	Toz halindeki mikro-karbon maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 1.000$, (b), (c); $\times 5.000$, (d); $\times 25.000$	80
Şekil 2.60.	(a); Mekanik karıştırıcı, (b); ultrasonik banyo.....	83
Şekil 2.61.	Dolgu maddesinin polyeester reçine içerisinde karıştırılma aşamaları.....	84
Şekil 2.62.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T1-a]. ..	85
Şekil 2.63.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/oryantasyonlu), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T1-b].....	85
Şekil 2.64.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/oryantasyonlu), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T1-c].....	86
Şekil 2.65.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/nano/%2.5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T2-a].....	86
Şekil 2.66.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/nano/%5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T2-b].....	86
Şekil 2.67.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/nano/%7.5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T2-c].....	86
Şekil 2.68.	E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5- karbon), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T2-d]. ..	87
Şekil 2.69.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%2.5- silisyum karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-a25].....	87
Şekil 2.70.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5- silisyum karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-a].....	87
Şekil 2.71.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%7.5- silisyum karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-a75].....	87
Şekil 2.72.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%2.5- kalsiyum silikat), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-b25].....	88
Şekil 2.73.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5- kalsiyum silikat), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-b].....	88
Şekil 2.74.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%7.5- kalsiyum silikat), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-b75].....	88
Şekil 2.75.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5- bor karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-c]. ..	88
Şekil 2.76.	E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%5- titanyum borür),	

	(a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-d].	88
Şekil 2.77.	E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5- karbon), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-e].	89
Şekil 2.78.	E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-a].	89
Şekil 2.79.	E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-b].	89
Şekil 2.80.	E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-c].	89
Şekil 2.81.	E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-d].	90
Şekil 2.82.	E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-e].	90
Şekil 2.83.	E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-f].	90
Şekil 2.84.	E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-g].	90
Şekil 2.85.	E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-h].	90
Şekil 2.86.	E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-i].	91
Şekil 2.87.	E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-j].	91
Şekil 2.88.	E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-k].	91
Şekil 2.89.	E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-l].	91
Şekil 2.90.	E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-a].	92
Şekil 2.91.	E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-b].	92
Şekil 2.92.	E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-c].	92

Şekil 2.93. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-d].....	92
Şekil 2.94. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-e].	92
Şekil 2.95. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-f].....	93
Şekil 2.96. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/tek yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-g].....	93
Şekil 2.97. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/iki yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-h].....	93
Şekil 2.98. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-i].	93
Şekil 2.99. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T6-a].	94
Şekil 2.100. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T6-b].	94
Şekil 2.101. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T1-a].	94
Şekil 2.102. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/oryantasyonlu), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T1-b].	95
Şekil 2.103. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/oryantasyonlu), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T1-c].....	95
Şekil 2.104. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/nano/%2.5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T2-a].....	95
Şekil 2.105. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/nano/%5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T2-b].	95
Şekil 2.106. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/nano/%7.5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T2-c].....	96
Şekil 2.107. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5- karbon), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T2-d].....	96
Şekil 2.108. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%2.5- silisyum karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-a25].....	96

- Şekil 2.109. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5- silisyum karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-a]. 97
- Şekil 2.110. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%7.5- silisyum karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-a75]..... 97
- Şekil 2.111. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%2.5- kalsiyum silikat), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-b25]. 97
- Şekil 2.112. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5- kalsiyum silikat), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-b]. 97
- Şekil 2.113. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%7.5- kalsiyum silikat), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-b75]. 98
- Şekil 2.114. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5- bor karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-c]. 98
- Şekil 2.115. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5- titanyum borür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-d]. 98
- Şekil 2.116. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5- karbon), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-e]. 98
- Şekil 2.117. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön- yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-a]. 99
- Şekil 2.118. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-b]. 99
- Şekil 2.119. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-c]. 99
- Şekil 2.120. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş

- ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-d]. 100
- Şekil 2.121. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-e]. 100
- Şekil 2.122. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-f]. 100
- Şekil 2.123. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-g]. 100
- Şekil 2.124. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-h]. 101
- Şekil 2.125. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-i]. 101
- Şekil 2.126. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-j]. 101
- Şekil 2.127. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-k]. 101
- Şekil 2.128. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-l]. 102
- Şekil 2.129. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T5-a]. . 102
- Şekil 2.130. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T5-b]. 102
- Şekil 2.131. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü

(×6.7) [T5-c].....	102
Şekil 2.132. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [T5-d].....	103
Şekil 2.133. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [T5-e].....	103
Şekil 2.134. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [T5-f].	103
Şekil 2.135. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/tek yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [T5-g]. .	104
Şekil 2.136. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/iki yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [T5-h]. .	104
Şekil 2.137. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [T5-i]. .	104
Şekil 2.138. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika), (a); ön- yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [T6-a].....	105
Şekil 2.139. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [T6-b].....	105
Şekil 2.140. Kompozit yoğunluğu ölçümü.	120
Şekil 2.141. Lif hacminin belirlenmesinde kullanılan ısıl işlem diyagramı.	121
Şekil 2.142. Lif hacminin belirlenmesinde kullanılan kül fırını.	121
Şekil 2.143. Çekme dayanımı test cihazı (Shimadzu AG-XD 50).	124
Şekil 2.144. Çekme testi numune boyutları.	124
Şekil 2.145. Kuvvet-uzama grafiği.	126
Şekil 2.146. (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit.....	126
Şekil 2.147. Çekme testi sonrası yüzeydeki bozunma alanının ölçülmesi.....	127
Şekil 2.148. Çekme testi sonrası +45° ve -45° numunelerinde kayma sonucu meydana gelen yer değiştirmenin ölçülmesi.	127
Şekil 2.149. Çekme testi sonrası +45° ve -45° numunelerinde kırılma bölgesindeki	

materyal enindeki büzülmenin ölçülmesi.....	128
Şekil 2.150. Çekme testi sonrası çözgü ve atkı numunelerinde uzama miktarının ölçülmesi. . .	129
Şekil 2.151. Çekme testi sonrası +45° ve -45° numunelerinde şekil değişiminin çekme yönüne θ° açısının ölçülmesi.....	130
Şekil 2.152. Çekme testi sonrası +45° ve -45° numunelerinde kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark.	130
Şekil 2.153. Çekme testi sonrası +45° ve -45° numunelerinde kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal farkın ölçümü.....	130
Şekil 2.154. Reçine çekme testi numune boyutları.....	131
Şekil 2.155. (a); yüzey, (b); üst-kesit, (c); alt-kesit.	132
Şekil 2.156. Eğilme dayanımı test cihazı (Shimadzu AG-XD 50).....	133
Şekil 2.157. Eğilme dayanımı testi numune boyutları.....	133
Şekil 2.158. Eğilme dayanımı yük ve destek birimlerinin şematik ve fotoğrafik görünümleri.	134
Şekil 2.159. Eğilme dayanımı test esnasındaki görüntüler, (a); test öncesi, (b); test sonrası...	134
Şekil 2.160. Eğilme testi görüntü analizinin şematik gösterimi (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit.....	135
Şekil 2.161. Eğilme dayanımı testi sonrası yüzeydeki bozunma alanının ölçülmesi.	136
Şekil 2.162. Eğilme dayanımı testi sonrası iplikler arası açılmanın ölçülmesi.....	136
Şekil 2.163. Katlararası ayrılma dayanımı test cihazı (Shimadzu AG-XD 50).	137
Şekil 2.164. Katlararası ayrılma dayanımı testi numune boyutları.	138
Şekil 2.165. Katlararası ayrılma dayanımı yük ve destek birimlerinin şematik ve fotoğrafik görünümleri.	138
Şekil 2.166. Katlararası ayrılma dayanımı test esnasındaki görüntüler, (a); test öncesi, (b); test sonrası.	139
Şekil 2.167. Katlararası ayrılma dayanımı testi görüntü analizinin şematik gösterimi, (a); ön yüz, (b); arka yüz (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit..	139
Şekil 2.168. Drop test cihazı (CEAST Fractovis Plus).....	140
Şekil 2.169. Drop test numune boyutları.	140
Şekil 2.170. Vurma ucu ve drop test numune çerçevesi.	141
Şekil 2.171. Drop test numunelerinde test sonrası bozulan alan ölçümü.....	141
Şekil 3.1. 2400 tex E-cam kumaşa ait 10 cm test boyu için tekli ardıl iplik çekimi grafikleri.	148
Şekil 3.2. 2400 tex E-cam kumaşa ait 20 cm test boyu için tekli ardıl iplik çekimi	

	grafikleri.....	148
Şekil 3.3.	2400 tex E-cam kumaştan tekli iplik çekilmesi testi esnasındaki görüntüler..	148
Şekil 3.4.	2400 tex E-cam kumaştan 2'li iplik çekilmesi testi esnasındaki görüntüler. ..	149
Şekil 3.5.	2400 tex E-cam kumaştan 3'li iplik çekilmesi testi esnasındaki görüntüler. ..	149
Şekil 3.6.	600 tex E-cam kumaşa ait 10 cm test boyu için tekli ardıl iplik çekimi grafikleri. .	150
Şekil 3.7.	600 tex E-cam kumaşa ait 20 cm test boyu için tekli ardıl iplik çekimi grafikleri. .	150
Şekil 3.8.	2400 tex E-cam kumaşa ait 10 cm test boyu için çoklu iplik çekimi grafikleri.....	151
Şekil 3.9.	2400 tex E-cam kumaşa ait 20 cm test boyu için çoklu iplik çekimi grafikleri.....	151
Şekil 3.10.	600 tex E-cam kumaşa ait 10 cm test boyu için çoklu iplik çekimi grafikleri.	152
Şekil 3.11.	600 tex E-cam kumaşa ait 20 cm test boyu için çoklu iplik çekimi grafikleri.	152
Şekil 3.12.	600 tex E-cam tek kat kumaş eğilme rijitliği görüntüleri, (a); tek kat-0/90°, (b); tek kat-45°.....	153
Şekil 3.13.	2400 tex E-cam önşekillerin (dikişsiz) eğilme rijitliği görüntüsü [T1-a].....	154
Şekil 3.14.	2400 tex E-cam önşekiller (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); [T1-a], (b); [T4-g], (c); [T4-h], (d); [T4-i], (e); [T4-j], (f); [T4-k], (g); [T4-l].	155
Şekil 3.15.	2400 tex E-cam önşekillerin (el dikişli), (a); [T5-a], (b); [T5-b], (c); [T5-c]..	156
Şekil 3.16.	Çekme testi dayanım-uzama grafikleri, (a); Polyester/Nano dolgulu, (b); Polyester/Mikro dolgulu.	163
Şekil 3.17.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); - 45° [T1-a].....	164
Şekil 3.18.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%2.5-silika) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45°, (d); - 45° [T2-a].	165
Şekil 3.19.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%5-nano-silika) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45°, (d); - 45° [T2-b].	166
Şekil 3.20.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%7.5-silika) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45°, (d); - 45° [T2-c].	167
Şekil 3.21.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%5-karbon) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45°, (d); - 45° [T2-d].	168
Şekil 3.22.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6	

- dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri,
(a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-a]..... 169
- Şekil 3.23. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6
dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri,
(a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-b]. 170
- Şekil 3.24. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6
dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri,
(a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-c]..... 171
- Şekil 3.25. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6
dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri,
(a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-d]. 172
- Şekil 3.26. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6
dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri,
(a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-e]..... 173
- Şekil 3.27. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6
dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri,
(a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-f]. 174
- Şekil 3.28. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129
dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri,
(a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-g]. 175
- Şekil 3.29. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129
dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri,
(a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-h]. 176
- Şekil 3.30. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129
dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri,
(a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-i]. 177
- Şekil 3.31. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129
dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri,
(a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-j]. 178
- Şekil 3.32. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129
dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri,
(a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-k]. 179
- Şekil 3.33. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129

- dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri,
(a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); - 45° [T4-l]. 180
- Şekil 3.34. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); - 45° [T6-a]. 181
- Şekil 3.35. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5- silika) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); - 45° [T6-b]. 182
- Şekil 3.36. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T1-a]. 183
- Şekil 3.37. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/oryantasyonlu) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T1-b]. 184
- Şekil 3.38. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/oryantasyonlu) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T1-c]. 184
- Şekil 3.39. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-a]. 185
- Şekil 3.40. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-b]. 185
- Şekil 3.41. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-c]. 186
- Şekil 3.42. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-d]. 186
- Şekil 3.43. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-a]. 187
- Şekil 3.44. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-b]. 187
- Şekil 3.45. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-c]. 188
- Şekil 3.46. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği-

- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-d]. 189
- Şekil 3.47. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-e]. 189
- Şekil 3.48. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-f]. 189
- Şekil 3.49. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-g]. 190
- Şekil 3.50. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-h]. 190
- Şekil 3.51. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-i]. 191
- Şekil 3.52. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-j]. 192
- Şekil 3.53. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-k]. 192
- Şekil 3.54. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-l]. 192
- Şekil 3.55. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-a]. ... 193
- Şekil 3.56. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-b]. ... 194
- Şekil 3.57. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-c]. ... 194
- Şekil 3.58. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-cam 600 tex dikiş ipliği)

	eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-d].	195
Şekil 3.59.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-e]. ...	195
Şekil 3.60.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-f].	196
Şekil 3.61.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-g].	197
Şekil 3.62.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-h].	197
Şekil 3.63.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-i].	197
Şekil 3.64.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T6-a].	198
Şekil 3.65.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T6-b].	198
Şekil 3.66.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T1-a].	199
Şekil 3.67.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/oryantasyonlu) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T1-b].	200
Şekil 3.68.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/oryantasyonlu) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T1-c].	200
Şekil 3.69.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-a].	201
Şekil 3.70.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-b].	201
Şekil 3.71.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-c].	202
Şekil 3.72.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-d].	202
Şekil 3.73.	E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-a].	203

- Şekil 3.74. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T4-b].203
- Şekil 3.75. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T4-c].204
- Şekil 3.76. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği-sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T4-d].205
- Şekil 3.77. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği-sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T4-e].205
- Şekil 3.78. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği-sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T4-f].205
- Şekil 3.79. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T4-g].206
- Şekil 3.80. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T4-h].206
- Şekil 3.81. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T4-i].207
- Şekil 3.82. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T4-j].208
- Şekil 3.83. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T4-k].208
- Şekil 3.84. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T4-l].208

- Şekil 3.85. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T5-a].209
- Şekil 3.86. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T5-b].209
- Şekil 3.87. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T5-c].210
- Şekil 3.88. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T5-d].211
- Şekil 3.89. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T5-e].211
- Şekil 3.90. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T5-f].211
- Şekil 3.91. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T5-g].212
- Şekil 3.92. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T5-h].212
- Şekil 3.93. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T5-i].213
- Şekil 3.94. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T6-a].213
- Şekil 3.95. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözümlü yönü, (b); atkı yönü [T6-b].214
- Şekil 3.96. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) kuvvet-zaman grafikleri, (a); [T1-a], (b); [T1-b], (c); [T1-c].215

- Şekil 3.97. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) kuvvet-zaman grafikleri, (a); [T2-a], (b); [T2-b], (c); [T2-c], (d); [T2-d].....216
- Şekil 3.98. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/mikro) kuvvet-zaman grafikleri, (a); [T3-a25], (b); [T3-a], (c); [T3-a75], (d); [T3-b25], (e); [T3-b], (f); [T3-b75], (g); [T3-c], (h); [T3-d], (i); [T3-e].218
- Şekil 3.99. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli) kuvvet-zaman grafikleri, (a); [T4-a], (b); [T4-b], (c); [T4-c], (d); [T4-d], (e); [T4-e], (f); [T4-f], (g); [T4-g], (h); [T4-h], (i); [T4-i], (j); [T4-j], (k); [T4-k], (l); [T4-l].220
- Şekil 3.100. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli) kuvvet-zaman grafikleri, (a); [T5-a], (b); [T5-b], (c); [T5-c], (d); [T5-d], (e); [T5-e], (f); [T5-f], (g); [T5-g], (h); [T5-h], (i); [T5-i].222
- Şekil 3.101. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) kuvvet-zaman grafikleri, (a); [T6-a], (b); [T6-b].....223
- Şekil 3.102. Polyester/Nano dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-silika) SEM görüntüleri, (a); $\times 50.000$, (b); $\times 100.000$, (c); $\times 200.000$ [T0-b].223
- Şekil 3.103. Polyester/Nano dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-karbon) SEM görüntüleri, (a); $\times 20.000$, (b); $\times 100.000$, (c); $\times 200.000$ [T0-d].224
- Şekil 3.104. Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-karbon) SEM görüntüleri, (a); $\times 800$, (b); $\times 1.500$, (c); $\times 6.000$ [T0-e].224
- Şekil 3.105. Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-bor karbür) SEM görüntüleri, (a); $\times 5.000$, (b); $\times 20.000$, (c); $\times 50.000$ [T0-f].224
- Şekil 3.106. Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-titanyum borür) SEM görüntüleri, (a); $\times 5.000$, (b); $\times 20.000$, (c); $\times 50.000$ [T0-g].225
- Şekil 3.107. Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-kalsiyum silikat) SEM görüntüleri, (a); $\times 2.500$, (b); $\times 20.000$, (c); $\times 100.000$ [T0-h].225
- Şekil 3.108. Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-silisyum karbür) SEM görüntüleri, (a); $\times 172$, (b); $\times 600$, (c); $\times 5.000$225
- Şekil 3.109. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 120$, (b); $\times 1.000$, (c); $\times 5.000$, (d); $\times 10.000$ [T1-a].....226
- Şekil 3.110. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz) $+45^\circ$ yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T1-a].226
- Şekil 3.111. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 90$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T1-a].226

- Şekil 3.112. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/oryantasyonlu) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 95$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T1-b].....226
- Şekil 3.113. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/oryantasyonlu) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 110$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T1-c].....227
- Şekil 3.114. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%2.5- silika) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T2-a].....227
- Şekil 3.115. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5- silika) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 110$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T2-b].....227
- Şekil 3.116. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%7.5- silika) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 115$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T2-c].....227
- Şekil 3.117. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5- karbon) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T2-d].....228
- Şekil 3.118. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%2.5- silisyum karbür) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 95$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-a25].....228
- Şekil 3.119. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%5- silisyum karbür) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-a]....228
- Şekil 3.120. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%7.5- silisyum karbür) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 90$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-a75].....228
- Şekil 3.121. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%2.5- kalsiyum silikat) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 95$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-b25].229
- Şekil 3.122. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%5- kalsiyum silikat) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 110$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-b]. ..229
- Şekil 3.123. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%7.5- kalsiyum silikat) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 90$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-b75].229
- Şekil 3.124. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%5- bor karbür) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-c]....229
- Şekil 3.125. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%5-titanyum borür) atkı yönü SEM kesit görüntüsü,(a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-d].229
- Şekil 3.126. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%5- karbon) atkı yönü

- SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-e]. 230
- Şekil 3.127. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-a]. 230
- Şekil 3.128. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 90$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-b]. 230
- Şekil 3.129. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-c]. 231
- Şekil 3.130. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) $+45^\circ$ yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-c]. 231
- Şekil 3.131. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-c]. 231
- Şekil 3.132. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-d]. 231
- Şekil 3.133. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-e]. 232
- Şekil 3.134. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 80$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-f]. 232
- Şekil 3.135. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) $+45^\circ$ yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 80$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-f]. 232
- Şekil 3.136. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-f]. 232
- Şekil 3.137. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$,

- (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-g].233
- Şekil 3.138. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-h].233
- Şekil 3.139. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 83$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-i].233
- Şekil 3.140. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) $+45^\circ$ yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 75$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-i].234
- Şekil 3.141. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-i].234
- Şekil 3.142. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 88$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-j].234
- Şekil 3.143. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 91$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-k].235
- Şekil 3.144. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 80$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-l].235
- Şekil 3.145. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) $+45^\circ$ yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 80$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-l].235
- Şekil 3.146. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 75$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-l].235
- Şekil 3.147. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 91$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-a].236
- Şekil 3.148. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 250$, (c); $\times 500$,

(d); ×2.500 [T5-b].....	236
Şekil 3.149. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×80, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T5-c].....	236
Şekil 3.150. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) +45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×75, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T5-c].....	237
Şekil 3.151. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) –45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×115, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T5-c].....	237
Şekil 3.152. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×85, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T5-d].....	237
Şekil 3.153. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×80, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T5-e].....	237
Şekil 3.154. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×77, (b); ×200, (c); ×350, (d); ×2.500 [T5-f].....	238
Şekil 3.155. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) +45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×60, (b); ×250, (c); ×500, (d); ×2.500 [T5-f].....	238
Şekil 3.156. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) –45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×71, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T5-f].....	238
Şekil 3.157. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/Karbon dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×85, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T5-g].	239
Şekil 3.158. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/Karbon dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×85, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T5-h].	239
Şekil 3.159. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×85, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T5-i].	239
Şekil 3.160. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği) +45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a);×85, (b);×350, (c);×500, (d);×2.500 [T5-i].	239

Şekil 3.161. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği) –45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×85, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T5-i].	240
Şekil 3.162. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×80, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T6-a].	240
Şekil 3.163. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/ dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) +45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×75, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T6-a].	240
Şekil 3.164. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/ dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) –45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×70, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T6-a].	240
Şekil 3.165. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/ dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5- silika) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×85, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T6-b].	241
Şekil 3.166. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/ dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5- silika) +45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×125, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T6-b].	241
Şekil 3.167. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/ dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5- silika) –45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×80, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T6-b].	241
Şekil 4.1. İplik çekme kuvveti- uzama grafiği, (a); kumaş hareketi, (b); krimpden dolayı iplik uzaması, (c, d); kumaştan iplik çekme.	243
Şekil 4.2. E-cam kumaşta tekli iplik çekmede kumaş uzunluğuna karşı iplik çekme kuvveti.	244
Şekil 4.3. E-cam kumaşta tekli iplik çekmede kumaş uzunluğuna karşı ve krimpden dolayı iplik uzaması.	245
Şekil 4.4. E-cam kumaşta tekli iplik çekmede kumaş uzunluğuna karşı kumaş hareket miktarı.	245
Şekil 4.5. Çoklu iplik çekmede kumaş uzunluğuna karşı iplik çekme kuvveti, (a); 600 tex, (b); 2400 tex.	246
Şekil 4.6. Çoklu iplik çekmede kumaş uzunluğuna karşı krimpden dolayı iplik uzaması, (a); 600 tex, (b); 2400 tex.	247
Şekil 4.7. Çoklu iplik çekmede kumaş uzunluğuna karşı kumaş hareket miktarı, (a); 600 tex, (b); 2400 tex.	248

Şekil 4.8.	600 ve 2400 tex E-cam kumaşta iplik çekme kuvveti ve krimpten dolayı iplik uzaması arasındaki ilişki.	249
Şekil 4.9.	600 ve 2400 tex E-cam kumaşta iplik çekme kuvveti ve kumaş hareket miktarı arasındaki ilişki.	250
Şekil 4.10.	600 tex ve 2400 tex E-cam tek kat kumaşın çözgü ve atkı yönündeki eğilme rijitliği değerleri.	250
Şekil 4.11.	2400 tex E-cam kumaşın kumaş kat sayısına karşı çözgü ve atkı yönündeki eğilme rijitliği değerleri.	251
Şekil 4.12.	2400 tex E-cam kumaş açısına karşı eğilme rijitliği değerleri.	251
Şekil 4.13.	2400 tex E-cam el dikişli önşekillerin eğilme rijitliği değerleri.	252
Şekil 4.14.	2400 tex E-cam makine dikişli önşekillerde dikiş yönüne karşı eğilme rijitliği değerleri.	253
Şekil 4.15.	600 tex dikişsiz ve el dikişli önşekillerde dikiş ipliği türü ve dikiş yönüne karşı eğilme rijitliği değerleri.	253
Şekil 4.16.	2400 tex önşekillerde dikiş ipliği türü ve dikiş yönüne karşı eğilme rijitliği değerleri.	254
Şekil 4.17.	Ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi (polyester/nano, polyester/mikro) arasındaki ilişki.	257
Şekil 4.18.	Ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano, dikişsiz/mikro) arasındaki ilişki.	257
Şekil 4.19.	Ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.	258
Şekil 4.20.	Ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.	259
Şekil 4.21.	Ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.	259
Şekil 4.22.	Toplam lif hacmi, boşluk miktarı ve yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano, dikişsiz/mikro) arasındaki ilişki.	260
Şekil 4.23.	Toplam lif hacmi, boşluk miktarı ve yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.	261
Şekil 4.24.	Toplam lif hacmi, boşluk miktarı ve yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.	262
Şekil 4.25.	Toplam lif hacmi, boşluk miktarı ve yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.	263
Şekil 4.26.	Çekme dayanımı ve spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (polyester/nano, polyester/mikro) arasındaki ilişki.	266
Şekil 4.27.	Çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.	267
Şekil 4.28.	Çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Nylon 6.6 dikiş	

	ipliği) arasındaki ilişki.	268
Şekil 4.29.	Çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Kevlar® 129 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.	269
Şekil 4.30.	Çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.....	269
Şekil 4.31.	Çekme modülü ve spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi (polyester/nano, polyester/mikro) arasındaki ilişki.	271
Şekil 4.32.	Çekme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.	271
Şekil 4.33.	Çekme modülü değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Nylon 6.6 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.....	272
Şekil 4.34.	Çekme modülü değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Kevlar® 129 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.	273
Şekil 4.35.	Çekme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.	274
Şekil 4.36.	Çekme uzaması ve spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (polyester/nano, polyester/mikro) arasındaki ilişki.	275
Şekil 4.37.	Çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.	276
Şekil 4.38.	Çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Nylon 6.6 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.....	277
Şekil 4.39.	Çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Kevlar® 129 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.	278
Şekil 4.40.	Çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.	279
Şekil 4.41.	Spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.....	279
Şekil 4.42.	Spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Nylon 6.6 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.	280
Şekil 4.43.	Spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Kevlar® 129 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.	281
Şekil 4.44.	Spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.....	281
Şekil 4.45.	Spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.....	282
Şekil 4.46.	Spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Nylon 6.6 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.	283
Şekil 4.47.	Spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Kevlar® 129	

	dikiş ipliği) arasındaki ilişki.....	283
Şekil 4.48.	Spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.....	284
Şekil 4.49.	Spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.....	285
Şekil 4.50.	Spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Nylon 6.6 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.....	285
Şekil 4.51.	Spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Kevlar® 129 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.....	286
Şekil 4.52.	Spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.....	287
Şekil 4.53.	Çekme testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.....	288
Şekil 4.54.	Çekme testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Nylon 6.6 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.....	289
Şekil 4.55.	Çekme testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Kevlar® 129 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.....	289
Şekil 4.56.	Çekme testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.....	290
Şekil 4.57.	Polyester/Nano dolgulu polyester reçine yapıların çekme testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri, (a); yüzey ($\times 6.7$), (b); üst-kesit, (c); alt kesit ($\times 20$).....	295
Şekil 4.58.	Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların çekme testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri, (a); yüzey ($\times 6.7$), (b); üst-kesit, (c); alt kesit ($\times 20$).....	295
Şekil 4.59.	E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T1-a].....	296
Şekil 4.60.	E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%2.5-silika) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T2-a].....	297
Şekil 4.61.	E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-silika) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit,	

- (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T2-b].....298
- Şekil 4.62. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%7.5-silika) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T2-c].....300
- Şekil 4.63. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-karbon) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T2-d].....301
- Şekil 4.64. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-a].....303
- Şekil 4.65. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-b].304
- Şekil 4.66. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-c].....306
- Şekil 4.67. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-d].307
- Şekil 4.68. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-e].....309
- Şekil 4.69. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-f].310
- Şekil 4.70. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-g].312
- Şekil 4.71. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-h].314
- Şekil 4.72. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129

- dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü,
(a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-i].316
- Şekil 4.73. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü,
(a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-j].317
- Şekil 4.74. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü,
(a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-k].319
- Şekil 4.75. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü,
(a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-l].320
- Şekil 4.76. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T6-a]. ...322
- Şekil 4.77. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği/%5- silika) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T6-b].324
- Şekil 4.78. Eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.327
- Şekil 4.79. Eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.329
- Şekil 4.80. Eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.329
- Şekil 4.81. Eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.330
- Şekil 4.82. Eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.331
- Şekil 4.83. Eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.332
- Şekil 4.84. Eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.....333
- Şekil 4.85. Eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki. 334
- Şekil 4.86. Eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.335
- Şekil 4.87. Eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.336
- Şekil 4.88. Eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.....336
- Şekil 4.89. Eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.337
- Şekil 4.90. Spesifik eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz,

	dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.....	338
Şekil 4.91.	Spesifik eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.	338
Şekil 4.92.	Spesifik eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki. .	339
Şekil 4.93.	Spesifik eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.....	340
Şekil 4.94.	Spesifik eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.....	340
Şekil 4.95.	Spesifik eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.	341
Şekil 4.96.	Spesifik eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.....	342
Şekil 4.97.	Spesifik eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.....	342
Şekil 4.98.	Spesifik eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.....	343
Şekil 4.99.	Spesifik eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki. ..	343
Şekil 4.100.	Spesifik eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.....	344
Şekil 4.101.	Spesifik eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.....	345
Şekil 4.102.	Eğilme dayanımı testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.....	346
Şekil 4.103.	Eğilme dayanımı testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.....	347
Şekil 4.104.	Eğilme dayanımı testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.....	347
Şekil 4.105.	Eğilme dayanımı testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.	348
Şekil 4.106.	E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T1-a].	350
Şekil 4.107.	E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/oryantasyonlu) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka- yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T1-b].....	350
Şekil 4.108.	E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/oryantasyonlu) eğilme dayanımı	

- testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka- yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T1-c].....351
- Şekil 4.109. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%2.5-silika) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T2-a].352
- Şekil 4.110. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-silika) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T2-b].....353
- Şekil 4.111. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%7.5-silika) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T2-c].354
- Şekil 4.112. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-karbon) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T2-d].....355
- Şekil 4.113. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek-2 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-a].....356
- Şekil 4.114. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-b].....357
- Şekil 4.115. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-c].....358
- Şekil 4.116. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-sıkı-6 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-d]...359
- Şekil 4.117. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-e].....360

- Şekil 4.118. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-sıkı-6 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-f]....361
- Şekil 4.119. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-g].....362
- Şekil 4.120. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-h].....363
- Şekil 4.121. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-i].....364
- Şekil 4.122. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-sıkı-6 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-j]....364
- Şekil 4.123. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-sıkı-6 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-k]...365
- Şekil 4.124. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-l].....366
- Şekil 4.125. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-a].....367
- Şekil 4.126. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-b].....368
- Şekil 4.127. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-c].....369
- Şekil 4.128. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/E-cam 600 tex dikiş

- ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-d].....370
- Şekil 4.129. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-e].371
- Şekil 4.130. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-f].372
- Şekil 4.131. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/Karbon dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-g].373
- Şekil 4.132. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/Karbon dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-h].374
- Şekil 4.133. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-i].374
- Şekil 4.134. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-sıkı-6 adım/cm/%5- silika) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T6-a].375
- Şekil 4.135. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği/%5- silika) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T6-b]...376
- Şekil 4.136. Katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.....378
- Şekil 4.137. Katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.....379
- Şekil 4.138. Katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki..380
- Şekil 4.139. Katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.....381
- Şekil 4.140. Spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.....381

- Şekil 4.141. Spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.....382
- Şekil 4.142. Spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.....383
- Şekil 4.143. Spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.383
- Şekil 4.144. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T1-a].384
- Şekil 4.145. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/oryantasyonlu) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T1-b].....385
- Şekil 4.146. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/oryantasyonlu) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T1-c].....386
- Şekil 4.147. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%2.5-silika) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T2-a].....387
- Şekil 4.148. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-silika) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T2-b].....388
- Şekil 4.149. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%7.5-silika) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T2-c].....389
- Şekil 4.150. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-karbon) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T2-d].....389
- Şekil 4.151. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-a].....391
- Şekil 4.152. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası

- mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-b].....391
- Şekil 4.153. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-c].....392
- Şekil 4.154. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-d].....393
- Şekil 4.155. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-e].394
- Şekil 4.156. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-f].....394
- Şekil 4.157. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-g].....395
- Şekil 4.158. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-h].....396
- Şekil 4.159. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-i].397
- Şekil 4.160. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit,

- (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-j].....397
- Şekil 4.161. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-k].....398
- Şekil 4.162. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-sıkı-6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-l].399
- Şekil 4.163. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-a].....400
- Şekil 4.164. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-b].....401
- Şekil 4.165. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-c].....401
- Şekil 4.166. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-d].....402
- Şekil 4.167. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-e].....403
- Şekil 4.168. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-f].404

Şekil 4.169. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-g].	405
Şekil 4.170. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-h].	406
Şekil 4.171. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-i].	406
Şekil 4.172. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar [®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T6-a].	407
Şekil 4.173. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar [®] 129 dikiş ipliği/%5- silika) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T6-b].	408
Şekil 4.174. Bozunan alan, düşme kuvveti ve yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano, dikişsiz/mikro) arasındaki ilişki.	410
Şekil 4.175. Bozunan alan, düşme kuvveti ve yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.	411
Şekil 4.176. Bozunan alan, düşme kuvveti ve yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.	413
Şekil 4.177. Bozunan alan, düşme kuvveti ve yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.	414
Şekil 4.178. Spesifik bozunan alan, spesifik düşme kuvveti ve yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano, dikişsiz/mikro) arasındaki ilişki.	415
Şekil 4.179. Spesifik bozunan alan, spesifik düşme kuvveti ve yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.	417
Şekil 4.180. Spesifik bozunan alan, spesifik düşme kuvveti ve yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.	418
Şekil 4.181. Spesifik bozunan alan, spesifik düşme kuvveti ve yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.	419

- Şekil 4.182. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/dolgulu) darbe testi sonrası yüzey görüntüleri, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz.420
- Şekil 4.183. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli) darbe testi sonrası yüzey görüntüleri, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz.422
- Şekil 4.184. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli) darbe testi sonrası yüzey görüntüleri, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz.423
- Şekil 4.185. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) darbe testi sonrası yüzey görüntüleri, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz.424

GİRİŞ

Tekstil yapısal kompozitler farklı şekillerde 1930'lu yıllardan bu yana endüstride kullanılan ve son 30 yıldan bu yana özellikle yüksek dayanımlı ve yüksek modüllü liflerle (karbon, cam, aramid ve polietilen lifler) termoset, termoplastik ve metal matrislerdeki gelişmelerle aktif bir araştırma alanı olmuştur. Bu malzemelerin, geleneksel metal ve seramiklere kıyasla spesifik özelliklerinin yüksek olması, örneğin spesifik dayanım ve modül değerleri gibi, hava, deniz ve kara taşıma araçlarında kullanım yeri bulmalarını sağlamıştır. Günümüzde ise artan oranda kullanılmakta olup gelecekte nano-lif ve nano-matrislerdeki gelişmeler ile daha aktif bir araştırma alanı olarak kendisini göstereceği tahmin edilmektedir.

Tekstil yapısal kompozitler, önşekil ve kompozit üretimi olarak iki farklı aşamada göz önüne alınmaktadır. Kullanılan önşekil yöntemleri; tek yönde serme (unidirectional prepreg), iki boyutlu (2D) dokuma, örme, dokusuz yüzey ve saçörgü kumaşlar olduğu gibi tek adımda üretilebilecek daha kompleks üç boyutlu (3D) önşekillerdir. Bu önşekiller 3D dokuma, örme, saçörgü ve dokusuz yapılar olarak sayılabilir. Ayrıca 2D kumaşlar dikim tekniği ile bir araya getirilerek 3D önşekiller geliştirilmektedir.

Tek yönde doğrultulanmış ya da 2D kumaşların istenen kalınlık ve geometriye göre kullanım yerinden istenen termo-mekanik yüklere hazırlanmasında geniş bir tasarım imkânı olmasına karşın, bunların temel katlararası ayrılma (delaminasyon) bozunma modu (Mod-I) olarak kendisini göstermesi istenen bir durum değildir. Bunu önlemek için 2D kumaşların istenen katsayı ve yönde hazırlanarak dikilmesi yoluna gidilmiştir. Bu yolla elde edilen tekstil yapısal kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı (fracture toughness) iyileştirilmiş ancak dikimden dolayı düzlemde (in-plane) lokal bozunmalardan dolayı düşüslere yol açtığı literatürden anlaşılmıştır. Daha ileri bir aşama olarak 3D tekstil kompozit yapıların geliştirilmesi yoluna gidilmiştir ancak

düzlemsel özelliklerde düşme gözlendiği tez danışmanının geçmişteki çalışmaları ile ispatlanmıştır.

Bu çalışma ile çok eksenli dikişli E-cam/polyester tekstil yapısal kompozitler 2D kumaşların kullanımı ile geliştirilmiş ve ayrıca nano ve mikro katkı E-cam/polyester kompozitler de üretilerek dikişli kompozit yapılarla kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar umut verici olarak göz önüne alınmıştır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Kumaş ve Önşekil Özellikleri

1.1.1. Kumaştan İplik Çekme (Pull- Out)

İplik çekme kuvveti iki ana bölgeden oluşmaktadır. İlk bölgede, çekilen iplikte krimp kaybolması ve krimp uzaması, ve iplik çekme yönüne dik olan iplikte yer değiştirme meydana gelmektedir ki bu da lokal kumaş kaymasını ifade etmektedir. İkinci bölgede, kesişme bölgelerindeki başlangıç adhezyonunun aşılması (statik sürtünme), ve ardından kırılma noktalarında kinetik sürtünmenin oluşması söz konusudur [1].

Dokuma kumaştan tekli iplik çekiminde, kumaşın bir kenarı serbest bırakılarak kademeli bir biçimde iplik çekimi gerçekleştirilmiştir. İplik çekme kuvveti arttığında, kumaşın biçimi bozulmakta ve çekilen iplik kritik bir kuvvete ulaşmaktadır. Kesişme bölgelerinde bozunma oluşmaktadır. Aralıklı hareketten kaynaklanan kısımdan sonra, çekilmenin geri kalanı daha düzgün bir biçimde devam etmektedir. Bundan sonra iplik çekme kuvveti, geriye kalan kesişme noktalarının sayısı ile doğru orantılı olarak düşüş göstermektedir. Sistem, çekme ve kesişme iplikleri arasındaki dinamik sürtünmeye bağlıdır. Başlangıç deformasyon aşaması esnasında dokuma kumaştaki mekanik deformasyon (kesişme noktalarındaki bozunmadan önce), serbest bir iplik için bilinen bir gerilim-gerinim eğrisi olarak dikkate alınabilmektedir. İpliğin çekme davranışı, iplik yapısındaki lif-lif migrasyonuna bağlıdır. Bu nedenle, fibrillerin statik ve kinetik sürtünme özellikleri, doku içerisinde, yüzeydekenden daha fazla kontrol altında tutulabilmektedir [2]. Bir diğer çalışmada, çekilen ipliğin dinamik kuvvetinin tutunma-kayma hareketinin, iplik setlerinin kumaş içerisindeki serbest titreşim hareketinden kaynaklandığı ifade edilmiştir [3]. Kumaştan iplik çekme testi, iplik özelliklerinin ve dokunun yapısal özelliklerinin, kumaşın mekanik davranışına olan etkilerini incelemek

amacıyla kullanılan oldukça uygun bir metottur. Kumaştaki ipliklerin sürtünme özellikleri, kumaşın dayanım özelliklerini ve enerji absorplama kabiliyetini etkilemektedir. Çalışmada, bezayağı dokuma kumaştaki iplik çekme kuvveti ile ilgili olarak analitik bir model geliştirilmiştir. Dokuma kumaştaki mekanik parametreler, iplik-iplik sürtünme katsayısı, kesişme noktalarındaki normal yük, yanal kuvvetler, yanal gerinim, dokuma açısı varyasyonları ve kumaştan iplik çekme kuvvetidir. Bütün bu parametreler, deneysel olarak iplik çekme testi esnasında görüntü işleme yöntemi ile elde edilen kumaşın doku açısı, modülü ve sıklığıdır [4]. Dokuma kumaştaki iplik çekme davranışı modellenmiş ve maksimum iplik çekme yükünün, iplik geometrisi, iplik mekanik özellikleri ve ilgili kumaş sıklığına bağlı olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, iplik çekme kuvvetinin kumaş doku yapısı ve iplik türüne bağlı olduğu ifade edilmiştir [5]. Balistik performans, sürtünme ve ipliğin dayanım ve modülü gibi materyal özelliklerine bağlıdır. Kumaş yapı bütünlüğünün korunması ile birlikte, sürtünme, balistik performansı arttırmaktadır. İpliğin materyal özellikleri, sürtünme üzerinde önemli bir etkiye sahiptir [6]. Farklı iplik lineer yoğunluğundaki Kevlar® liflerinden dokunan kumaşın tribolojik davranışları, farklı yüzey işlemleri görmüş ipliklerin sürtünme özellikleri dikkate alınarak incelenmiştir. İplik tekstüre ve yüzey işlemleri, sürtünme katsayısını etkilemektedir. Bağlı nem, hidrofilik yüzeylerde sürtünme katsayısını etkilemekte ancak, hidrofobik yüzeyler neredeyse sabit bir tribolojik karakteristik ortaya koymaktadır. İplik lineer yoğunluğunun ve kumaş doku yapısının sürtünme üzerine oldukça büyük bir etkisi olduğu ifade edilmiştir [7].

Para-aramid esaslı Twaron® CT716 (sıkı) ve Twaron® CT714 (gevşek) dokuma kumaşların tekli ve çoklu iplik çekme özellikleri farklı test boyutlarında incelenmiştir [8]. İplik çekme kuvvetinin, kumaş sıklığı, kumaş boyutu ve çekilen iplik uç sayısına bağlı olduğu ifade edilmiştir. Çoklu iplik çekme kuvveti, tekli iplik çekme kuvvetinden daha fazladır. Krimpten dolayı iplik uzaması, kumaşın çözgü ve atkı yönlerindeki krimp oranına ve kumaş sıklığına bağlıdır. Yüksek krimp oranına sahip kumaşın, krimpten dolayı iplik uzaması, düşük krimp oranına sahip kumaşa göre daha fazladır. Geniş ve uzun test boyutundaki numuneler, dar ve kısa test boyutundaki numunelere göre kesişme sayısının artmasından dolayı, daha yüksek iplik uzaması değerlerine sahiptir. Kumaş hareket miktarı, kumaş numune boyutları ve çekilen iplik uç sayısına bağlıdır. Çoklu iplik çekmedeki kumaş hareket miktarı, tekli iplik çekmeye göre daha yüksektir.

Geniş ve uzun test boyutundaki numunelerin kumaş hareket miktarı, dar ve kısa numunelere göre daha yüksektir [9-11] .

Geliştirilen çok katlı dikişli para-aramid dokuma kumaş esaslı yapıların enerji absorpsiyon mekanizması ve bozunma modlarını anlamak amacıyla, kumaştan iplik çekme testi uygulanmıştır. Yapılar, dikişsiz ve dikişli olmak üzere iki grupta sınıflandırılmıştır. Dikişli yapılar, nylon 6.6 dikiş ipliği kullanılarak tek yön, iki yön ve dört yönde dikilmiştir. Geliştirilen iplik çekme çerçevesi ile tek kat dikişsiz ve katlı dikişli yapılara iplik çekme testleri uygulanmıştır. Balistik testler, hızı 300-400 m/s arasında değişen 9 mm mermi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, eğer uygulanan kinetik enerji seviyesi, ipliğin kopma uzaması değerinin altındaysa, ilk olarak kumaş yapısındaki dik ipliklerdeki krimp kaybolduğu ve bundan sonra, yapının düzleminde iplik çekmenin meydana geldiği ve en son aşamada da yapının düzlemi dışında kumaş deformasyonunun gerçekleştiği belirtilmiştir. Eğer, uygulanan kinetik enerji seviyesi, ipliğin kopma uzaması değerinin üzerindeyse, ilk olarak kısmi ve toplu filament kırılmaları ve hemen ardından krimp kaybolması ve iplik çekme aşamalarının meydana geldiği ifade edilmiştir. Bu olgu, dış katmanlarda çoklu iplik bozunmaları, daha iç katmanlarda ise çoğunlukla krimp kaybolması ve iplik çekilmesinin meydana gelmesi durumunda geçerli olacaktır. Her iki durumda da kumaş ve yapı eğilmesi ihmal edilmiştir. Dikişli yapıların enerji absorpsiyon seviyesi, dikişsiz yapılara göre az da olsa daha fazladır. Bunun nedeni, bir kısım enerjinin, dikiş iplikleri tarafından kilitlenen katların delaminasyonu için harcanmış olmasıdır. Ayrıca, dikişli yapılardaki konik derinlik, dikişsiz yapılara göre daha düşüktür [12].

Bilisik (2011), dokuma kumaşlarda kesişmenin tekli ve çoklu iplik çekme özelliklerine olan etkisini incelemiştir. Bu amaçla, tekstüre polyester iplikten üretilen bezayağı, ribs ve satin dokuma kumaşlara, kumaştan iplik çekme testi uygulanmıştır. Bu sayede, kumaş yapısındaki kesişme bölgelerinin altında ve çevresindeki iplik-iplik sürtünmeleri belirlenmeye çalışılmıştır. İplik çekme kuvvetinin, temelde, kumaş doku türü, sıklık, çekilen iplik uç sayısı ve numune boyutuna bağlı olduğu ve genel olarak, çoklu iplik çekme kuvvetinin, tekli iplik çekme kuvvetinden daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır [9]. Polyester dokuma kumaşta, krimpten dolayı iplik uzamasının, numune boyutu, kumaş sıklığı, kumaş doku türü, krimp oranı ve kumaştan çekilen iplik uç sayısına bağlı olduğu, uzun polyester kumaştan çoklu iplik çekimindeki krimpten dolayı iplik

uzamasının, kısa polyester kumaştan tekli iplik çekimindeki krimpden dolayı iplik uzaması değerinden yüksek olduğu ifade edilmiştir [14]. Kumaştan iplik çekme yöntemi kullanılarak, dokuma kumaşın kayma özellikleri belirlenmiştir. Kumaş en/boy oranının ve kumaştan çekilen iplik uç sayısının önemli parametreler olduğu ifade edilmiştir. Kumaştan iplik çekimi esnasında, krimpden dolayı iplik uzaması başlamadan önce, kumaş kayma dayanımının, kumaştan çekilen iplik uç sayısına bağlı olarak arttığı belirtilmiştir. Kumaş en/boy oranının düşmesiyle birlikte, kumaş kayma dayanımı artmıştır. Bu yöntemle, kumaşın lokal kayma özelliklerinin belirlenebileceği belirtilmiştir [13-18].

Bilisik ve Yolacan (2011), katı formdaki E-cam/matris kompozit yapıların lif-matris ara-yüz özelliklerinin, iplik sürtünmeleri ve kumaş yapısından etkilenebileceğini, tekli ve çoklu iplik çekme kuvvetlerinin, E-cam/matris kompozitlerde, sürtünme esaslı kırılma yükünü sergilediğini ifade etmiştir. Kumaştan iplik çekme testlerinde, krimpden dolayı iplik uzama değerlerinin, kumaşın yönsel krimp oranı ve kumaş boyutlarına bağlı olduğu, yük altında, kompozit yapıdaki düzlem ve düzlem-dışı lokal gerilme yığılması ile bağlantılı olarak, krimpden dolayı iplik uzama özelliğinin oldukça önemli bir parametre olduğu ve bunun kompozit yapının kırılması esnasında, çatlak oluşumu ve ilerlemesini etkileyeceği sonucuna varılmıştır [19].

1.1.2. Kumaş ve Önşekil Eğilme Rijitliği

İplik eğilme rijitliği, lif özelliklerinden etkilenmektedir. İplik geometrisi, iplik yapısında bulunan her bir lifin dizilişi ve lifler arasındaki etkileşim ve liflerin mekanik özellikleri, ipliğin eğilme rijitliğini etkilemektedir. Çalışmada, iplik eğilme rijitliği, iplik yapısındaki her bir lifin çekme modülünden elde edilmiştir. Boyuttan bağımsız iplik eğilme rijitliği, iplik yapısındaki her bir lifin çekme modülünün kayma modülüne oranının artmasıyla birlikte azalmaktadır. Ayrıca, ipliğin yüzeydeki helis açısı arttıkça, iplik eğilme rijitliği azalmaktadır [20]. Çalışmada, cam kumaşın eğilmesinde sürtünme etkileri deneysel olarak belirlenmiştir. İplikteki filamentler arası hareketlerden kaynaklanan sürtünmenin etkilerinin, iplikler arası hareketten kaynaklanan sürtünme etkilerinden daha önemli olduğu ifade edilmiştir. Sürtünme etkileri, lifler arasındaki sürtünme katsayısı veya basıncın değişmesiyle birlikte değişebilmektedir. Yüksek sürtünme etkisi altında çok sayıda lif birlikte eğildiğinden, katı bir çubuk gibi

davranmakta ve bu nedenle eğilme rijitliği artmaktadır [21]. Abbott (1951), farklı eğilme rijitliği test metotlarını kullanarak, Peirce'nin 'Cantilever' test prensibini önermiştir [22]. Peirce'nin 'Cantilever' test prensibi kullanılarak, farklı lif ve doku türlerine sahip dokuma kumaşların eğilme rijitliği özellikleri incelenmiştir. Peirce ve Bickley'in tanımladığı metotlara göre, kumaşların ölçülen sarkma uzunlukları dikkate alınarak eğilme uzunluğu değerleri hesaplanmıştır. Kumaşların eğilme rijitliğinin, sabit açıda değişen sarkma uzunluğu veya sabit sarkma uzunluğunda değişen eğilme açısı prensiplerini dikkate alarak belirlenmesi mümkündür. Çalışmada, sabit açılı eğilme rijitliği ölçüm metodu, daha basit olmasından dolayı tavsiye edilmiştir [23]. Chu ve ark. (1950), kumaş eğilme rijitliği ölçümünde, belirlenen açılarda kumaş sarkma uzunluğu ölçümünün, belirlenen kumaş sarkma uzunluğundaki eğilme açısı ölçümünden daha uygulanabilir olduğu ifade edilmiştir. Bunu nedeni, her bir kumaş türü için standart bir sarkma uzunluğu belirlemenin mümkün olmaması olarak açıklanmıştır. 40°-50° arasında değişen açının, eğilme rijitliğinin ölçümünde, uygun açı aralığı olduğu belirlenmiştir. Eğilme uzunluğunun, kumaşın sarkma uzunluğunun yarısı olması durumunda, açının birçok ölçüm sonucunda 43° olduğu belirlenmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalarda 41.5°'nin uygun bir sabit eğilme açısı olduğu ifade edilmiştir [24]. Skelton (1971), kumaş ve esnek bazı diğer malzemelerin eğilme rijitliği özelliklerini belirlemiştir. Materyal, kumaş yapısı ve kumaş bitim işlemlerinden dolayı bazı varyasyonlar ortaya çıkmıştır. Kumaş kesitinin modellenmesi amacıyla, kumaşın kendi ağırlığıyla katlanması analiz edilmiş ve eğilme teorisi kullanılmıştır. Kumaşın deforme olan bölgesinin, kumaş eğilme uzunluğu ve besleme yüksekliğine bağlı olduğu ifade edilmiştir [25]. Sürtünme kuvvetleri, kumaşın eğilme davranışını etkileyen önemli parametrelerdir. Sürtünme kuvvetleri, kumaşın eğilme dayanımını arttırmakta ve deformasyon sonrası düzelmesine engel olmaktadır [26].

Grossberg (1966), dokuma kumaşların eğilme davranışlarını incelemiştir. Dokuma kumaşın eğilme dayanımı üç öğeden oluşmaktadır: (i) eğilme yönünde uzanan ipliklerin eğilme dayanımı, (ii) iplikler arası etkileşim ve (iii) sürtünme esaslı kısıtlamalar. İplikler arası etkileşimin etkisi, sürtünme esaslı kısıtlamaların olmaması halinde, kumaşın eğilme rijitliğini, her bir ipliğin rijitliğinin toplamından daha büyük olacak biçimde arttırmaktadır. Eğilme esnasında, lifler arasındaki sürtünmeden dolayı, birçok kumaşta sürtünme esaslı kısıtlamalar meydana gelmektedir. Sürtünme hareketi, liflerin ayrı birer

eleman olarak davranmaları ve katı bir çubuk formunda olmamalarından kaynaklanmaktadır. Dokuma kumaşta, sürtünme esaslı kuvvet, kesişme bölgelerindeki iplikler arası basınçtan dolayı oluşmaktadır. Bu sürtünme esaslı kuvvetin etkisiyle bir dayanım oluşmakta ve bu dayanım, tamamıyla serbest halde eğilme başlayana kadar etkili olmaktadır. Çalışmada, uygulanan kuvvetin bundan daha az olması halinde, kumaşın bir kısmının neredeyse tamamen rijit, ve ancak bir diğer kısmının ise neredeyse tamamen esnek olduğu ifade edilmiştir. Sonuç olarak, kumaşın rijitliği, tüm sürtünme esaslı kısıtlamalar aşıldığında, yaklaşık olarak on kat daha fazladır. Kumaşın sonuç eğilme dayanımı, kumaşı oluşturan ipliklerin eğilme dayanımı toplamından daima daha fazladır [27]. Potluri ve Atkinson (2003), ‘Cantilever’ test prensibine dayanan robotik bir lineer olmayan eğilme rijitliği test cihazı geliştirmiştir. Eğilme testi, moment-eğim ilişkisini ölçmektedir. Çalışmada uygulanan test, katlararası kayma, enine basınç, çekme, eğme ve kat içi kaymayı içermektedir. Proses simülasyonları, ölçülen parametrelere bağlı olarak, kalıplama, kumaşın katlanması ve eğilmesi gibi özellikleri içermektedir [28]. Kumaşın eğilme özelliğine dikişin etkisi incelenmiştir. Kumaşın eğilme uzunluğu, dikey yönde dikişli kumaşlarda, yatay yönde dikişli kumaşlara göre daha fazladır. Çalışmada, dikişin, kumaşı belli yönlerde lokal olarak rijit hale getirdiği ifade edilmiştir [29].

Dokuma kumaşlarda, kumaşın düzlemsel özelliklerinden hesaplanan eğilme rijitliği ve eğilme testinden elde edilen eğilme rijitliği arasında önemli bir fark olduğu ifade edilmiştir. İpliklerin çekme özellikleri veya dokuma önşekillerin kayma özellikleri, düzlemdeki deformasyon davranışının belirlenmesinde, materyal özellikleri olarak dikkate alınmıştır. Ancak, eğilme veya torsiyon rijitliği gibi düzlem dışı deformasyon için, düzlemdeki bağıntıların integralleri, kalınlık yönünde alınarak hesaplanmıştır [30]. Sharma ve ark. (2003), kompozit üretiminde kullanılan dokuma kumaşların dökümlülük ve kayma davranışlarını karakterize etmiştir. Çalışmada, düzlemdeki kuvvetlerin, dokuma kumaşların kayma davranışına etkisini görmek amacıyla üç farklı test metodu kullanılmıştır. Dokuma kumaş olarak karbon satin kumaş kullanılmıştır. Kumaş deformasyonu, test esnasında alınan görüntüler vasıtasıyla incelenmiştir. ‘Biaxial’ test metodunda, iplik kuvvetlerinin azaltılmasından dolayı, kayma dayanımında önemli bir artış saptanmıştır. Ancak, ‘picture frame’ test metodunda, kayma dayanımında az da olsa bir artış belirlenmiştir. İplik yapısının mikroskobik analizi sonucunda, krimpdeki

değişimle bağlantılı olarak kayma dayanımında artış gözlemlenmiştir. Bu test metodunda oluşan düzlemsel kuvvetlerin, diğer iki metoda göre fazla olduğu ve dayanımdaki artışın iplik kesişim kuvvetlerindeki artıştan kaynaklandığı ifade edilmiştir [31]. Dokuma kumaşların, özellikle karmaşık kalıp geometrilerinde kalıplanmaları esnasında lif dağılımı ve yapı kalınlığındaki varyasyonun tahminlenmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen nümerik bir program vasıtasıyla, kalıplanmış bir parçanın kalınlığındaki varyasyon, hacimsel dönüşüm yaklaşımı kullanılarak tahminlenmiştir. Sonuçlar, bezayağı ve sekizli çözümlü satini dokuma kumaşlar kullanılarak kalıplanan parçaların deneysel ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Tek katlı dokuma kumaş kompozitlerde, model, karmaşık kalıp geometrisindeki parçalardaki lif oryantasyonunu tahminlemede oldukça verimli sonuçlar sunmuştur. Karbon/epoksi tek yönlü reçine emdirilmiş yapılarda, iplik kaymasının ihmal edilebilir olduğu ifade edilmiştir. Deneysel veriler ile tahmin sonuçlarının, birbirinden oldukça farklı yapıdaki iki dokuma kumaşı tanımlamada tutarlı olmaları, modelin diğer doku türleri için de kullanılabileceğini göstermiştir. Çalışmada, hacimsel dönüşüm yaklaşımının, lif oryantasyonu sonucu ortaya çıkan yapının nihai kalınlığındaki varyasyonu tahminlemede oldukça uygun ve basit bir yöntem olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca bu modelin, karmaşık kalıp geometrisindeki parçaların termo-mekanik özelliklerinin analizinde kullanılabileceği belirtilmiştir [32]. Dokuma kumaşın 'Biaxial' çekme testi esnasındaki davranışı deneysel olarak çalışılmıştır. Bu sayede, dokuma kumaştaki atkı ve çözümlü iplikleri arasındaki etkileşim ve bunun dokuma kumaşın davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak, dokuma kumaşın üç boyutlu olarak kalıplanması simüle edilmiştir. Kalıplama esnasında ipliklerdeki gerilim değerleri de aynı zamanda kontrol edilebilmektedir. Sonlu elemanlar metoduna dayanan simülasyon, deformasyon enerjisini dokuma kumaşın her bir birim hücrelerinden elde etmiştir. Çalışmada, kalıplama esnasında ondülasyondan kaynaklanan varyasyonlar olduğu ifade edilmiştir [33]. Çalışmada, çok katlı ve çok yönlü dikişli balistik koruyucu yapıların konfor özellikleri irdelenmiştir. Bu amaçla, balistik darbe testi sonrası eğilme rijitliği testi uygulanmıştır. Kumaş sıklığı ve krimp oranı, tek katlı kumaşın eğilme rijitliğini etkilemektedir. Çok katlı ve çok yönlü dikişli balistik yapıların eğilme rijitliği değerleri, kumaş kat sayısı ve dikiş yönüne bağlıdır. Genel olarak, dört yön dikişli yapılar, tek yön ve iki yön dikişli yapılara kıyasla, daha yüksek eğilme rijitliği göstermiştir. Darbe sonrası, dikişli yapıların koni derinliğinin dikişsiz yapılara göre daha düşük olduğu,

dikişin, yapının eğilme rijitliğini arttırdığı, düzlem-dışı yapısal deformasyonu azalttığı, ancak aynı zamanda yapının şekil alabilirliğini ve kullanıcının balistik konfor özelliğini düşürdüğü ifade edilmiştir [34].

Bilisik ve Yolacan (2012), tek kat E-cam kumaşın eğilme rijitliğinin temelde, iplik lineer yoğunluğu, kumaş sıklığı, kumaş açısal oryantasyonuna bağlıken; çok katlı kumaşlarda ise, kumaş kat sayısı ve dikiş yönü, dikiş yoğunluğu ve dikiş ipliği türü gibi dikim parametrelerine bağlı olduğunu ifade etmiştir. Dikişli önşekillerin eğilme rijitliği davranışlarının, kompozit üretiminde kalıplama ve reçine akışı bakımından önemli bir parametre olduğu ve çok yönlü dikişin, önşekillerde kırılma tokluğu gibi düzlem-dışı özelliklerde iyileşmeler sağlasa da, eğilme rijitliği değerlerini de arttırdığı, bu durumun, önşekillerin özellikle de kompleks parça geometrilerinde kalıplanmasını olumsuz etkileyeceği ve kompozit üretim prosesinde, reçine akış hızını ve nihai kürleşme süresini etkileyeceği belirtilmiştir [35].

1.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Tek yönlü reçine emdirilmiş yapı ya da 2D kumaşlar kullanılarak üretilen kompozit yapıların, katlararası ayrılma (delaminasyon) bozunma modu (Mod-I) istenen bir durum değildir. Bu özelliklerin iyileştirilmesi için, 3D tekstil kompozit yapıların geliştirilmesi yoluna gidilmiştir. 3D önşekillerle, daha entegre önşekiller geliştirilmiş ve lokal bozunmalar minimuma indirgenmiştir. Bu yapılarda katlararası bozunma iyileştirilmiş ancak bunlarda istenen sayıda katsayısı, ki bu kalınlığı belirlemektedir, yön ve geometride önşekillerin üretilmesinin pratik olmadığı, ayrıca önşekil yapısına entegre sağlayan düzlem dışı liflerin (Z-lifi) yapının düzlemdeki özelliklerini düşürdüğü anlaşılmıştır [36-59].

Dikişli kompozit yapıların düzlemsel çekme, eğilme, katlararası ayrılma dayanımları ve düzlem-dışı darbe davranışları incelenmiştir. Dikişli kompozit yapıların düzlemdeki özelliklerini içeren bir kısım çalışmada, dikişin kompozit yapının düzlemdeki özelliklerine herhangi bir etkisi olmadığı veya az da olsa bir artış sağladığı ifade edilirken, diğer bir kısım çalışmada ise dikişin, düzlemdeki özellikleri düşürdüğü belirtilmiştir. Dikişli kompozitlerin düzlemdeki özelliklerinin modelleme vasıtasıyla tahminlenmesinin oldukça güç olduğu ifade edilmiştir. Bu durum, kontrol altında

tutulması gereken çok sayıda parametre olmasından kaynaklanmaktadır. Kompozit üretiminde kullanılan lif türü, reçine özellikleri ve üretim yönteminin yanı sıra, dikiş ipliği özellikleri, dikiş ilmeği tipi, dikiş yoğunluğu (birim alandaki dikiş adım sayısı), dikiş ipliği çapı ve gerginliği gibi dikim işlemi ile ilgili parametreler de mevcuttur [60].

1980'li yılların ortasından bu yana, yapının kalınlığı boyunca dikiş ile takviye edilmesine olan ilgi giderek artış göstermiştir. Bu artan ilginin nedeni, geleneksel lif destekli kompozitlerin katmanlı ve 2D yapı mimarisine sahip olmasından dolayı, yapının kalınlığı yönünde oldukça zayıf mekanik özellikler sergilemesidir. Bu durum, 2D kompozitlerin, düzlem-dışı yüke maruz kalmasını gerektiren alanlarda kullanımlarını kısıtlamaktadır. Bunun yanı sıra, 2D kompozitler darbe yüküne maruz kaldıklarında, delaminasyon esaslı bozunma ve dolayısıyla düşük katlararası ayrılma dayanımı göstermektedir. Bu durum, 2D katmanlı kompozitlerin hava araçlarında kullanımı konusunda bazı endişeleri de beraberinde getirmiştir. Örneğin; bir hava aracına şiddetli bir dolu yağışı, bazı durumlarda bakım esnasında herhangi bir aletin bu yapılar üzerine kazara düşmesi veya pisten kalkış veya piste iniş sırasında asfalt üzerine bulunan taş parçacıkların sıçraması, hava aracının güvenliğinde ciddi sorunlara sebep olabilmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek için, hava araçları genel olarak, bu tür darbe yüküne maruz kaldıktan sonra yeterli dayanım özelliklerine sahip kalın kompozit yapı elemanları kullanılarak üretilmektedir. Bu da, ağırlığı, maliyeti ve yakıt tüketimi yüksek hava araçlarıyla sonuçlanmaktadır. Geçtiğimiz 20 yıl boyunca, darbe dayanımı ve hasar toleransı yüksek 3D yapı mimarisine sahip kompozitler üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır. 3D önşekiller, dokuma, örme, saçörgü ve dikim gibi birçok proses kullanılarak üretilmektedir [60].

Lif setlerinin birbirleriyle kesişmeler yaparak oluşturduğu, iyileştirilmiş katlararası ayrılma dayanımı, düzlemsel ve düzlem-dışı özelliklere sahip 3D önşekillerden farklı olarak, dikim işlemi 2D yapılara sonradan uygulanan bir işlemdir ve burada yapının kalınlığı boyunca ilave edilen dikiş ipliğiyle, diğer iplik setleri arasında herhangi düzenli bir kesişme söz konusu değildir. Buna rağmen, dikişli önşekiller, 3D dokuma önşekillerle kıyaslanabilecek ölçüde iyileştirilmiş özellikler gösterebilmektedir [60].

Dikişin, önşekil üretiminde kullanılmasının en önemli üç nedeni aşağıda verilmiştir [60]:

- (1) Kalıplama öncesinde, kumaş katmanlarını bir arada tutan en ekonomik yöntemdir.
- (2) Kompozit yapıda iyileştirilmiş düzlemsel ve düzlem-dışı özellikler sağlamak için etkili bir yöntemdir.
- (3) Kompozit yapıda kırılma tokluğu ve darbe sonrası hasar toleransını arttıran bir yöntemdir.

Düşük hızdaki darbe yükünün sonucu olan delaminasyon, lif destekli kompozitlerin kırılmasının en önemli nedenidir. Çalışmada, geleneksel 2D katmanlı yapıların kalınlığı boyunca destek sağlayan tekniklerden biri olan dikim işlemi hakkında genel bir bakış sunulmuştur. Dikiş, kırılma karbon lifi destekli polimerik matrisli kompozitlerin, özellikle darbe sonrası basma (CAI) dayanımı gibi bazı mekanik özelliklerinde önemli artış sağlamaktadır. Ancak, reçine yoğun bölgeler ve düzlemdeki liflerin kırılmasından dolayı, diğer bazı mekanik özelliklerinde ise düşüşe neden olmaktadır. [61].

1.2.1. Dikişin Önşekillerdeki Hasar Etkisi

Dikim, genel olarak Kevlar[®], cam ve karbon gibi yüksek modüllü liflerin, bir iğne vasıtasıyla kumaş katmanlarını delerek yapıya sokulması işlemidir. Bu işlem, birçok dikiş ilmeği tipi ile yapılabilmektedir, ancak en yaygın kullanılan dikiş ilmeği tipleri; kilit (düz), modifiye kilit ve zincir dikiş ilmeğidir. Dikim işlemi; dikiş iğnesi ve dikiş ipliğinin yapıya penetrasyonu esnasında lokal hasar oluşumuna neden olmaktadır [61-64]. Bu hasarlardan biri, dikiş bölgesindeki lif kırılmalarıdır ve dikiş iğnesi ve dikiş ipliğinin neden olduğu sürtünme esaslı gerilmelerden kaynaklanmaktadır. Dikişin, önşekillerde sebep olduğu bir diğer hasar türü ise, özellikle dikiş etrafında yoğunlaşan lif düzensizlikleridir. Bu lif düzensizliklerinin, dikişli cam dokuma önşekillerde 20°'ye varan açısal farklılıklarda oluştuğu ifade edilmiştir [65]. Bu düzensizlikler, kullanılan dikiş ipliğinin çapı arttıkça artış göstermektedir. Dikişin önşekle penetrasyonu ile birlikte, bu lif düzensizlikleri, iplik yapısı içinde bulunması gereken liflerin daha ziyade kumaş yüzeyinde toplanması ve bu sayede yapıda lif-yoksun boşluklu bölgeler oluşturmasıdır. Bu bölgeler, kompozit üretimi esnasında reçine-yoğun bölgelerin oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca, kompozit ara-yüzünde dikiş ipliği ve yapı arasında mikro gözenekler ve çatlaklar oluştuğu ifade edilmiştir [66]. Çatlak oluşumunun, dikiş ipliği ve kompozit yapının ısıl genleşme katsayıları arasındaki

uyumsuzluktan kaynaklandığı ifade edilmiştir [66]. Dikişin sebep olduğu bu hasarı önlemek kısmen mümkündür. Zincir dikiş ilmeği tipinin, karbon, cam ve Spectra® kumaşları dikerken verdiği hasarın, düz dikiş ilmeği tipinin verdiği hasardan daha fazla olduğu ifade edilmiştir [67]. Ayrıca, modifiye düz dikiş ilmeği ve zincir dikiş ilmeği tiplerinin yüzeyde oluşturduğu dikiş ilmesinden dolayı, dikişin neden olduğu çekme ve daralmalarla daha fazla lif düzensizlikleri ile sonuçlandığı belirtilmiştir. Yapının yüzeyinde oluşan düzensizlikler, düz dikiş ilmeği tipinde, dikiş ilmesinin yapı kalınlığının orta kısmında oluşmasından dolayı minimize edilmiş, ancak, düz dikiş ilmeği tipinde de yapı kalınlığının orta kısmında oluşturduğu hasarın, diğer dikiş ilmeği tiplerine göre çok daha fazla olduğu ifade edilmiştir [68].

Dikim teknolojileri, tekstil yapısal önşekillerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Dikim işlemi, tekstil yapısal önşekillere, kompozit kullanım alanından istenen özellikleri karşılayabilecek oldukça geniş gereksinimleri kazandırmak amacıyla uygulanmaktadır. Bu nedenle, dikim proses parametreleri ve dikiş ipliği özelliklerinin detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. Dikiş yoğunluğu ve dikiş adımı gibi proses parametreleri kadar, dikiş yönü ve dikiş ipliği özellikleri de, önşeklin düzlemdeki lif bozunmalarını, dikim nedeniyle oluşan çekme ve daralmaları, kalıplama işlemlerini ve nihai kompozit özelliklerini etkilemektedir. Dikişin önşekilde neden olduğu delik boyutunun, yapının düzlemsel ve düzlem-dışı özelliklerini etkilediği, bu delik boyutunu ise iplik çapı, iğne boyutu ve iplik gerginliğinin belirlediği ifade edilmiştir [69]. Dikiş; önşekillerde, lif kırılmaları, lif düzensizlikleri ve lif düğümlenmelerine ve bunlara bağlı olarak da kompozitte reçine-yoğun bölgeler, boşluk ve çatlak oluşumuna neden olmaktadır. Ancak, dikişin sebep olduğu bu hasarın, uygun dikim parametreleri ve kompozit üretim yöntemlerinin seçimi ile kontrol altında tutulması mümkündür [60].

1.2.2. Dikişli Kompozit Yapıların Çekme Dayanımı Özellikleri

Dokuma cam kumaşlarda dikiş birleşim noktalarının çekme dayanımına olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, 12 kattan oluşan cam dokuma kumaşlar, kare, zig-zag ve diyagonal dikiş formlarında zincir dikiş ilmeği tipi ile cam lifi kullanılarak dikilmiştir. Epoksi reçine kullanılarak kompozit haline getirilen önşekillerin çekme testleri yapılarak, sonuçlar, hem deneysel hem de nümerik yöntemle değerlendirilmiştir. Buna göre, dikişin, kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımını arttırdığı, dikiş birleşim

noktalarındaki dayanımı artırmak için, dikiş yoğunluğunun yüksek tutulması ve zincir dikiş ilmeği tipinin kullanılması gerektiği sonuçlarına varılmıştır [70].

Kalınlığı 2.8 mm olan E-cam/epoksi kompozit plakalar, reçine transferi ile kalıplama (RTM) yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Dikim işlemi, kalınlığı 1000 ve 3000 denye olan bükümsüz Kevlar® 29 dikiş ipliği kullanılarak yapılmıştır. Çekme testinde, dikişli kompozit plakaların kırılma mekanizmasının yüklenme yönünden etkilendiği, ancak, yapının rijitliğinin dikişten önemli derecede etkilenmediği ifade edilmiştir [71].

Çalışmada, çoğunlukla bükümlü dikiş ipliklerinin kullanıldığı makine dikişli yapılarda, kumaşta meydana gelen hasarın fazlalığından ve bunun, yapı kompozit hale dönüştürüldüğünde neden olduğu reçine yoğun bölgelerden bahsedilmiş ve bükümlü dikiş ipliklerinin çekme dayanım değerlerinin, bükümsüz dikiş ipliklerine göre özellikle Kevlar® ve karbon liflerinde daha düşük olduğu ifade edilmiştir. 6 kat cam dokuma kumaş, el dikişi ile, bükümsüz cam, karbon ve farklı iplik numaralarındaki Kevlar® dikiş ipliği ile dikilmiştir. Atkı ve çözgü yönünde dikiş eni 6.94 mm ve dikiş yoğunluğu ise 1.588 adım/cm²'dir. El-yatırma yöntemi ile kompozit haline getirilen yapıların çekme dayanımı değerlerinde, özellikle Kevlar® dikiş ipliği ile dikilen yapılarda, dikişsiz yapılara göre %9.40 - 9.85 arasında bir artış ifade edilmiştir [72].

Tek yönlü reçine emdirilmiş karbon/epoksi yapılar, [$\pm 45/0/90$]_s ve [$\pm 30/90$]_s oryantasyonlarında düzenlenerek, Kevlar® dikiş ipliği ile 0°'de, modifiye kilit dikiş ilmeği tipi kullanılarak dikilmiştir. Dikiş, statik yüklemde özellikle çatlak ilerlemesini engellemesi bakımından olumlu bir etkiye sahiptir. Ancak, çekme dayanımı bakımından olumsuz etkileri vardır. Dikişli [$\pm 45/0/90$]_s yapılarda çekme dayanımı değerleri düşerken, [$\pm 30/90$]_s yapıların çekme dayanımı değerlerinde artış gözlenmiştir. Bu da, lif yoğunluklu katmanlı yapıların, matris yoğunluklu katmanlı yapılara göre, dikim işlemi esnasında oluşan lif kırılmaları ve bozunmalarına daha duyarlı oldukları sonucunu ortaya çıkarmıştır [73]. Karbon krimpsiz 0°/90°'de serilmiş yapılar, 4 adım/cm² dikiş yoğunluğunda, polyester iplik kullanılarak zig-zag dikiş formunda, modifiye kilit dikiş ilmeği tipi ile dikilmiştir. Dikiş, krimpsiz yapıların çekme modülü değerlerini önemli ölçüde etkilemezken, çekme dayanımını %13 oranında düşürmüştür. Önşekildeki liflerde, dikişten kaynaklanan ondülenin, yapının düzlemdeki özelliklerini düşürdüğü ifade edilmiştir [74].

S2-cam/polyester kompozit yapılarda dikiş yoğunluğunun çekme dayanımına olan etkisi incelenmiştir. Dikiş yoğunluğu arttıkça, çekme dayanımı ve çekme modülünün giderek düştüğü ifade edilmiştir [68]. Dikişli kompozit yapıların çekme dayanımlarının, dikiş ipliği çapının artması ile de düşüş gösterdiği belirtilmiştir. Dikişli kompozitlerin çekme dayanımlarındaki bu düşüşün, dikim işleminin sebep olduğu lif kırılmalarından ziyade, düzensiz lif yönlendirmelerinden kaynaklandığı ve lif düzensizliklerinin 20°'ye varan açisal farklılıklarda yönlendiği göz önünde bulundurulduğunda, çekme dayanımlarındaki bu ani düşüşün kaçınılmaz olduğu irdelenmiştir [65, 75]. Dikişin, liflerin düzlemde açisal düzensizliklere ve bunun da kompozit yapıda homojen olmayan lif hacmine neden olduğu sonucuna varılmıştır [76]. Dikişli kompozitlerin çekme dayanımlarındaki bu düşüş, kırılma mekanizmasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Dikişsiz kompozitlerde, delaminasyon esaslı çatlakları lif kırılmaları izlerken, dikişli kompozitlerde delaminasyon dikiş ile kısıtlandığından kırılma tokluğunda artış ifade edilmiştir. Dikiş ilmeği tipi, dikiş ipliği özellikleri, dikiş yoğunluğu gibi parametrelere bağlı olarak, dikişli kompozitler farklı çekme dayanımı özellikleri sergilemektedir. Bu farklılık, dikişin sebep olduğu gerilme yığılmaları ve bozunma modlarından kaynaklanmaktadır [60].

1.2.3. Dikişli Kompozit Yapıların Eğilme Dayanımı Özellikleri

El dikişi ile, bükümsüz cam, karbon ve farklı iplik numaralarındaki Kevlar® dikiş ipliği kullanılarak dikilen cam dokuma kumaşlar, el yatırma yöntemi ile kompozit haline getirilmiş ve el dikişinin, kompozit yapıların 3-nokta eğilme dayanımını arttırdığı ifade edilmiştir [72]. E-cam bezayağı dokuma kumaş (600 g/m²) ve keçe (300 g/m²), tek yönde Kevlar® dikiş ipliği (40 tex) kullanılarak, toplam 14 kat olacak biçimde, modifiye kilit dikiş ilmeği tipi ile iki farklı dikiş yoğunluğunda dikilmiştir. Dikişli E-cam kompozitlerin 3- nokta eğilme dayanımları, dikişin neden olduğu hasar yüzünden düşüş göstermiştir [65]. Katlı E-cam dokuma kumaş ve keçenin, Kevlar® dikiş ipliği kullanılarak kilit dikiş ilmeği tipi ile tek yönde sıkı ve gevşek olarak dikildiği çalışmada, dikişli ve dikişsiz yapıların eğilme dayanımlarının benzerlik gösterdiği ifade edilmiştir [77].

Dikişin, eğilme dayanımını yaklaşık %25 oranında arttırdığı ve bu artışın, kompozit yapının eğilme esnasındaki bozunma modunun değişmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Dikişsiz kompozitlerdeki delaminasyon esaslı çatlakların, dikişli kompozitlerde çatlak ilerlemesinin, katlararası ayrılma dayanımının yüksek olması sayesinde az olduğu ve kırılmanın çekme esaslı lif kırılması şeklinde gerçekleştiği ifade edilmiştir [78]. Dikişli kompozitlerde eğilme dayanımındaki artış, düşük dikiş yoğunluklarında gözlemlenmiştir, dikiş yoğunluğu arttıkça eğilme dayanımları düşmüştür [67, 79].

Birçok çalışmada, dikişin, eğilme dayanımını düşürdüğü, bu düşüşün kompozit türü ve kalınlığının yanı sıra, dikiş ilmeği tipi, iplik çapı, dikiş yoğunluğu ve dikiş oryantasyonundan da etkilendiği ifade edilmiştir. Dikiş yoğunluğu ve dikiş ipliğinin çapı arttıkça, dikişli kompozitlerin 3- nokta eğilme dayanımları düşmüştür. [64, 65, 67]. Diğer bir çalışmada, Kevlar® dikiş ipliği ile modifiye kilit dikiş ilmeği tipi kullanılarak dikilen cam kompozit yapıların 4-nokta eğilme dayanımlarında dikiş yoğunluğu ve oryantasyonuna bağlı olarak yaklaşık %15, eğilme modülünde ise %40 düşüş belirlenmiştir [64].

1.2.4. Dikişli Kompozit Yapıların Kırılma Tokluğu ve Katlararası Ayrılma Dayanımı Özellikleri

Dikişin, katlararası ayrılma dayanımını arttırdığı, düşürdüğü ve dikişin katlararası ayrılma dayanımına herhangi bir etkisi olmadığını belirten çalışmalar mevcuttur [60].

Dikişli kompozit yapılarda, katlararası ayrılma dayanımının artırılması amacıyla, 24 kat iki yönlü izotrop [+45/0/-45/90]_{3s} karbon kumaş, farklı iplik numaralarındaki Vectran®, Kevlar® ve karbon iplikler kullanılarak, farklı dikiş yoğunluklarında, modifiye kilit dikiş ilmeği tipi kullanılarak dikilmiştir. Dikişin, katlı kompozit yapılarda, bozunma modu-I (delaminasyon) üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu ve, dikiş yoğunluğu ve dikiş ipliğinin kalınlığı arttıkça, katlararası ayrılma dayanımının da arttığı belirlenmiştir. Kırılma tokluğu ve dikiş yoğunluğunun arasında lineer bir ilişki saptanmıştır. Vectran® dikiş ipliğinin, daha fazla uzama enerjisine sahip olduğu ve Vectran® dikiş ipliğinin, diğer liflere göre daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır [80].

Dikişin katlararası ayrılma dayanımı (bozunma modu-I) üzerine olan etkilerini incelemek üzere, 14 katlı seyrek doku karbon kumaş, farklı dikiş enlerinde, tek yönde, modifiye kilit dikiş ilmeği tipi kullanılarak dikilmiştir. Dikiş ipliği olarak, farklı kalınlıklardaki Kevlar® iplikler ve karbon iplik kullanılmıştır. Dikişin, kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımında önemli bir artış sağladığı (yaklaşık 15 kat) ifade edilmiştir. Bu artış, dikiş ipliğinin türü, çapı ve dikiş yoğunluğuna bağlıdır. Dikim işleminin uygulanmasıyla birlikte katlararası ayrılma dayanımındaki artışın anlaşılabilmesi için, ipliğin kırılma mekanizması incelenmiştir. Buna göre, matris-dikiş ipliği ara-yüzü, dikiş ipliğinin elastik esneme özelliği ki; çatlakın durdurulması için gereken kuvveti sağlar, ve iplik deformasyonu ve çekilmesi, bozunma mekanizmasında değerlendirilmiştir [81]. Dikişin, kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımında (bozunma modu-II) artış sağladığı ifade edilmiştir. Bozunma modu-II yüklemesi altında, dikişsiz yapılarda düzensiz bir çatlak ilerlemesi söz konusuysen, dikişli yapılarda ise daha kararlı bir çatlak ilerlemesi gözlenmiştir. Çatlak kuvvetleri, dikiş hatları tarafından karşılanarak, kararlı çatlak ilerlemesini sağlamakta ve bu sayede tokluk, dikişsiz yapılara göre 4 kata kadar artmaktadır. Bu artışın, dikiş ipliğinin türü, çapı ve dikiş yoğunluğuna bağlı olduğu ifade edilmiştir [82]. Dikişli ve dikişsiz yapılarda çatlak oluşumu ve ilerlemesi, C-Scan yöntemi kullanılarak detaylı olarak incelenmiştir. Dikişli yapılarda çatlak oluşumu, dikiş hattında gerçekleşmiştir. Çatlak, en azından birkaç dikiş adımı boyunca ilerlemektedir. C-Scan yöntemi ile çatlakın yüzey alanı bulunarak, kırılma tokluğu hesaplanabilmiştir. Dikişli yapıların kırılma tokluğunun, dikişsiz yapılardan 5-15 kat daha fazla olduğu ifade edilmiştir. Dikişli yapılarda, çatlakın ilerlemesi için gereken enerji daha fazladır, bu da, dikişin deforme edilmesi ve kırılması için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulacağı anlamını taşımaktadır [83]. Karbon krimpiz 0°/90° yapılar, 4 adım/cm² dikiş yoğunluğunda, polyester dikiş ipliği kullanılarak zig-zag dikiş formunda, modifiye kilit dikiş ilmeği tipi ile dikilmiştir. Dikişli yapıların katlararası ayrılma dayanımlarının, dikişsiz yapılardan %17 daha düşük olduğu ifade edilmiştir. Bunun nedeni, her bir dikiş adımının, lokal hasara yol açmasıdır [74].

El dikişinin, cam dokuma kumaş/polyester kompozit yapıların, bozunma modu-I üzerine olan etkilerini inceleyen çalışmada, katlararası ayrılma dayanımında artış belirlenmiştir. Yapının kalınlığı boyunca dikiş ipliğinin düzgün dağılımı, yapıda reçine

yoğun bölgelerin oluşumunun ve düşük gerilim değerlerinde katlararası çatlak oluşma olasılığının önüne geçmektedir. Matris yoğunluklu delaminasyon çatlakları dikişe ulaştığında, dikiş ipliği tarafından yeniden yönlendirilmekte ve bu sayede daha fazla enerji absorplanmasını sağlamaktadır. Dikiş ilmelerinin, yapının uzunluğu boyunca yer alması, darbe enerjisi absorpsiyonunu arttırmıştır. Dikişli yapıların bozunma modu-I kırılma tokluğu, dikişsiz yapılara göre 8-20 kat artmıştır. Çalışmada, el dikişinin, yapıların düzlemdeki özelliklerini kaybetmeden, kırılma tokluğunun artmasını sağladığı ifade edilmiştir [72].

E-cam bezayağı dokuma kumaş (600 g/m^2) ve keçe (300 g/m^2), tek yönde Kevlar® dikiş ipliği (40 tex) kullanılarak, toplam 14 kat olacak biçimde, modifiye kilit dikiş ilmeği tipi ile iki farklı dikiş yoğunluğunda dikilmiştir. Dikiş yoğunluğu arttıkça, bozunma modu-I katlararası ayrılma dayanımı artmış, bozunma modu-II katlararası ayrılma dayanımında dikişin herhangi bir etkisi olmamıştır [65].

Modifiye zincir dikiş ilmeği tipinin, satin dokuma karbon/epoksi kompozitlerin katlararası ayrılma davranışlarına etkisi incelenmiştir. Dikişli ve dikişsiz kompozit yapıların bozunma modu-I katlararası ayrılma dayanımları incelendiğinde, dikişin, enerji salınım oranını 4 kata kadar arttırdığı belirlenmiştir. Bozunma modu-II katlararası ayrılma testlerinde, çatlak ilerlemesi, dikiş ipliğinde herhangi bir bozunma olmaksızın meydana gelmektedir. Nihai çatlak boyu orta uzunlukta meydana gelmekte veya numune, eğilme yükü ile kırılmadan önce çatlak durmaktadır. Enerji salınım oranın, başlangıçta düşük olduğu ve çatlak uzunluğuyla birlikte kademe kademe artarak oldukça yüksek değerlere ulaştığı ifade edilmiştir [84]. Bozunma modu-I kırılma tokluğu incelendiğinde, dikişli kompozit yapıların enerji salınım oranının, dikişsiz yapılara göre en az 15-30 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bozunma modu-II kırılma tokluğunda ise bu artış, 5-15 kat arasındadır. Dikişli tekstil yapısal kompozitler, yüksek lif hacmi ve performans değerleri ve düşük fiyatı ile tek yönlü reçine emdirilmiş yapılara göre üstün özelliktedir [85]. Sürekli dikişin, bozunma modu-II kırılma tokluğunu az da olsa arttırdığı belirtilmiştir. Kesikli dikiş de, bozunma modu-II kırılma tokluğunu arttırmıştır ancak, çatlakların durdurulması bölgesinde kararlı bir davranış sergilenmediğinden, bu artış ihmal edilmiştir. Dikiş ipliğinin dayanımı ve dikiş yoğunluğundaki artış, ve dikiş ipliği modülündeki düşüş, sürekli dikişte, yüksek kararlılıkta potansiyel enerji salınım oranına neden olmaktadır. Uygun dikim

parametrelerinin seçimi ile, kırılma tokluğunun arttırılmasının mümkün olduğu ifade edilmiştir [86]. Dikişin, bozunma modu-I kırılma tokluğunu yaklaşık 45 kat arttırdığı sonucuna varılmıştır [87].

1.2.5. Dikişli Kompozit Yapıların Darbe Dayanımı Özellikleri

Dikişli kompozit yapıların, özellikle düşük hızdaki darbe davranışları çok sayıda çalışma vasıtasıyla irdelenmiştir.

Dikiş, kompozit plakada, düşük darbe yükü sonrası delaminasyonu %40 oranında azaltmaktadır. Dikiş formu, yani, tek yön, iki yön, diyagonal veya zig-zag olması, delaminasyon alanını, dikiş yoğunluğu kadar etkilememektedir. Ancak, delaminasyonun şekli, dikiş türüne bağlı olarak değişmektedir [88].

Kompozit yapılarda dikişin düşük hızdaki darbe yükünün karşılanmasına olan etkileri analitik bağıntılar vasıtasıyla incelemiştir. Buna göre, delaminasyonun ilerlemesini sağlayan temas kuvveti, dikişli ve dikişsiz kompozit yapılarda neredeyse aynı değerdedir. Başlangıç kuvvetinin, kırılma tokluğu ve çatlakın konumuna bağlı olduğundan dolayı başlangıç kuvvetinin darbe enerjisi gibi darbe parametrelerinden bağımsız olduğu ifade edilmiştir. Darbe yükünün uygulandığı alanın bitiminde, çatlakın ilerlemesi, dikişsiz kompozit yapılarda daha fazladır. Dikiş, daha yüksek darbe enerjilerinde yani yapıda, çatlak ilerlemesine eğilim arttığında daha etkili hale gelmektedir. Dikişin aktif hale gelmesi, sistemde delaminasyonun oluşmasına bağlıdır. Ayrılmanın gerçekleştiği dikişli kompozit yapılarda dikişin, kırılma tokluğunu arttırdığı ve bu artışın dikiş yoğunluğuna bağlı olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca ayrılmanın orta kısımda olduğu durumlarda, dikişin daha etkili hale geldiği belirlenmiştir [89].

S2-cam/vinil ester kompozit yapılarda, yapının kalınlığındaki takviyenin, düşük ve yüksek hızdaki darbe davranışları karakterize edilmiştir. Bu amaçla, dikişli ve pim-takviyeli olmak üzere iki tip takviye malzemesi kullanılmıştır. Karşılaştırma amacıyla 2D dokuma kumaş da kullanılmıştır. 15 katlı S2-cam 2x2 dimi dokuma kumaşlar, iki yönde, 25.4 mm aralıklarla, yüksek dayanımlı Aqualon® ipliklerle dikilmiştir. Yapılar, vakum infüzyon yöntemi (VARTM) ile kompozit haline getirilmiştir. Pim takviyeli kompozit yapılar ise, 25.4 mm aralıklarla, 0.5 mm çapında delinerek yine aynı çaptaki çelik pimlerin yerleştirilmesi ile üretilmiştir. Düşük hızdaki darbe davranışı, düşürme

testi (drop test) ile belirlenmiştir. Buna göre, dikişsiz kompozit yapıların darbe yükleri, dikişli ve pim takviyeli yapılara göre daha yüksektir. Delaminasyon hasarı, dikişli yapılarda, pim takviyeli ve dikişsiz yapılara göre daha azdır ve bozulan alan daha düşüktür. Dikişli kompozit yapılar, pim takviyeli ve dikişsiz yapılara göre çok daha iyi katlararası ayrılma dayanımı sonuçları göstermiştir. Hopkinson's basınç testi sonuçları, dikişli kompozit yapıların katastropik bozunmaya karşı dayanımının daha yüksek olduğunu göstermiştir [90].

Dikişli dokuma S2-cam/epoksi kompozit yapıların, düşük hız ve balistik darbe davranışları irdelenmiştir. 5 katlı 5x5 basket dokuma S2-cam kumaşlar; dikişsiz, Kevlar® dikiş ipliği ile 2 yönde 25.4 mm dikiş eninde dikilmiş, ve Kevlar® dikiş ipliği ile 2 yönde 12.7 mm dikiş eninde dikilmiş olmak üzere üç farklı formda VARTM üretim tekniği ile kompozit haline getirilmiştir. Düşük hızda darbe testinde, 10-80 J arasında, 8 farklı enerji seviyesi kullanılmış, vurma ucu ağırlığı 13.91 kg olarak sabitlenmiştir. Drop test sonuçlarına göre, dikişsiz yapıların enerji absorpsiyonu dikişli yapılara göre daha yüksektir. Dikiş, hasarın sınırlanmasını sağlamaktadır. Dikiş yoğunluğu fazla olan dikişli yapılar, az olana göre daha rijit özelliktedir. Dikiş, hasarın lokalize olmasını sağlamaktadır. Dikiş eni 12.7 mm olan dikişli yapılarda hasar, yapının kalınlığı boyunca oluşmuştur. Dikiş eni 25.4 mm olan dikişli yapılar, yeterli darbe özelliklerini sağlamaktadır. Balistik atış testinde mermi giriş hızları, 570-840 m/s arasında değişmektedir. Balistik test sonuçlarına göre, dikişsiz yapıların balistik limiti, dikiş eni 25.4 mm ve 12.7 mm olan dikişli yapılardan sırasıyla, % 2 ve % 5 daha düşüktür. Ayrıca, dikişsiz yapıların enerji absorpsiyonu, 25.4 mm ve 12.7 mm dikişli yapılardan sırasıyla, % 3.5 ve % 10.6 daha düşüktür. Dikişli kompozit yapılar, dikişsiz kompozitlere göre, daha iyi balistik performans göstermiştir. Dikişli yapıların, balistik test sonrası arka yüzeyindeki bozulan alan, dikişsiz numunelere göre % 60 daha azdır. Bu da, dikişli yapıların daha yüksek bir katlararası ayrılma dayanımına sahip olduğunu göstergesidir. 12.7 mm dikiş aralığına sahip kompozit yapıların balistik performansları daha yüksektir [91]. Dikişli dokuma karbon/epoksi kompozit yapıların, darbe dayanımlarını incelemiştir. Çalışmada, 8 katlı bezayağı ve saten dokuma kumaşlar, Kevlar® dikiş ipliği ile 2 yönde 25.4 ve 12.7 mm dikiş eninde dikilmiş ve VARTM metodu ile kompozit haline getirilmiştir. Drop testte, 5-50 J arasında, 11 farklı enerji seviyesi kullanılmış, vurma ucu ağırlığı 6.33 kg olarak sabitlenmiştir. Dikişsiz bezayağı

dokuma kompozit yapılar, vurma ucu penetrasyonundan önce 40 J'a kadar enerjiyi karşılayabilmektedir. Bu değer, dikişli yapılarda 50 J'a kadar çıkmaktadır. Bozunan alan, dikiş eni 25.4 mm olan yapılarda dikişsiz numunelerin 1/3'ü, dikiş eni 12.7 mm olan yapılarda ise 1/6'sı kadardır. Saten dokuma kompozitlerin darbe dayanımları, bezayağı dokuma kompozitlere göre daha iyidir [92].

Dikişli kompozitlerdeki yüzey ilmesinin uzaklaştırılmasının, yapıların basma ve darbe sonrası basma dayanımları üzerine etkisi incelenmiştir. 9 katlı seyrek doku karbon kumaş 0/90°'de serilmiştir. Seyrek doku kumaşlarda ipliklerin %99'u çözgü yönündedir ve bu iplikler ince bir diğer iplik setinin atkı yönünde atılmasıyla bir arada tutulmaktadır. Kumaşlar, karbon dikiş ipliği kullanılarak, 0.64 cm dikiş eninde modifiye edilmiş kilit dikiş ilmeği tipi ile dikilmiştir. Bir kısım numunenin yüzeyindeki dikiş iplikleri, zımparalanarak uzaklaştırılmıştır. Yüzeydeki dikiş ilmeleri uzaklaştırılmış ve uzaklaştırılmamış yapıların, kırılma mekanizmaları ve darbeye bağlı bozunmaları benzer biçimde gerçekleşmiştir. Ancak, dikiş ilmeleri uzaklaştırılmış yapıların basma dayanımlarında %27, ve darbe sonrası basma dayanımlarında ise %14 artış olduğu belirlenmiştir. Kompozit yapıların basma dayanımlarının, düzlemdeki dikiş ipliklerinden dolayı düştüğü ifade edilmiştir [93].

Dikişli ve dikişsiz dokuma karbon/epoksi kompozit yapıların, yüksek hızdaki darbe yükü altındaki performansları araştırılmıştır. 7 ve 17 kat karbon bezayağı ve saten dokuma kumaşlar, Kevlar® dikiş ipliği ile 2 yönde 25.4 mm ve 12.7 mm dikiş eninde dikilmiştir. Yüksek hızdaki darbe testleri, gaz basınçlı sistem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dikişsiz kompozit yapılarda, saten dokuma kumaş kompozitlerin balistik limitleri özellikle ince plakalarda, bezayağı dokuma kumaşlardan daha yüksektir. Saten dokuma kumaş kompozitlerdeki bozunan alan, bezayağı dokuma kompozitlerden daha fazladır ve saten dokuma kumaş kompozitlerdeki yoğunluklu bozunma eğilme esaslyken, bezayağı dokuma kompozitlerde kayma esaslı bozunma ağırlıktadır. Dikişli yapıların bozunan alanları, dikişsiz yapılara göre daha düşüktür. Dikişsiz yapıların balistik limitinin, 12.7 mm dikiş eninde dikilen yapılara göre %37, 25.4 mm dikiş eninde dikilen yapılara göre ise %60 daha fazla olduğu ifade edilmiştir [94].

Dokuma kompozitlerin darbe sonrası basma dayanımlarının, eşdeğer dayanıma sahip dikişli ve dikişsiz krimpiz yapıardan daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Darbe sonrası bozulan alan ise dokuma yapılarda en az olmakla birlikte, polyester dikiş ipliğinin, krimpiz yapılarda, yüksek performanslı aramid ve karbon dikiş ipliklerinin aksine, bozulan alanı sınırlayacak yeterlikte olmadığı sonucuna varılmıştır. [74].

Karbon lifi takviyeli polimerik kompozitlerin düzlem-dışı darbe dayanımlarının, yapının kalınlığı boyunca dikiş takviyesi ile artırılması üzerine bir çalışma yapılmıştır. [-45/0/45/90]_{3s} oryantasyonundaki karbon kumaşlar, 0°de 3 mm dikiş eni ile dikilmiştir. Drop test, yarı-küre uç geometrisindeki, 12.7 mm çapında ve 5.07 kg ağırlığındaki vurma ucu vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Numunelere, üç farklı seviyede darbe enerjisi uygulanmıştır. X-radiografi sonuçlarına göre, dikişsiz numunelerde, numunenin alt kısmında bulunan -45°lik katmanın bulunduğu yerde keskin ve uzun bir katman çatlak oluşumu gözlenmiştir. Dikişli numunelerde katman çatlak oluşumu gözlenmesine rağmen, oluşan çatlakların dikişsiz numunelerdeki kadar uzun olmadığı ifade edilmiştir. Darbe esaslı hasarın, nispeten yapının tüm yönlerinde eşit olarak dağıldığı belirtilmiştir. Aynı darbe enerjisi seviyesi için, bozulan alanın dikişli numunelerde dikişsiz numunelere kıyasla daima daha küçük olduğu vurgulanmıştır. Darbe sonrası yapılan görüntü analizlerinde, dikişli ve dikişsiz numunelerde, hasar dağılımının yapının kalınlığı boyunca farklı olduğu, dikişsiz yapılarda hasarın büyük ölçüde numunenin üst kısmında dağılmadığı aksine olarak numunenin alt kısmında yoğunlaştığı ifade edilirken, dikişli yapılarda ise hasarın numunenin merkezinde yoğunlaştığı belirtilmiştir [95].

Düşük-hızdaki darbe yüküne maruz kalan bir kompozit plakanın delaminasyon özelliği, katlararası dayanım ve gerilimin seviyesine bağlıdır. Katlararası dayanım, büyük ölçüde, matris tokluğu ve lif-matris bağ mukavemeti gibi materyal özelliklerinden etkilenmektedir. Katlararası gerilim ise, numune geometrisi ve yükleme koşullarının etkisi altındadır. Bu çalışmada, ince kompozit plakalar üretilmiş ve düşük hızdaki darbe yüküne maruz bırakılmıştır. Her bir numunedeki delaminasyon incelenmiştir. Deneysel çalışmalar, delaminasyon alanının yapı kalınlığıyla ve bitişik katmanlar arasındaki lif açısı farkı ile orantılı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Katlararası dayanımın, delaminasyon dayanımına olan etkisi tartışılmıştır. Yapının kalınlığı boyunca yer alan dikişin, düşük-

hızdaki darbe yüküne maruz kalan bir kompozit plakanın delaminasyon alanını %40 oranında düşürdüğü sonucuna varılmıştır [88].

Dikişli kompozit plakaların düzlemdeki düzlem dışı darbe davranışları ile ilgili deneysel sonuçlar sunulmuştur. Kalınlığı 2.8 mm olan E-cam/epoksi kompozit plakalar, RTM yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Dikim işlemi, kalınlığı 1000 ve 3000 denye olan bükümsüz Kevlar® 29 dikiş ipliği kullanılarak yapılmıştır. Darbe testleri, yarı küresel uç geometrisine sahip mermi ile gerçekleştirilmiştir. Dikişin, delaminasyon çatlak alanını önemli ölçüde düşürdüğü ve 3000 denye dikiş ipliğinin, bu çatlakların ilerlemesine karşı daha iyi bir dayanım sağladığı sonucuna varılmıştır. Dikiş adımı ve dikiş eni, dikiş ipliği kadar çarpmanın olduğu bölge ile ilgilidir ve çarpma esnasında delaminasyon alanının boyutunu ve şeklini etkilemektedir. Ancak, dikiş ipliğinin penetrasyon yoğunluğunu, delaminasyon dayanım özelliğini değerlendirmek için bir kriter olarak kullanmak daha doğru olacaktır. Bu sayede, en uygun penetrasyon yoğunluğu bulunmuş olacaktır. Sonuç olarak, dikişin, darbe yüküne maruz kalmış kompozit plakalarda delaminasyon esaslı bozunmaları daima azatlığı ifade edilmiştir [71].

Dikişli ve dikişsiz kompozitlerin darbe özellikleri incelenmiştir. E-cam seyrek doku kumaş, $[0^{\circ}_2/90^{\circ}_2]_s$ oryantasyonunda düzenlenerek, dikim işleminden önce atkı yönünde yapıyı bir arada tutan polyester iplikler el yardımıyla yapıdan çıkartılmıştır. Yapılar, bükümsüz Kevlar® 29 dikiş ipliği ile, tek iğneli endüstriyel dikiş makinesinde kilit dikiş ilmeği tipi ile dikilmiş ve RTM yöntemiyle kompozit haline dönüştürülmüştür. Matris çatlakları, gerek dikişli gerekse dikişsiz yapılarda, darbe esaslı bozunma mekanizmasında önem taşımaktadır. Dikiş, yapılar düşük enerjili darbe yüküne maruz bırakıldığında, 90° lik katmanlardaki matris çatlaklarının sayısında azalmaya ve 0° lik katmanlardaki ayırıcı çatlakların ilerlemesini önlemeye yardımcı olmaktadır. Darbe sonucu oluşan delaminasyon çatlaklarının ilerlemesi, yapının kalınlığı boyunca bulunan dikiş iplikleri sayesinde sınırlanmaktadır. Sonuç olarak, dikişli yapılardaki toplam delaminasyon alanı, delaminasyon çatlaklarının sürekli olmamasından dolayı çok daha düşüktür. Dikişli yapılarda, darbe esaslı delaminasyon çatlakları sınırlandırıldığından, dikişli yapılarda, darbe bölgesinde dikişsiz yapılara göre çok daha lokal bir bozunma söz konusudur. Dikiş yoğunluğu fazla ise, yapıda kalıcı mafsallık hatları oluşabilmektedir [96].

Yapının kalınlığı boyunca dikişle takviyelenmiş katlı kompozit yapıların, darbe dayanımları ve darbe yüküne karşı bozunma mekanizmaları incelenmiştir. 32-kat $[+45/90/-45/0/(0/+45/90/90/-45/0)_2]_s$ ve 20-kat $[+45/90/-45/0/0/+45/90/90/-45/0]_s$ oryantasyonundaki karbon kumaşlar, 200 ve 400 denye iplik numarasındaki Vectran[®] dikiş ipliği ile, modifiye kilit dikiş ilmeği tipi kullanılarak, 3 ve 6 mm dikiş eninde tek yönde dikilmiştir. Vectran[®] lifinin dikiş ipliği olarak seçilmesinin nedeni; Vectran[®]'in, Kevlar[®] lifi ile kıyaslanabilir özelliklerinin yanı sıra, nemden daha az etkilenmesi ve dikişli kompozitlerde, daha üstün katlararası ayrılma dayanımı özellikleri sağlaması olduğu ifade edilmiştir. 6.1 ve 4.1 mm kalınlığındaki kompozit plakaların düşük hızda darbe dayanımları, drop test ile belirlenmiştir. Yarı-küre uç geometrisinde, 6.26 kg ağırlığında ve 15.99 mm çapındaki vurma ucu kullanılarak, 6.7-60.8 J aralığında darbe enerjisi uygulanmıştır. Ayrıca, X-radiografi ve C-Scan teknikleri kullanılarak görüntü analizleri gerçekleştirilmiştir. Aynı enerji seviyesi için; dikişsiz yapıların bozunma alanının, dikişli yapılarda daha büyük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, dikiş eni az olan yapıların bozunma alanının, dikim eni fazla olan yapılara göre daha az olduğu ifade edilmiştir. Bunun nedeni, birbirine daha yakın olan dikiş hatlarının, yapının kalınlığı boyunca daha fazla kırılma yönünün normal kuvvet tepkisi oluşturmasıdır. Böylece, delaminasyon çatlaklarının ilerlemesi büyük ölçüde azaltılarak, delaminasyon oluşumu engellenmiştir. Genel olarak, delaminasyon şekillerinin dairesel olduğu gözlemlenmiştir. Daha kalın dikiş ipliği kullanımının, delaminasyonun azaltılması yönünde az da olsa bir katkı sağladığı ifade edilmiştir. Yüksek darbe enerji seviyesinde (60.8 J), dikişin, delaminasyonu %40 azalttığı belirtilmiştir. Darbe enerjisi düşük seviyede ise, dikim parametrelerinin, bozulan alana olan etkileri oldukça düşüktür. Ancak, darbe enerjisi seviyesi arttığında, bu fark daha belirgin hale gelmektedir. Görüntü analizlerine baktığında, matris çatlaklarının 45° yönünde olduğu ve dikiş eni az olan yapılarda bu çatlakların, dikiş ilmelerinden kaynaklı reçine-yoğun bölgelerden dolayı daha fazla olduğu ifade edilmiştir. Dikişsiz yapılarda, delaminasyon biçiminin konik şekilde olduğu ve maksimum hasarın, numunenin alt yüzünde meydana geldiği ifade edilirken; özellikle dikiş eni az olan yapılarda delaminasyon biçiminin daha az konik, ancak silindirik bir yapıda olduğu belirtilmiştir. Yapıların bozunma mekanizmasının, dikiş ipliği kalınlığından çok, dikiş yoğunluğundan etkilendiği belirtilmiştir. Hasar başlangıç kuvvetinin, dikişli yapılarda, zayıf reçine-yoğun bölgeler nedeniyle özellikle dikiş ilmelerinin çevresinde daha düşük olduğu, yük-uzama

grafikleri dikkate alındığında, dikiş eni fazla olan yapıların, dikiş eni az olan yapılara göre daha esnek olmasından dolayı daha fazla delaminasyon alanına sahip oldukları ifade edilmiştir [97].

Dikim işlemi parametreleri ve darbe sonrası delaminasyon boyutu arasındaki ilişki irdelenmiştir. Dikişin, darbe esaslı bozunmadaki etkinliğini ifade etmek amacıyla, deneysel esaslı ‘delaminasyon düşüş eğilimi’ tanımlanmıştır. Delaminasyon düşüş eğilimi; normalize edilmiş delaminasyon alanı ile dikiş yoğunluğu parametrelerini içermektedir. Başlangıçta, normalize edilmiş delaminasyon alanı, dikiş yoğunluğu ile birlikte lineer bir düşüş gösterirken; daha sonra bir plato oluşturularak dikiş ile birlikte maksimum delaminasyon düşüş alanı limiti olan %40’a ulaşmıştır [98].

Farklı dikim işlemi parametrelerine sahip kompozit plakaların, çeşitli enerji seviyelerindeki düşük hızda darbe davranışlarını irdelemek üzere, drop test yapılmıştır. Dikişin, dikiş ipliği çevresindeki zayıf reçine-yoğun bölgelerin varlığından dolayı, çatlak başlatma bölgelerini oluşturduğu ifade edilmiştir. Bu durum, dikiş yoğunluğu fazla olan kompozit yapıların, darbe yükü altında, daha fazla dikiş esaslı matris çatlakları göstermesine neden olmuştur. Bunun yanı sıra, dikiş yoğunluğu yüksek ve kalın dikiş ipliği kullanılarak dikilen kompozit yapıların, delaminasyon çatlaklarını ve çatlak ilerlemesini durdurarak, delaminasyonun ilerlemesini engellemede daha etkili olduğu ifade edilmiştir. Dikiş yoğunluğu yüksek olan kompozitlerin delaminasyon biçimleri daha silindirik yapıda iken, dikiş yoğunluğu düşük olan kompozitlerin delaminasyon biçimleri daha konik yapıdadır [99].

Dikiş yoğunluğu yüksek olan kompozitlerin, delaminasyonu durdurmada daha etkili olduğu ifade edilmiştir. Kalın dikiş iplikleri kullanıldığında, özellikle yüksek darbe enerjisi seviyelerinde, delaminasyonun ilerlemesinde çok az bir düşüş ile birlikte, hasar dayanımında bir miktar artış belirlenmiştir. Dikişli kompozitlerde vurma yüküne karşı yapının tepkisi, kuvvet- zaman eğrileri vasıtasıyla incelenmiş ve delaminasyon başlangıcının; dikiş yoğunluğu ve dikiş ipliği kalınlığından etkilenmediği ifade edilmiştir. Ancak, maksimum artık gerilmenin, kompozitteki delaminasyon boyutu ile dolayısıyla da dikim parametreleri ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Dikişli kompozitlerin darbe esaslı bozunma mekanizması, katlararası matris çatlakları, katlararası ayrılma ve dikiş ipliği/matris ayrılmaları olarak tanımlanmıştır. Dikiş, dikiş ipliği çevresindeki

zayıf reçine-yoğun bölgelerden dolayı çatlak başlangıç bölgesi davranışı sergilediğinden, dikiş yoğunluğu yüksek kompozit yapıların darbe yükü altında daha fazla dikiş esaslı matris çatlakları oluşumu bulunmaktadır. Buna karşın, dikiş yoğunluğu ve dikiş ipliği kalınlığı yüksek kompozit yapıların, delaminasyon çatlaklarını ve çatlak ilerlemesini durdurarak, delaminasyonun ilerlemesini engellemede daha etkili olduğu ifade edilmiştir [97].

Dikişli ve dikişsiz E-cam kompozitlerin darbe özellikleri, drop test vasıtasıyla, artan darbe enerjisi ve tekrarlı darbe yüküne maruz kalması durumunda incelenmiştir. Artan darbe sayısı ile birlikte, kompozit yapıların dayanımları da büyük ölçüde düşmüştür. Bu düşüş, tekrarlı darbe yükü altında, reçine çatlakları, delaminasyon ve cam lifinin kırılması ve parçalanması gibi şiddetli mikro- yapısal hasarın oluşmasıdır. Dikişli kompozit yapıların, darbe dayanımları ve darbe yüküne maruz bırakılan dikişli yapıların eğilme ve katlararası ayrılma dayanımlarının artış göstermediği belirlenmiş ve bu sonuç, bu konuda yapılan diğer çalışmalardan farklılık göstermiştir [65].

Düşük hızdaki darbe yükü altında, dikişli ve dikişsiz kompozitlerin özellikleri, 3D dinamik sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak incelenmiştir. 32- kat [45/0/-45/902/-45/0/45]_s oryantasyonundaki karbon kumaşlar, Kevlar[®] 29 dikiş ipliği (3000 denye) kullanılarak, 0°'ye paralel olacak biçimde 5 mm dikiş eninde dikilmiştir. Dikişin, kompozit yapıların düşük hızda darbe yükü özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiği ve delaminasyon dayanımını arttırdığı belirlenmiştir. Bu dayanımın, artan dikiş yoğunluğuyla birlikte arttığı saptanmıştır [100].

Dikişli ve dikişsiz S2-cam kompozitlerin, tekli ve tekrarlı düşük hızdaki darbe yükü altındaki özellikleri incelenmiştir. Kevlar[®] dikiş ipliği kullanılarak, iki yönde dikilen dokuma kumaşlar, VARTM yöntemi ile kompozit haline getirilmiştir. Enerji seviyesi 10-80 J arasında değişmektedir. Test sonrası hasar boyutu, C-Scan yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Tekli darbe yükü altında, dikişli dokuma kompozit yapılar, düşük bir delaminasyonla bölgesel hasar göstermiştir. Dikiş, hasarın dikiş sınırları içinde kalmasını sağlamıştır. Ancak, önşekillerin dikişi esnasında, lifler, muhtemelen hasar görmüş ve dikiş bölgelerinde reçine-yoğun alanlar oluşmuştur. Dikişli plakalarda hasar dağılımı silindirik yapıda iken, dikişsiz plakalarda daha çok konik yapıdadır. Tekrarlı darbe yükü altında, tüm yapılar, 30 J enerji seviyesine kadar, 40 tekrarlı darbe yüküne

dayanım göstermiştir. Ancak, 40 ve 50 J enerji seviyelerinde, dikişsiz plakalar, daha az tekrarlı darbe yüküne dayanım gösterebilmiştir. Bu enerji seviyelerinde, 25.4 mm dikiş enine sahip yapılar, 12.7 mm dikiş enine sahip yapılara kıyasla daha fazla darbe tekrarına dayanım göstermiştir. Hasar alanı, artan darbe tekrarı ile artmakta, ancak, belirli bir seviyeden sonra bu artış önemli derecede olmamaktadır [101].

Dokuma kompozitlerin darbe davranışları, büyük oranda dokuma sıklığına bağlıdır. Gevşek dokuma kumaştan üretilen kompozit yapıların darbe nedeniyle delinme eşiği, sıkı yapılara göre daha yüksektir. Kürleşme basıncı da, bu eşiği etkileyen faktörler arasındadır. Düşük basınçta kürleştirilen kompozitler, yüksek basınçta kürleştirilen kompozitlere göre daha yüksek darbe eşiğine sahiptir. Düşük basınçta kürleştirilen gevşek dokuma kompozitler, incelenen diğer yapılara kıyasla daha iyi darbe davranışı göstermiştir [102].

S2- cam, Kevlar® ve Spectra® dokuma kumaşlar farklı dikiş yoğunluklarında ve iki yönde dikilerek, dikişin, kompozit yapıların mekanik ve darbe özelliklerine etkisi incelenmiştir. Optimum dikim şartları sağlandığında, dikişli kompozit yapıların mekanik özellikleri iyileşmektedir. Dikişli kompozit yapıların enerji absorplama kapasitesi, dikişsiz kompozitlere göre, özellikle de tekrarlı darbe yükü altında önemli bir artış göstermiştir. Bununla birlikte, bozulan alan büyüklükleri de dikişsiz yapılara göre daha düşük düzeydedir. Optimum dikim şartları sağlandığında, dikişli kompozitlerin darbe dayanımları %10 artış göstermiştir [67].

Dikişin, darbe dayanımı, darbe toleransı ve katlararası ayrılma dayanımına etkisini incelemek amacıyla dokuma ve seyrek doku grafit/epoksi kompozit yapılar Kevlar® ve cam dikiş iplikleriyle dikilmiştir. Dikiş, darbe yükü üzerinde herhangi bir etkiye sahip değildir. Ancak dikiş, darbe sonrası basma testi ile belirlenen darbe toleransı ve darbe sonrası oluşan hasarlı alan bakımından %25-40 arasında bir iyileşme sağlamaktadır [85]. Dikişli $[0_2/90_2]_s$ E-cam/epoksi kompozit yapıların düşük hızdaki darbe dayanımları incelenmiştir. Yapılar, 1000 ve 3000 denye Kevlar® dikiş iplikleriyle tek yönde dikilmiştir. Düşük hızdaki darbe testinde yarı-küresel uç geometrisi kullanılmıştır. Dikişin, delaminasyon çatlak alanını önemli ölçüde düşürdüğü ve 3000 denye Kevlar® dikiş ipliğiyle dikilen yapıların, çatlak ilerlemesine karşı daha iyi bir dayanım

sergilediği ifade edilmiştir. Dikiş adımı, dikiş eni, dikiş ipliği ve darbenin gerçekleştiği bölge, darbe esnasında delaminasyonun şeklini ve boyutunu etkilemektedir [71].

Katlı E-cam dokuma kumaş ve keçe, Kevlar® dikiş ipliği kullanılarak kilit dikiş ilmeği tipi ile tek yönde düşük ve yüksek dikiş yoğunluklarında dikilmiştir. Balistik testler, 900 m/s'lik mermi giriş hızı ile yapılmıştır. Dikişin, balistik darbe sonrası bozunmayı çok az miktarda azalttığı, hasar dayanımının ise, dikişin bozunma modu-I kırılma tokluğunu arttırmasından dolayı arttığı ifade edilmiştir. Dikişli ve dikişsiz yapıların eğilme dayanımları ise benzerlik göstermektedir. Hasar toleransının, yüksek dikiş yoğunluğunda ve daha kalın dikiş ipliğinin kullanılmasıyla artış göstereceği ifade edilmiştir [77].

Karbon seyrek doku ve satin dokuma kumaşlar, Kevlar® 29 dikiş ipliği kullanılarak tek yönde 3 mm aralıklarla dikilmiştir. Polimerik kompozitler, darbe yüküne maruz kaldıklarında delaminasyon eğilimi gösterir. Bu davranış, özellikle kritik uygulamalarda yük taşıma elemanı olarak kullanılacak yapılarda dezavantaj yaratan, düşük hasar toleransına neden olmaktadır. Dikişli kompozit yapıların hasar toleransları, dikişsiz reçine emdirilmiş yapılara göre daha yüksektir [103].

Karbon/cam seyrek dokular karbon ve Kevlar® dikiş iplikleriyle dikilerek kompozit haline getirilmiştir. Dikişli kompozit yapıların darbe sonrası basma dayanımları, dikişsiz yapılara göre yaklaşık 2 kat daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni, dikişin katlararası ayrılma dayanımını arttırmış olmasıdır [62].

İki farklı oryantasyondaki $[45/0/-45/90]_{4s}$ ve $[0/45/0/-45/90/-45/0/45/0]_{2s}$ karbon kumaşlar, 0° , 45° ve 90° yönlerinde Kevlar® dikiş ipliği ile zincir dikiş ilmeği tipi kullanılarak dikilmiştir. Drop test sonrasında, darbe testine maruz kalmamış ve numune merkezinde delik oluşturulmuş kompozit yapıların çekme ve basma testi sonuçları ile, darbe sonrası çekme ve basma testi sonuçları karşılaştırılmıştır. Darbe testine maruz kalmamış dikişli kompozit yapıların çekme dayanımlarında %20'ye varan düşüş belirlenmiştir. Dikişin, basma dayanımı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı ifade edilmiştir. Numune merkezinde delik oluşturulmuş kompozit yapılarda ise dikiş, çekme dayanımında %5, basma dayanımında ise %30'a varan bir artış sağlamıştır. Drop teste

maruz kalmış olan kompozit yapıların dayanımlarında %50'ye varan artış ifade edilmiştir [104].

1.2.6. Dikişli Kompozit Yapıların Diğer Özellikleri

Basma Dayanımı

Dikişli kompozit yapıların basma dayanımları üzerine yapılan çalışmalardan bir kısmı, dikişin basma dayanımı üzerine önemli bir etkisi olmadığını belirtirken, bazı çalışmalarda ise dikişin basma dayanımlarında, %5 ile %55 arasında değişen önemli bir düşüşe neden olduğu ifade edilmiştir. Dikişin sebep olduğu 2.5°'lik bir açisal lif düzensizliğinin bile, dikişli kompozitlerin basma dayanımında %20'ye varan bir düşüşe neden olduğu kaydedilmiştir [60]. Farklı test boyutlarındaki numuneler, normal ve sıcak/nemli koşullarda test edilmiştir. Daha büyük çene mesafelerinde, farklı kompozit yapılarındaki dayanım değerleri arasında büyük farklılık görülmemiştir. Daha kısa numunelerde ise, lif düzensizliklerinden dolayı, dikişli numunelerde basma dayanımında %30 düşüş belirlenmiştir. Sıcak/nemli test koşulları ise dikişli yapıların dayanımlarını %30 oranında düşürmüştür [63]. Dikişli karbon dokuma kumaştan üretilen kompozit yapıların, basma yükü ve tekrarlı yüke karşı davranışları araştırılmıştır. Çalışmada, dikişin, basma dayanımını ve tekrarlı yüke karşı dayanımı arttırdığı belirlenmiştir [105].

Sürünme

Dikişin, özellikle yükleme yönünde olduğunda sürünme dayanımını arttırdığı ifade edilmiştir. Kompozit yapıda, sürünme davranışı, lif mimarisinden ziyade matris deformasyon davranışından etkilenmektedir. Ancak, yapılan çalışmalarda dikişin kompozit yapının sürünme dayanımını düşürmediği belirtilmiştir [60]. Dikişli dokuma kompozitlerin sürünme davranışlarına, sıcaklığın etkisi araştırılmıştır. E-cam ve karbon dokular, pamuk ve karbon dikiş ipliğiyle dikilmiştir. Sürünme testi, farklı sıcaklıklarda uygulanmıştır. Dikiş, katlararası gerilimi önemli ölçüde düşürmekte, bu da, kompozit yapıların sürünme dayanımını arttırmaktadır [106]. Karbon ve E-cam hibrit dokuma kumaşlar, pamuk ve karbon dikiş iplikleriyle dikilerek kompozit hale getirilmiştir. Dikiş yönü, yükleme yönünde olduğu takdirde, dikiş, kompozit yapıların sürünme performanslarını arttırmaktadır. Dikişin etkisi, büyük ölçüde anizotropdur, yani, dikiş

yönü yükleme yönüdeyse, sürünme gerinimini azaltmada etkilidir. Aksi takdirde, dikiş, herhangi bir etkiye sahip olmamakta veya olumsuz yönde tesir etmektedir. Karbon dikiş ipliği, pamuk dikiş ipliğine kıyasla, kompozit yapının sürünme deformasyonunu durdurmada daha etkilidir [107].

Yorulma

Dikişli kompozitlerin yorulma davranışları üzerine yapılan çalışmalarda, dikişin çekme esaslı tekrarlı yükleme koşullarında, yorulma dayanımını arttırdığı veya düşürdüğü ifade edilirken, basma esaslı tekrarlı yükleme koşullarında ise yorulma dayanımında önemli bir değişikliğin olmadığı ifade edilmiştir [60]. Dikişli grafit/epoksi kompozit yapıların statik ve döngüsel yüklemelere karşı davranışları belirlenmiştir. Tek yönlü reçine emdirilmiş karbon/epoksi yapılar, $[\pm 45/0/90]_s$ ve $[\pm 30/90]_s$ oryantasyonlarında düzenlenerek, Kevlar® dikiş ipliği (0.25 mm çapında) ile 0° 'de, modifiye kilit dikiş ilmeği tipi ile dikilmiştir. Dikişin, yorulma ömrü bakımından olumsuz etkileri ifade edilmiştir. Matris yoğunluklu yapıların yorulma ömrü, dikiş ile birlikte önemli ölçüde artış gösterirken, lif yoğunluklu yapıların yorulma direnci, özellikle yüksek yorulma gerilimlerinde düşmüştür. Yapılan çalışmada, dikişin yapıların katlararası ayrılma dayanımını arttırdığı ancak bunun, her bir farklı lif oryantasyonu için, iyileştirilmiş yorulma özelliklerini beraberinde getirmediği sonucuna varılmıştır [73]. Dikiş, sebep olduğu bölgesel hasarlardan dolayı, yapıların yorulma ömrünü azaltmaktadır [74]. Dikişin, E-cam kompozitlerin tekrarlı çekme yüküne karşı kullanım ömrünü azalttığı belirlenmiştir. Tekrarlı çekme yükünün kırılma mekanizması incelendiğinde, yük taşıyıcı liflerdeki krimp ve düzensizlikler, çatlakların daha önce oluşmasına ve böylece yapının yorulma dayanımının azalmasına neden olmaktadır [108].

Çevresel Koşulların Etkisi

Dikişli kompozit yapılarda, dikiş ara-yüzündeki ısıl gerilim incelenmiştir. Hem cam, hem de Kevlar® dikiş ipliği kullanılan dikişte, reçine yoğun bölgeler, dikiş etrafında aşırı deformasyonların oluşmasına neden olmakta ve bu da reçine yoğun bölgelerin olmadığı duruma kıyasla gerilim durumunu nispeten değiştirmektedir. Bu etkiler, büyük oranda, reçinenin yüksek ısıl genişleme katsayısından kaynaklanmaktadır. Reçine yoğun bölgelerin var olmasının en önemli etkilerinden biri, plakanın dış yüzeyindeki radyal gerilimi basmadan çekmeye doğru değiştirmesidir. Bu da doğrudan, plakanın en dış

yüzeyindeki reçine yoğun bölgelerde mikro-çatlakların oluşmasına yol açmaktadır [109].

Dikişli tekstil yapısal kompozitlerin çevresel etkilere karşı gösterdiği davranış incelenmiştir. Dikişsiz, S2- cam dikişli, Kevlar® dikişli seyrek doku kumaş [0,45,90,-45]_{4s}, 2D ve 3D saç örgü önşekiller, epoksi reçine kullanılarak kalıplanmıştır. Dikim işlemi, hem cam hem de Kevlar® dikişli yapılarda üretim esnasında mikro-çatlaklara neden olmaktadır. Dikişli yapılarda, bu mikro-çatlaklar, çevresel etkileşim uygulanmadan önce oluşurken, dikişsiz yapılarda çevresel etkileşim sonucunda ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık ve nem, dikişsiz ve Kevlar® dikişli seyrek doku yapıların statik basma dayanımlarını yaklaşık %10 düşürmüştür. Aynı koşullar altında, cam dikişli seyrek doku yapının dayanımında %3'lük bir düşüş belirlenmiştir. 80 gün boyunca sabit olarak 60°C sıcaklık ve %80 bağıl neme maruz bırakılan ve ardından 70°C suda ıslatılan dikişsiz, cam dikişli ve Kevlar® dikişli yapıların basma dayanımlarındaki düşüş sırasıyla, %17, %7 ve %19'dur. Ancak, çalışmada, saçörgü yapıların çevresel koşullardan çok az derecede etkilendiği belirlenmiştir [66].

1.3. Nano ve Mikro Dolgulu Kompozit Yapılar

Nano kompozitler, bileşenlerinden en az birinin nanometre boyutlarında olduğu, parçacık dolgulu polimerler olarak tanımlanabilir [110]. Son yıllarda, nano parçacıklar ve nano kompozitler, malzeme biliminin en çok ilgi gören araştırma alanı haline gelmiştir. Özellikle, 1991 yılında karbon nano-tüpün (CNT) bulunmasıyla birlikte, bu alandaki araştırma faaliyetleri de önemli ölçüde artış göstermiştir [111].

Nano dolgu maddeleri, polimerik kompozitlerin özelliklerinin iyileştirilmesinde oldukça önemli bir potansiyele sahiptir [112]. Dolgu maddeleri, genel olarak matris malzemenin elastik modül ve dayanım özelliklerini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Parçacık boyutu mikron boyutundan nano boyutuna doğru düştükçe, yeni malzeme özelliklerinin elde edilmesi kaçınılmazdır [113]. CNT, polimer malzemelerin özelliklerinin iyileştirilmesinde önemli bir maddedir. CNT, sunduğu sıra dışı teorik mekaniksel özelliklerin yanı sıra, elektriksel iletkenlik özelliği, nanometre mertebesindeki boyutu ve yüksek spesifik yüzey alanı özellikleriyle, kompozit malzemelere fonksiyonel bazı özellikler kazandırmada geniş bir uygulama alanına sahiptir. Nano silika parçacıkları

ise, küre geometrisinde olup, reolojik özelliklerin kontrol altında tutulmasının gerektiği birçok uygulama alanına sahiptir. Nano silika, polimerik kompozitlere tokluk özelliği kazandırmakta ve aşınma özelliklerini iyileştirmektedir [111]. Ağırlıkça %5 nano silika dolgulu naylon 6 kompozitlerin çekme dayanımları %15, elastik modülleri %23 ve darbe dayanımları %78 artmıştır [114].

Polimerik sistemlerde, organik ve inorganik dolgu maddelerinin kullanımı oldukça yaygın hale gelmiştir. Polimer kompozitler, hava araçları, otomobil aksamaları, spor aletleri gibi birçok farklı alanda ticari olarak kullanılmaktadır. Geçtiğimiz 20 yılda, polimerik nano kompozitlerin geliştirilmesine büyük önem verilmiştir. Bileşenlerinden en az birinin nanometre mertebesinde olduğu nano kompozitlerde, nihai ürün mikro veya makro boyuttadır. 1980'lerin başlarında, mikroskop teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, nano teknolojideki ilerlemeler de hız kazanmıştır. Bunun yanı sıra, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler de, nano maddelerin karakterizasyonunu ve özelliklerinin modelleme ve simülasyonlar vasıtasıyla tahminlenmesini kolaylaştırmıştır [115].

İnorganik Nano Dolgu Maddeleri

İnorganik dolgu maddelerinin, polimerik kompozitlerin mekanik ve tribolojik özelliklerini iyileştirdiği bilinmektedir. Dalgulu kompozitlerin rijitlik, tokluk ve aşınma dayanımları, dolgu maddesinin boyutu, biçimi, oranı ve polimerik madde içerisindeki düzgün dağılımına bağlıdır [116].

Polimer/inorganik nano dolgulu kompozitlerde birçok farklı nano parçacık kullanılmaktadır:

- Metal (Al, Fe, Au, Ag, vb.),
- Metal oksit (ZnO, Al₂O₃, CaCO₃, TiO₂ vb.)
- Non-metal oksit (SiO₂)
- Diğer (SiC)

Kullanılacak nano dolgu maddesinin seçimi, nano kompozitten istenen ısı, mekanik ve elektriksel özelliklere bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, alüminyum (Al) nano parçacıkları, genel olarak yüksek iletkenlik özelliklerinden dolayı tercih edilirken,

kalsiyum karbonat (CaCO_3) düşük maliyet özelliği ve silisyum karbür (SiC) ise dayanım, yüksek sertlik ve aşınma dayanımı özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir [115].

Polimer matris kompozitlerin dayanım ve diğer mekanik özellikleri, üretildikleri lif özellikleri ve lif oryantasyonuna bağlıdır. Polimer matris kompozitlerin üretimi esnasında, endüstriyel uygulama alanları da göz önünde bulundurulmalıdır. Üretim esnasındaki temel amaç; liflerin iyice ıslanmasını sağlamak ve liflerin, polimer matris içinde düzgün bir dağılım ve sıralanma içinde olduğundan emin olmaktır. Pratikte, maliyetin yanı sıra, parça şekli ve boyutu ve üretim hızı da büyük önem arz etmektedir [117]. Geleneksel lif takviyeli kompozitlerde olduğu gibi, nano kompozitlerde de karşılaşılan bazı kritik problemler mevcuttur. Başta CNT dolgulu kompozitler olmak üzere, tüm nano kompozitlerde, teorik ve deneysel olarak tam netlik kazanmayan noktalar vardır. Özellikle dolgu maddesi ile matris malzeme arasındaki ara-yüz bağ özelliklerinin, kompozit üretim parametreleri açısından irdelenmesi gerekmektedir [113]. Günümüzün ileri kompozit uygulamalarına benzer biçimde, yüksek oranlarda CNT takviyesine ulaşılması, karıştırma esnasında yüksek viskozite ve nano maddelerin aglomerasyonu gibi problemlerden dolayı pratikte henüz mümkün olmamaktadır. Yapılan deneysel çalışmalar, düşük oranda ancak düzgün dağılım ve sıralanma özelliklerine sahip nano kompozitlerin kırılma tokluğu değerlerinde artış kaydetmiştir. Yüksek takviye oranı, düzgün sıralanma ve yüksek ara-yüz dayanım özelliklerine sahip nano kompozitlerin üretilmesiyle birlikte, yüksek tokluk değerlerine sahip malzemeler elde etmek mümkün olacaktır [118].

Nano Dolgu Maddesinin Matris Malzeme İçinde Dağılımı

Nano parçacıkların ve CNT'lerin, matris malzeme içerisinde düzgün dağılımı, parçacıkların van der Waals kuvvetlerinden kaynaklanan aglomerasyon eğiliminden dolayı, nano kompozit üretiminin en önemli adımıdır. Organik/inorganik nano kompozitlerde, bu organik ve inorganik fazlar arasındaki etkileşim oldukça önemlidir. Fiziksel olarak veya basit anlamda mekanik bir karıştırma işlemi, hidrojen bağları ve van der Waals kuvvetlerinden dolayı zayıf faz etkileşimine neden olmaktadır. Nano parçacıkların aglomerasyon probleminin yanı sıra, kil ve grafit esaslı maddelerde de pullanma problemi vardır. Tek duvarlı karbon nano-tüpler (SWCNT) kümeleşme

eğilimindeyken, kimyasal buharlaşma yöntemi ile üretilen çok duvarlı karbon nanotüplerde (MWCNT) ise birbirine dolaşma eğilimi vardır. Nano maddelerin matris malzeme içinde düzgün dağılımı, düzgün bir sıralanmanın sağlanması için ön şarttır [113, 115].

Nano Dolgu Maddesinin Matris Malzeme İçinde Sıralanması

Nano maddelerin küçük boyutlarından dolayı, özellikle CNT'lerin polimerik matris malzeme içerisinde düzgün bir sıralanmaya sahip olmasını sağlamak, geleneksel kısa lif takviyeli kompozit yapılara kıyasla oldukça zordur. CNT'lerin matris malzeme içerisindeki oryantasyonlarının kontrol altında tutulamaması, CNT takviyesinin kompozit malzemenin yapısal ve fonksiyonel performanslarına yapacağı katkının azalmasına neden olmaktadır [113].

1.3.1. Nano-Karbon Dolgulu Polimerik Kompozitler

SWCNT'ler, 8'li çözgü satini karbon dokuma kumaşın katları arasına püskürtülerek, karbon/epoksi kompozitlerin, bozunma modu-I katlararası ayrılma davranışları incelenmiştir. Saf (P-SWCNT) ve fonksiyonel grup eklenmiş (F-SWCNT) karbon nanotüpler, karbon dokuma kumaşların orta katmanına püskürtülmüş ve ön- çatlak, teflon plaka kullanılarak başlatılmıştır. Yapılar, VARTM tekniği kullanılarak kompozit haline dönüştürülmüştür. Nihai kompozit yapıların ağırlıkça %0.01'lik kısmını CNT oluşturmuştur. CNT katkısının, kırılma tokluğuna etkisinin oldukça düşük olduğu belirtilmiştir. P-SWCNT katkılı numunenin çatlak ilerleme davranışının F-SWCNT katkılı numuneye göre daha stabil ve çatlakların durdurulmasında daha etkili olduğu, bozunma modu-I kırılma tokluğu sonuçları ile ortaya çıkmıştır. Kompozit yapıların SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) analizlerinde, F-SWCNT katkılı numunelerin lif-matris ara-yüzlerindeki bağlanmanın daha iyi olmasına rağmen, bu numunelerin yük-uzama eğrileri ve çatlak ilerleme görüntüleri incelendiğinde, büyük ve stabil olmayan çatlak ilerleme davranışı gözlemlenmiştir [119].

Karbon dokuma kumaş, amin fonksiyonel grubu eklenmiş SWCNT ve epoksi reçine ile kompozit hale getirilmiştir. CNT katkısı yapılırken, solvent püskürtme metodu kullanılmıştır. Solventin buharlaşmasının ardından, 12-kat karbon kumaşın ağırlıkça %0.2 ve %0.5'ini CNT oluşturmaktadır. Ardından, lif hacmi %55 olacak biçimde

kompozit yapılar üretilmiştir. Çekme dayanımları, yaklaşık %10 artış göstermiştir. Yapıların tekrarlı yük altındaki davranışları incelendiğinde, CNT içermeyen yapının daha gevreksi bir kırılma modu sergilediği, buna karşın her iki CNT oranındaki kompozit yapıların ise sünek bir kırılma davranışı gösterdiği, bunun da lif- matris arayüz özelliklerinin iyileştirilmesinden kaynaklandığı ifade edilmiştir [120].

Karbon dokuma kumaş/epoksi kompozit yapılar, ağırlıkça %2.5 CNT katkılı üretilmiştir. Nano katkılı kompozit yapıların diyagonal yöndeki çekme testi sonuçlarına göre, yaklaşık %10 daha yüksek rijitlik gösterdiği ifade edilmiştir. Görüntü analiz sonuçlarına göre, CNT katkılı kompozitlerin çatlak ilerlemesi, dolgusuz kompozitlere göre daha küçük sıçramalarla gerçekleşmiştir ve çatlak yoğunluğu daha azdır [121].

Ağırlıkça %3 MWCNT/vinil ester matris, cam keçe önşekillere uygulanarak kalıplanmıştır. CNT'nin, reçine içerisinde karıştırma koşulları irdelenmiştir. Sistemdeki CNT agregat boyutlarının 100 μm 'nin üzerinde olması durumunda, cam keçenin, ortalama agregat büyüklüğünü değiştirmede muhtemel bir kayma kuvveti olarak davrandığı, fakat aynı zamanda filtreleme etkisi gösterdiği ifade edilmiştir. CNT'nin, vinil ester reçine içerisinde düzgün dağılımının sağlandığı durumda, bu filtreleme etkisinin de ortadan kalktığı belirtilmiştir. Aynı zamanda, düzgün dağılım sağlandığında, cam lifleri arasındaki mikro boşlukların CNT ile doldurulduğu ifade edilmiştir [122].

Lif takviyeli polimer kompozitlerin düzlemsel özelliklerinin oldukça iyi olmasına karşın, zayıf katlararası ayrılma dayanımına sahiptir. Çalışmada, katlararası ayrılma özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla, %0.5, %1 ve %1.5 karbon nano-lif dolgulu polyester reçine, E-cam keçe önşekillere VARTM yöntemi ile uygulanarak kompozit haline getirilmiştir. Özellikle %1 karbon nano-lif dolgulu E-cam/polyester kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımının arttığı ve kırılma yüzeyleri incelendiğinde ise nano-lif dolgulu kompozitlerin kırılma yüzeylerinin, dolgusuz kompozitlere göre çok daha kompleks bir davranış sergilediği ifade edilmiştir [123].

Ağırlıkça %5 ve %10 oranında iki farklı boyuttaki CNT dolgulu epoksi reçine, karbon dokuma kumaşa uygulanarak kompozit haline getirilmiştir. Özellikle çekme modülünde ve eğilme dayanımında artış ifade edilirken, basma dayanımında önemli bir farklılığın

olmadığı belirtilmiştir. Mekanik özelliklerdeki performans artışının maksimum derecede sağlanabilmesi için, kompozit üretimi esnasında, CNT'nin reçine içerisinde homojen dağılımının sağlanması ve boşluk oluşumunun azaltılması gerektiği belirtilmiştir [124].

CNT dolgulu krimpiz E-cam/polyester kompozitlerin mod-I ve mod-II kırılma tokluğu davranışı incelenmiştir. Ağırlıkça %0.1 MWCNT dolgulu stiren ihtiva etmeyen polyester reçine, VARTM metodu ile krimpiz [-45/90/+45/0]_s E-cam yapılar ile kompozit haline getirilmiştir. CNT dolgulu kompozitlerin mod-I kırılma tokluğu değerlerinde önemli bir farklılık olmamıştır. Ancak, MWCNT dolgulu kompozitlerin mod-II kırılma tokluğu değerlerinde yaklaşık %8'lik bir artış ifade edilmiştir. Benzer biçimde, katlararası ayrılma dayanımı yaklaşık %11 artmıştır. Matris malzemenin tokluğundaki belirgin artışa rağmen, CNT dolgulu matrisin iyileştirilmiş özelliklerini, geleneksel lif takviyeli kompozit yapıya bütünüyle aktarmada, kompozit üretimi sırasındaki bazı güçlüklerden dolayı sıkıntılar yaşanmaktadır. Güçlü bir ara-yüz bağ mukavemeti ve CNT'nin homojen dağılımının sağlanması, beklenen özellikleri karşılamada kilit parametreler olarak kendini göstermektedir [125]. MWCNT/polivinilester-epoksi matris malzeme, E-cam keçe ile kompozit hale getirilmiştir. CNT'nin, kompozit yapıların balistik performansında önemli bir etkisi kaydedilmemiştir. Çalışmada, dolgulu polimerik/E-cam kompozitlerin düzlemsel ve düzlem-dışı özellikleri hakkında bilgi verilmiştir [126]. E-cam keçe/MWCNT/polivinilester/epoksi kompozit yapılar, aynı yapıda E-cam keçe yerine, E-cam katmanlı yapıların kullanıldığı kompozitlerle hibrit hale getirilerek, balistik koruma özellikleri irdelenmiştir. Hibrit yapının belli bir kalınlığında, kompozit keçe yapının konumu ve kalınlığının, yapının balistik özelliklerini etkilediği belirtilmiştir. En iyi balistik performans, kalın kompozit keçelerin, merminin çarptığı yüzeye yakın yerde konumlandırılmasıyla elde edilmiştir [127].

Dokuma E-cam kumaşların yüzeyi, SWCNT ile spre yöntemi kullanılarak kaplanmıştır. Daha sonra vinil ester reçine kullanılarak VARTM yöntemi ile kompozit plakalar üretilmiştir. Kompozit yapılarıdaki nihai SWCNT oranı ağırlıkça %0.015 olarak belirlenmiştir. CNT dolgulu kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımları artış göstermiştir. Bu da, eğilme dayanımı gibi düzlemdeki özelliklerin iyileştirilebileceği

anlamını taşımaktadır. CNT ilavesinin, matris tokluğunu arttırdığı ve ara-yüz özelliklerini iyileştirdiği ifade edilmiştir [128].

Çalışmada, çift duvarlı karbon nano-tüp (DWCNT), MWCNT, karbon nano küre ve nano silika maddeleri, ayrı ayrı epoksi reçine ile karıştırılmıştır. Nano silika, ağırlıkça %0.5, diğer maddeler ise ağırlıkça %0.3 oranında ilave edilmiştir. Nano dolgu maddelerinin oranlarının düşük tutulmasının nedeni, düzgün dağılımın sağlanamamasından kaynaklanan aglomerasyon sorununun önüne geçmek ve karıştırma işlemi esnasında reçinenin viskozitesindeki ani artış olarak izah edilmiştir. Reçine sistemleri, krimpiz cam kumaşa uygulanarak kalıplanmıştır. Nano dolgulu kompozit yapıların, katlararası ayrılma dayanımı artmıştır. Bu artış, DWCNT kullanılan ve cam lifi oranı düşük olan kompozit yapıda daha belirgindir. Lif takviyeli kompozitlerde, ara-yüz esaslı kırılma mekanizması, dolgulu epoksi matrisin, sistemdeki matris esaslı özellikleri iyileştirme potansiyelini sınırlamaktadır. Zayıf lif/matris ara-yüz özellikleri, görüntü analizi sonuçlarıyla da irdelenmiştir. Dolgulu kompozit yapıların kırılma tokluğu değerlerinde, matris malzemenin tokluğunun arttırılmış olmasına rağmen kayda değer bir iyileşme olmadığı ifade edilmiştir [111]. CNT ve nano alümina parçacık takviyeli epoksi, karbon/epoksi kompozit ve alüminyum plaka katmanlarında yapıştırıcı olarak kullanılmıştır. Nano parçacık takviyesinin, ara-yüz dayanım özelliklerini belirlemede önemli bir etken olduğu ifade edilmiştir. Nano takviyesi oranının belli bir seviyeden sonra artışı, ara-yüz dayanım özelliklerini düşürmüştür [129].

Karbon nano-lif/E-cam/polyester kompozit yapılar, üretim metodunun çekme ve eğilme dayanımlarına etkisini incelemek amacıyla, hem el yatırma hem de VARTM yöntemi kullanılarak üretilmiştir. E-cam dokuma kumaş ve E-cam keçe ayrı tipte kompozit numuneleri hazırlamak üzere 3-4 kat kullanılmıştır. Polyester reçinedeki ağırlıkça karbon nano-lif oranları; %0, %0.5, %1, %1.5 ve %2'dir. Özellikler %0.5 ve %1 karbon nano-lif katkısının, kompozit yapıların çekme ve eğilme dayanımlarını, el yatırma tekniğinde yaklaşık %10, VARTM tekniğinde ise %15 civarında artış sağladığı belirlenmiştir. Üretilen yapıların yalnızca %0.5 karbon nano-lif katkısıyla elektriksel iletkenlik gösterdiği belirlenmiştir [130].

Polyester reçine/CNT kompozit yapılar, ağırlıkça %0.1, %0.3 ve %0.5 oranında DWCNT ve MWCNT kullanılarak kalıplanmıştır. Endüstride yaygın kullanıma sahip

stiren ihtiva eden doymamış polyesterin yanı sıra, stiren ihtiva etmeyen termoset polyester/nano kompozit yapılar üretilmiştir. Çalışmada, nano-kompozit üretiminde, polyester reçine sistemlerindeki stirenin buharlaşmasının en kritik konu olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, amin fonksiyonel grubu eklenmiş olan CNT'lerin, saf CNT'lere kıyasla daha yüksek çekme dayanımı gösterdiği ifade edilmiştir [131].

Ağırlıkça %0.1 ve %0.2 SWCNT dolgulu epoksi kompozitler üretilmiştir. %0.1 SWCNT dolgulu kompozit yapıların, darbe sonrası bozulan alan boyutunda %5 düşüş ve darbe sonrası basma dayanımında %3.5, mod-I kırılma tokluğunda %13, mod-II kırılma tokluğunda ise %28'lik bir artış ifade edilmiştir. CNT ilavesi, mod-I kırılma tokluğunu çatlakları durdurma etkisi sayesinde arttırmıştır [132]. Ağırlıkça %0.1 ve %1 MWCNT içeren epoksi kompozitlerin kırılma tokluğu davranışları irdelenmiştir. Dolgulu nano-kompozitlerin kırılma tokluğu değerlerinin, dolgusuz kompozitlerden daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Nano- tüpler, kırılma tokluğunu arttırmada çatlak boyunca takviye işlevi görmüştür. Görüntü analizleri, kompozit kırılma yüzeyinin pürüzlülüğünün mikron mertebesinde değiştiğini ve nano-tüp çekilmelerinin (pull-out) olduğunu göstermiştir [133]. SWCNT, DWCNT, MWCNT ve karbon nano küre dolgulu epoksi kompozitlerin mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. Düşük oranlarda SWCNT ve DWCNT dolgulu epoksi kompozitlerin çekme dayanımları artarken, MWCNT dolgulu kompozitlerin çekme dayanımları düşmüştür. Karbon nano küre dolgulu kompozitlerin çekme dayanımlarında önemli bir artış gözlenmemiştir. Yüksek spesifik mekanik özellikleri ve yüzey alanlarından dolayı SWCNT dolgulu kompozitlerin çekme dayanımları daha yüksektir. Tüm dolgu maddelerinde, düzgün dağılım ve ara-yüz özellikleri sağlandığında matris rijitliğinin artmasından dolayı çekme modülünde artış ifade edilmiştir [112]. CNT/epoksi kompozitlerin, düşük CNT ilavesinde, kırılma tokluğunu arttırdığı ifade edilmiştir. Kırılma yüzeyleri incelendiğinde, CNT dolgulu kompozitlerde, CNT çekilmesinin yanı sıra yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Aglomere olmuş CNT'lerin, çatlak yüzeyi ile daha fazla etkileşim halinde olduğu ve bunun da toplamda kırılma tokluğunu arttırdığı belirtilmiştir [134].

Politetrefloroetilen (PTFE), %15 kesikli cam lifi takviyeli/PTFE, %15 grafit tozu takviyeli/PTFE ve %25 kesikli cam lifi takviyeli/PTFE kompozit yapılar üretilmiştir. Dolgu maddelerinin, kompozit yapıların yorulma dayanımlarını düşürdüğü ifade edilmiştir. Ayrıca, dolgu maddesi oranındaki artış da, yorulma dayanımında düşüşe

sebepe olmuştur. Parçacık dolgulu kompozit yapılarıdaki yorulma dayanımındaki bu düşüş, aynı orandaki lif takviyeli kompozit yapıları göre daha fazladır. Daha fazla oranda hasar gösteren yapıların, yorulma dayanımları daha yüksek çıkmıştır [135].

1.3.2. Diğer Dolgulu Polimerik Kompozitler

E-cam dokuma/nano silikat kompozit yapıların eğilme ve basma dayanımlarının, matris malzemenin modül değerinin artmasıyla birlikte iyileştiği belirtilmiştir. Artan sıcaklıkla birlikte, nano silikat içermeyen matris modülünün özellikle camsı geçiş sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklarda düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Buna karşın, nano silikat içeren matris kullanılarak üretilen E-cam dokuma kompozitlerin eğilme ve basma dayanımlarında, yüksek sıcaklıklarda dahi %40'a varan artış gözlemlenmiştir. Bu da, nano silikat içeren E-cam dokuma kompozitlerin, 40-50°C'lik sıcaklıklarda, performanslarını kaybetmeksizin kullanılma olanağı tanımakla birlikte, yanmazlık gerektiren alanlarda kullanımını cazip hale getirmiştir [136].

Dokuma E-cam ve karbon lif takviyeli ve nano silikat katkılı PA6 matris kompozit yapıların mekanik ve termal özellikleri irdelenmiştir. Nano kompozitler, artan matris modülüne bağlı olarak daha yüksek eğilme ve basma dayanımı özelliği göstermiştir. Dolgusuz kompozitler, artan sıcaklıkla birlikte, matris malzemenin modülündeki düşüşten dolayı, eğilme dayanımında düşüş göstermiştir. Nano kompozitler, camsı geçiş sıcaklığının üstündeki sıcaklıklarda ve nemli ortam koşullarında dahi daha yüksek modül değerlerine sahiptir. Nano dolgu maddelerinin, termoplastik kompozitlerin performans özelliklerini, düşük üretim maliyeti ile artan ortam sıcaklığında iyileştirdiği ifade edilmiştir [137].

Silika parçacıklarıyla yüzey modifikasyonu yapılan cam lifleri, epoksi ile kompozit haline getirilmiştir. Bir kısım numunede ise kürleşme esnasında, cam liflerine ön gerilim uygulanmıştır. Silika parçacıklarıyla yüzeyi kaplanan ancak kürleşme esnasında ön gerilim uygulanmayan cam lifi takviyeli epoksi kompozitlerin darbe dayanımlarını iyileştirmediği ifade edilmiştir. Bunun nedeni, cam lifleri arasındaki gevşek kısımlarda, silika parçacıklarının kümeleşerek birikmesi ve böylece lif/matris etkileşimini düşürmesi ile açıklanmıştır. Yüzey modifikasyonu ve ön gerilim işlemlerinin birlikte uygulandığı kompozit yapıların darbe dayanımları artmıştır [138].

Krimpsiz cam kumaş, ağırlıkça %40 nano silika ve mikro kauçuk içeren epoksi reçine ile kompozit hale getirilmiştir. Hibrit kompozitlerin, eğilme modülü ve camsı geçiş sıcaklığında önemli bir düşüşe neden olmadığı ifade edilmiştir. Ancak, nano silika ve mikro kauçuk dolgulu cam kompozitlerin, hem mod-I, hem de mod-II kırılma tokluğunda önemli bir artış olmuştur [139].

Nano silisyum karbür (SiC) dolgulu vinil ester kompozitlerin özellikleri irdelenmiştir. Ağırlıkça %4'lük SiC oranında dahi, reçine viskozitesinin, mikro parçacık süspansiyonlarına kıyasla arttığı ifade edilmiştir. Bu bağlamda, polimer moleküllerinin hareket kabiliyeti kısıtlanmakta, bu da küreleşme süresinin artmasına yol açmaktadır. 3-nokta eğilme dayanımı testine göre, dayanım değerlerinde bir iyileşme olmamış ancak, modül değerleri artmıştır [140]. SiC ve grafit dolgulu epoksi/cam kompozitlerin aşınma ve sürtünme davranışları karakterize edilmiştir. Aşınma sayısı arttıkça, ağırlık kaybının arttığı, grafit dolgulu epoksi/cam kompozitlerin sürtünme katsayılarının daha düşük olduğu ve maksimum aşınma direncini SiC dolgulu kompozitlerin gösterdiği ifade edilmiştir. Dolgusuz ve grafit dolgulu kompozitlerin görüntü analizlerinde, matriste aşınma, takviye liflerinde kırılma, matris döküntüsü oluşumu ve ara-yüz ayrılma davranışı belirlenmiştir [141].

E-cam dokuma kumaş, ağırlıkça %10 ve %20 oranında, boyutları 80-100 µm arasında değişen uçucu kül (flyash), alüminyum oksit (Al_2O_3) ve SiC içeren polyester reçine kullanılarak, el yatırma yöntemi ile kompozit hale getirilmiştir. Sertlik değerleri, SiC ilavesi ile artmıştır. Dolgu maddesi ilavesi ile çekme dayanımı düşmüştür ve bu düşüş, ilave edilen dolgu maddesi miktarı ile doğru orantılıdır. Bunun bir nedeni, kompozit ara-yüzünde polyester reçine ve dolgu maddesi arasındaki olası kimyasal reaksiyonun çekme yükünün transferini zayıflatması, bir diğer nedeni ise, düzgün olmayan şekillerdeki dolgu parçacıklarındaki sivri-köşe noktalarının polyester reçinede gerilme yığılması etkisi göstermesi olabilir. Eğilme dayanımlarında ise, düşük oranlardaki uçucu kül ve alüminyum oksit kullanımının eğilme dayanımı arttırdığı, ancak SiC'ün ise hem düşük hem de yüksek oranda kullanımının eğilme dayanımını düşürdüğü belirlenmiştir. Dolgu maddesi ilavesinin, katlararası ayrılma dayanımını arttırdığı, bu artışın en çok SiC ilavesi ile olduğu ve dolgu maddesi oranının artmasıyla birlikte, katlararası ayrılma dayanımının düştüğü sonucuna varılmıştır [142]. E-cam, Kevlar[®] ve karbon lifler, ağırlıkça %0.2, %0.4, %0.6, %0.8 ve %1 oranında mikro alüminyum oksit ve SiC

içeren polyester reçine kullanılarak kalıplanmıştır. Kompozit yapıların, eğilme dayanımı, sertlik ve darbe özellikleri, kullanılan dolgu maddesi türü ve oranından etkilenmektedir. Darbe dayanımı ve sertlik değerleri, her iki dolgu maddesi oranının artmasıyla birlikte artış gösterirken, eğilme dayanımında ise bu durumun tam tersi bir yönelim ortaya çıkmıştır. SiC ilavesinin, alüminyum okside göre daha iyi sonuçlar verdiği ve her iki dolgu maddesinin de elektriksel özellikleri iyileştirdiği belirlenmiştir [143].

Ağırlıkça %10 ve %20 mikro alümina takviyeli polyester reçine, E-cam lifleri ile kompozit haline getirilmiştir. Alümina dolgulu E-cam/polyester kompozitlerin çekme dayanımları ve çekme modülleri düşmüştür. Çekme dayanımlarındaki düşüş, alümina parçacıklarının, yarı-kristalin termoplastik polyester reçinenin kristalin yapısını etkilemesinden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Bu durum, eğilme dayanımlarını etkilemiş ve %20 dolgu oranında eğilme dayanımı düşmüştür. Alümina dolgulu kompozit yapıların sertlik ve yoğunluk değerleri, dolgu maddesi miktarıyla birlikte düşmüş ancak aşınma dayanımları artmıştır [144].

Kesikli E-cam lifi/kalsiyum karbonat (CaCO_3)/doymamış polyester kompozit yapıların çekme dayanımı ve aşınma özellikleri incelenmiştir. 1, 2, 3, 5 ve 10 mikron parçacık boyutundaki CaCO_3 , ağırlıkça %40, %50 ve %60 oranında ilave edilmiştir. Kompozit yapıların çekme dayanımı, CaCO_3 oranı arttıkça artış göstermiştir. Bunun yanı sıra sertlik değerleri artmış ve kopma uzaması değerleri düşmüştür. Parçacık boyutu arttıkça, çekme dayanımı değerlerinin düştüğü ifade edilmiştir. %50 oranındaki 1 mikron parçacık boyutlu kompozit yapılar en iyi çekme dayanımı, kopma uzaması, sertlik ve aşınma dayanımı değerlerini vermiştir. Aşınma sonrası görüntü analizleri, kompozit yapıların gevrek bozunma davranışı sergilediğini göstermiştir [145].

Çalışmada, nano titanyum dioksit (TiO_2) ve mikro kalsiyum silikat (CaSiO_3) dolgu maddeleri, epoksi reçine ile karıştırılarak kompozit yapılar elde edilmiştir. %4 nano TiO_2 dolgulu epoksi kompozitler, oldukça yüksek rijitlik, darbe dayanımı ve aşınma dayanımı sonuçları verdiği için, bu nano-kompozitler, mikro CaSiO_3 parçacıkları için matris olarak kullanılmış ve bu sayede mikro ve nano parçacıkların etkileşimleri de incelenmiştir. Mikro ve nano parçacıkların birlikte kullanılarak üretilen kompozit yapıların rijitlik ve aşınma dayanımlarının arttığı, ancak darbe dayanımlarının düştüğü

ifade edilmiştir. Mikro veya nano parçacık dolgulu kompozitlerde, parçacıkların geometrik özellikleri, düzgün dağılımlarının sağlanması, kırılma mekanizmaları ve aşınma mekanizmaları performans özelliklerini etkilemektedir [116].

Nano kil ve mikro CaCO_3 dolgulu polipropilen (PP), ince katmanlar haline getirilerek, dokuma cam kumaş ile ısıl işlem vasıtasıyla kompozit haline getirilmiştir. Nano ve mikro dolgu maddelerinin bir arada kullanıldığı dolgulu kompozitlerin eğilme dayanımı ve eğilme modülünün, artan matris modülünden dolayı arttığı belirtilmiştir. Mikro CaCO_3 'ün yüksek oranlarda (ağırlıkça %40 ve %50) kullanılarak üretildiği dolgulu kompozitlerde, dolgulu polimer maddenin kumaş katmanları arasındaki liflere yeterince emdirilememesinden dolayı boşluk oluşumu meydana gelmiştir [146].

Granit tozu dolgulu epoksi/polyester kompozit yapıların çekme dayanımları ağırlıkça %50 granit tozu dolgu oranına kadar artış göstermekte, daha yüksek dolgu maddesi oranlarında ise düşmektedir. Bu durumun, dolgu maddesinin matris malzeme içerisinde yeterince ıslanmaması ve düzensiz dağılımından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Çekme modülü değerlerinde de benzer bir eğilim belirlenmiştir. Rijit mineral dolgu maddesi takviyesiyle, plastik kompozitlerin darbe dayanımlarının iyileştirilmesi mümkündür. Kompozit malzeme darbe yüküne maruz kaldığında, ani bir çatlak ilerlemesi başlamaktadır. Çatlak ilerlemesi, dolgulu kompozitlerde, dolgu maddesiyle karşı karşıya geldiğinde, eğer dolgu maddesi/matris bağ kuvveti yeterince güçlüyse, dolgu maddesinin darbe enerjisini absorplaması ve çatlak ilerlemesini durdurması mümkün olmaktadır. Başka bir ifadeyle, dolgu maddesi/matris ara-yüz özellikleri yeterince iyi değilse, polimer maddenin tek başına çatlak ilerlemesini engellemesi mümkün olmamakta, bu da düşük darbe dayanımı ile sonuçlanan katastrofik çatlak ilerlemesine neden olmaktadır. Dolgu maddesi oranı arttıkça, darbe dayanım özelliklerinin düştüğü ifade edilmiştir. Çünkü dolgu maddesi oranının artması, aglomerasyon eğilimini arttırmakta, bu da zayıf ara-yüz özelliklerine sebep olmaktadır. Bu aglomeratlar, çatlak oluşum bölgelerinde gerilme yığılması olarak kendini göstermektedir [147]. S2- cam dokuma kumaş (200 g/m^2), 16 katlı olarak, reçinenin ağırlıkça %1, %2, %5 ve %10' u kadar nano-kil içeren epoksi reçine kullanılarak, VARTM yöntemi ile kompozit haline getirilmiştir. Üretilen kompozit yapıların, düşük hızdaki darbe davranışları incelenmiştir. 20 J enerji seviyesinde, delaminasyon sonucu enerji absorpsiyonu yaklaşık %48 oranında artış göstermiş, ancak 60 J gibi daha yüksek enerji seviyelerinde

bu artış %15 civarında kalmıştır. 80 J'lük enerji seviyesinde ise, numuneler oldukça deforme olmuş ve enerji absorpsiyon seviyesindeki artış %4'lerde kalmıştır. Kırılma mekanizmasının, nano-kil katkısından etkilendiği, katlararası bozunmanın, nano-kil oranının artmasıyla birlikte yerini kat-içi bozunmaya bıraktığı sonucuna varılmıştır [148].

Ağırlıkça %1, %2, %3 ve %5 nano-kil içeren vinil ester reçine, 4 kat E-cam keçeeye, el-yatırma yöntemi ile uygulanarak kompozit yapılar elde edilmiştir. %1, %2 ve %3 nano-kil dolgulu kompozit yapıların çekme dayanımlarında, dolgunsuz kompozit yapılara göre artış ifade edilirken, %5 nano-kil dolgulu kompozit yapıların çekme dayanımları düşmüştür. Benzer eğilim, çekme modülü sonuçlarında da görülmüştür. Yüksek nano-kil oranının kullanıldığı kompozit yapıların çekme dayanım ve modül değerlerindeki düşüşün, vinil ester reçine içerisindeki nano-kil dolgu maddesinde oluşan aglomerasyondan kaynaklandığı ifade edilmiştir. Darbe özelliklerinde de, %3 nano-kil dolgu oranına kadar artış ifade edilirken, yüksek dolgu maddesi oranında darbe dayanımı düşmüştür. Benzer yönelim, eğilme dayanımı ve katlararası ayrılma dayanımı özelliklerinde de görülmüştür. Nano-kil ilavesinin, kompozit yapının kırılma yüzeyini daha pürüzlü hale getirdiği, bunun da çatlak ilerlemesinin daha engebeli bir yol izlemesine sebep olduğundan dolayı zorlaştırdığı ve kırılma dayanımını arttırdığı belirtilmiştir. Çekme testi sonrası kırılan yüzeyler incelendiğinde, dolgunsuz kompozitlerde, lif/matris ara-yüzünde çatlaklar gözlemlenmiştir, bu da düşük dayanıma sebep olmaktadır. %1, %2 ve %3 nano-kil dolgulu kompozitlerde ara-yüz çatlakları gözlemlenmemiştir, bu da yüksek lif/matris ara-yüz bağı olduğunu göstermektedir. Ancak, nano-kil oranı %5'e çıktığında, aglomerasyondan kaynaklanan zayıf matris özelliklerinden dolayı ara-yüz çatlakları ortaya çıkmıştır [110].

Epoksi/katmanlı nano organo-silikat (kil)/cam keçe kompozit yapılar geliştirilmiştir. Nano-kompozit matristeki nano katmanların, cam lifi yüzeyine iyi bir tutunma gerçekleştirdiği ve bu sayede lif/matris ara-yüz özelliklerini iyileştirdiği ifade edilmiştir. Nano katman ilavesinin, kompozit yapıların eğilme modülünü %6, eğilme dayanımını ise %27 arttırdığı ifade edilmiştir. Isıl özellikler incelendiğinde, nano katman ilavesi camsı geçiş sıcaklığını düşürmüştür [149].

Krimpsiz E-cam lif takviyeli kil/epoksi kompozit yapıların mekanik ve ısıl özellikleri incelenmiştir. Kil dolgulu kompozitlerin çekme dayanımı özelliklerinde önemli bir farklılık olmadığı ifade edilirken, eğilme dayanımlarında, kil ilavesinden dolayı artan lif/matris ara-yüz özellikleri nedeniyle artış gözlenmiştir. Kil ilavesinin, epoksi matrisin camsı geçiş sıcaklığını etkilediği ve kompozit yapıların ısıl dayanımlarının arttığı belirtilmiştir [150].

Nano kompozitlerde, ara-yüz özellikleri, parçacık boyutu, parçacıkların geometrik şekli ve parçacık oranının mekanik özelliklere etkisi nümerik yöntemlerle incelenmiştir. Buna göre, nano parçacıkların kümeleşme eğilimi arttıkça, elastik modül değerleri düşmüştür. Nano parçacıkların geometrik şekillerinin, nano kompozitlerin mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilediği ifade edilmiştir. En iyi sonuçlar, silindirik parça geometrisine sahip nano maddelerden elde edilmiş, bunu eliptik, disk ve küre geometrisine sahip nano parçacıklar izlemiştir [151].

Nano parçacıklar ve genel olarak CNT'ler, polimer malzemelerin özelliklerinin iyileştirilmesinde tercih edilen maddelerdir. Ancak, nano dolgu maddelerinin, polimer malzeme içinde düzenli dağılımının sağlanmasında bazı kısıtlamalar mevcuttur. Mikro parçacık takviyesi, matris malzemenin gevrekli davranış sergilemesine sebep olmaktadır. CNT/polimer kompozitlerin kırılma tokluğu ve rijitlik değerlerinde, düşük CNT oranlarında, artış ifade edilmiştir. [152].

2. BÖLÜM

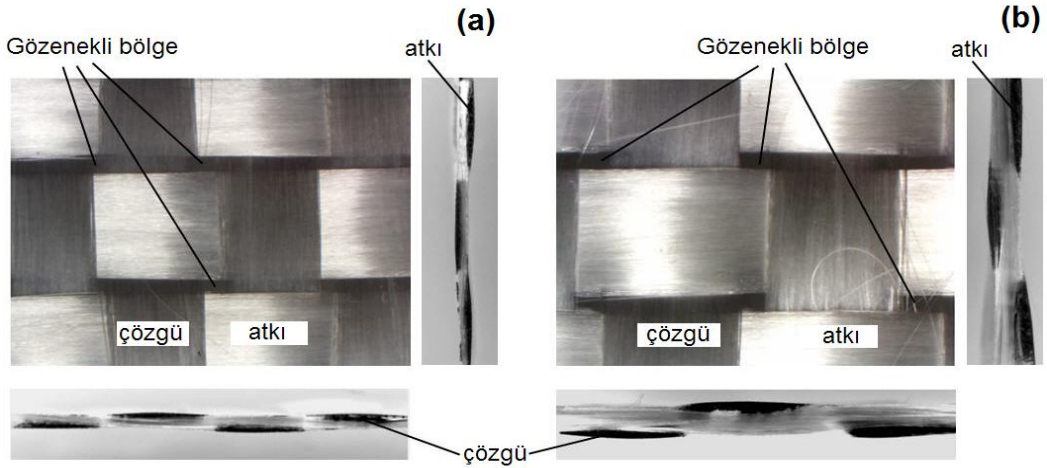
GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Önşekillerin Geliştirilmesinde Kullanılan Kumaş

Çalışma kapsamında, 2400 tex ve 600 tex olmak üzere, lineer yoğunlukları birbirinden farklı E-cam dokuma kumaş (Cam Elyaf A.Ş., Türkiye) kullanılmıştır. Tablo 2.1’de, E-cam lifinin özellikleri verilmiştir. Tablo 2.2’de, 2400 tex ve 600 tex E-cam dokuma kumaş ve bu kumaşlardan sökülen ipliklere ait bazı özellikler verilmiştir. Şekil 2.1’de, E-cam dokuma kumaşların yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

Tablo 2.1. E-cam lifinin özellikleri [153].

Lif	Lif Çapı (µm)	Yoğunluk (g/cm ³)	Çekme Dayanımı (GPa)	Çekme Modülü (GPa)	Kopma Uzaması (%)	Erime Sıcaklığı (C°)
E-cam	13.66 (600 tex) 17.10 (2400 tex)	2.57	3.5	76	4.8	841



Şekil 2.1. E-cam kumaşların yüzey ve kesit görüntüleri, (a); 600 tex, (b); 2400 tex ($\times 6.7$).

Tablo 2.2. E-cam kumaş ve iplik özellikleri.

Kumaş türü	Kumaş örgüsü	İplik lineer yoğunluğu (tex)		Sıklık (tel/10 cm)		Gramaj (g/m ²)	Krimp oranı (%)		Kalınlık (mm)
		Çözüğü	Atkı	Çözüğü	Atkı		Çözüğü	Atkı	
E-cam-600 tex	Bezayağı	600	600	24	25	300	2.08	0.92	0.37
E-cam-2400 tex	Bezayağı	2400	2400	16	18	800	1.24	1.20	1.01
Kumaş türü	İplik eni x kalınlığı (mm)		Kesişme bölgesindeki iplik yüzey alanı (mm ²)		Toplam iplik yüzey alanı (mm ²)		Bir gözenegin alanı (mm ²)		
E-cam-600 tex	5.38 × 0.102		5.38 × 5.38 (28.94)		25 × 28.94 (723.5)		0.38		
E-cam-2400 tex	6.77 × 0.404		6.77 × 6.77 (45.83)		18 × 45.83 (824.94)		0.90		

2.2. Geliştirilen Önşekiller

2400 tex E-cam kumaş kullanılarak geliştirilen önşekiller; dikişsiz, makine dikişli ve el dikişli olmak üzere üç ana grupta, 600 tex E-cam kumaş kullanılarak geliştirilen önşekiller ise; dikişsiz ve el dikişli olmak üzere iki ana grupta geliştirilmiştir.

Geliştirilen tüm önşekillerin boyutu; 35 × 35 cm'dir.

2.2.1. Dikişsiz Önşekiller

2400 tex E-cam kumaş kullanılarak geliştirilen dikişsiz önşekiller;

- 4 kat (0°/90°) dikişsiz,
- 4 kat [1: 0/90°, 2: ±45°, 3: ±45°, 4: 0/90°] dikişsiz/oryantasyonlu,
- 4 kat [1: ±45°, 2: 0/90°, 3: 0/90°, 4: ±45°] dikişsiz/oryantasyonlu.

2400 tex E-cam kumaş kullanılarak geliştirilen dikişsiz önşekiller, dolgusuz ve nano/mikro dolgulu kompozit yapıların üretiminde kullanılmıştır.

600 tex E-cam kumaş kullanılarak geliştirilen dikişsiz önşekiller;

- 8 kat (0°/90°) dikişsiz.

600 tex E-cam kumaş kullanılarak geliştirilen dikişsiz önşekillere, kumaş ve önşekil testleri uygulanmış, ancak tez kapsamında kompozit yapı formuna dönüştürülmemiştir.

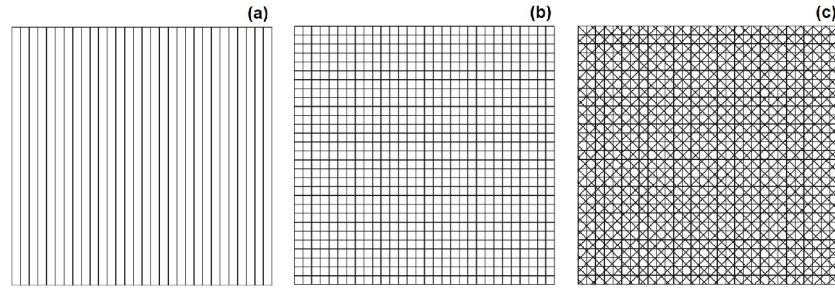
2.2.2. Dikişli Önşekiller

2.2.2.1. Makine Dikişli Önşekiller

2400 tex E-cam kumaş kullanılarak geliştirilen makine dikişli önşekillerde, 4 kat ($0^\circ/90^\circ$) E-cam kumaş kullanılmıştır. Dikiş yönleri:

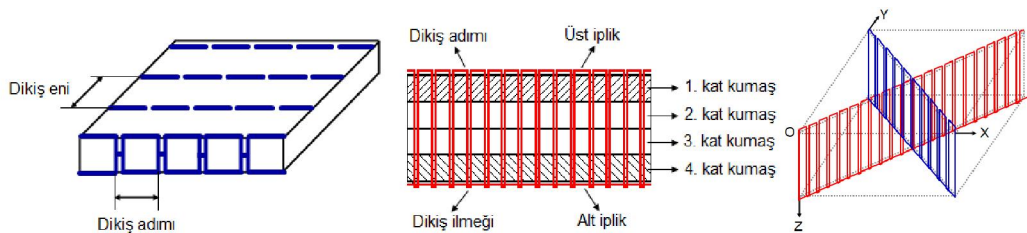
- Tek yön dikişli (çözgü (0°) yönünde dikişli),
- İki yön dikişli (çözgü (0°) ve atkı (90°) yönünde dikişli),
- Dört yön dikişli (çözgü (0°), atkı (90°) ve $\pm 45^\circ$ yönünde dikişli).

Şekil 2.2’de, tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişinin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.2. Makine dikişli önşekillerin şematik gösterimi,
(a); tek yön, (b); iki yön, (c); dört yön.

Makine dikişli yapılarda, kilit (düz) dikiş ilmeği tipi (301 sınıf dikiş ilmeği) kullanılmıştır ve dikiş adımı 2 adım/cm (gevşek) ve 6 adım/cm (sıkı)’dır. Dikiş eni 1 cm’dir. Dikiş iplikleri, Nylon 6.6 (alt ve üst iplik) ve, Nylon 6.6 (alt iplik), Kevlar[®]129 (üst iplik) olarak iki türdedir. Önşekillerin dikim işlemi, Brother Industries Ltd. DB2-B736-3TR (A.B.D) dikiş makinesi kullanılarak yapılmıştır. Makine dikişinde, 120/19 (SUK) dikiş iğnesi (Orange İğne, Türkiye) kullanılmıştır. Şekil 2.3’te, makine dikişinin kesitteki ve $\pm 45^\circ$ ’deki şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 2.3. Makine dikişinin kesitteki ve $\pm 45^\circ$ ’deki şematik görünümü.

Tablo 2.3'te, makine dikişli öñşekillerde kullanılan dikiş ipliklerinin özellikleri verilmiştir. Makine dikişli ve el dikişli öñşekiller, dikim işleminin düzgün bir biçimde gerçekleştirilmesi amacıyla öncelikle çizilmiştir.

Tablo 2.3. Makine dikişli öñşekillerde kullanılan dikiş ipliklerinin özellikleri.

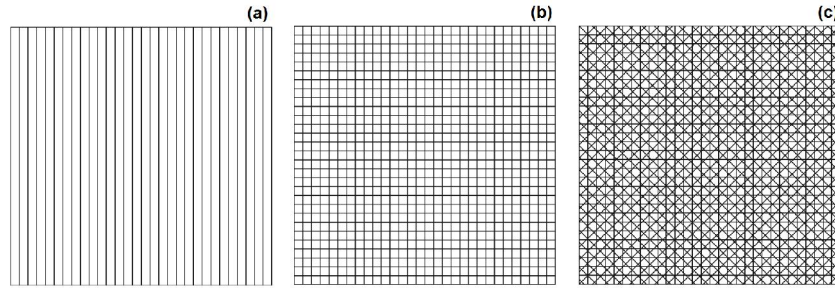
Lif türü	Lif çapı (μm)	Lif yoğunluğu (g/cm^3)	Çekme dayanımı (GPa)	Çekme modülü (GPa)	Kopma uzaması (%)	İplik lineer yoğunluğu (tex)
Kevlar [®] 129	12	1.45	3.4	99	3.3	110
Nylon 6.6	14	1.14	0.6	2.46	41	44

2.2.2.2. El Dikişli Öñşekiller

2400 tex E-cam kumaş kullanılarak geliştirilen el dikişli öñşekillerde, 4 kat ($0^\circ/90^\circ$) E-cam kumaş, 600 tex E-cam kumaş kullanılarak geliştirilen el dikişli öñşekillerde 8 kat ($0^\circ/90^\circ$) E-cam kumaş kullanılmıştır. Dikiş yönleri:

- Tek yön dikişli (çözgü (0°) yönünde dikişli)
- İki yön dikişli (çözgü (0°) ve atkı (90°) yönünde dikişli)
- Dört yön dikişli (çözgü (0°), atkı (90°) ve $\pm 45^\circ$ yönünde dikişli)

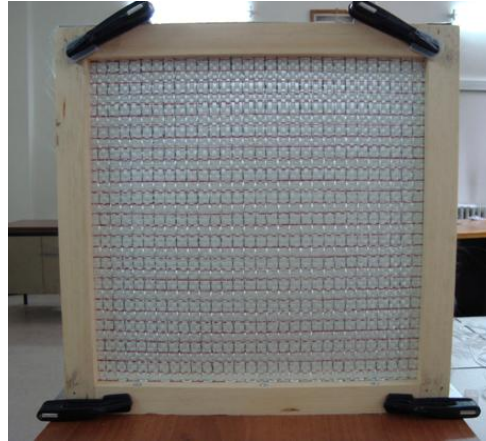
Şekil 2.4'te, tek yön, iki yön ve dört yön el dikişinin şematik gösterimi verilmiştir.



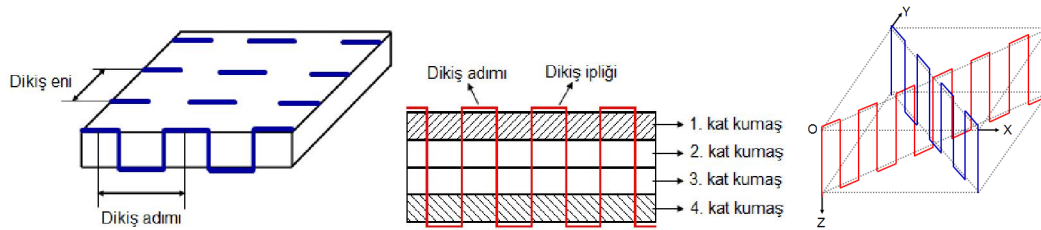
Şekil 2.4. El dikişli öñşekillerin şematik gösterimi, (a); tek yön, (b); iki yön, (c); dört yön.

El dikişli yapılarda dikiş adımı 1 adım/cm'dir. Dikiş eni 1 cm'dir. Dikiş ipliği olarak Kevlar[®] 129, E-cam ve Karbon kullanılmıştır. El dikişli öñşekillerin dikim işlemi, katlı E-cam kumaşların Şekil 2.5'te gösterilen aparata düzgün bir biçimde yerleştirilmesiyle, dikiş iğnesi vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. El dikişinde 14 numara dikiş iğnesi (iğne çapı: 1.0 mm, iğne boyu: 90 mm) kullanılmıştır. Şekil 2.6'da, el dikişinin kesitteki ve

$\pm 45^\circ$ 'deki şematik görünümü verilmiştir. Tablo 2.4'te, el dikişli önşekillerde kullanılan dikiş ipliklerinin özellikleri verilmiştir.



Şekil 2.5. El dikişinde kullanılan aparat.



Şekil 2.6. El dikişinin kesitteki ve $\pm 45^\circ$ 'deki şematik görünümü.

Tablo 2.4. El dikişli önşekillerde kullanılan dikiş ipliklerinin özellikleri.

Lif türü	Lif çapı (µm)	Lif yoğunluğu (g/cm ³)	Çekme dayanımı (GPa)	Çekme modülü (GPa)	Kopma uzaması (%)	İplik lineer yoğunluğu (tex)
Kevlar[®] 129	12	1.45	3.4	99	3.3	110
E- cam	13.66	2.56	3.5	76	4.8	600
Karbon	8.84	1.78	3.8	234	1.62	3 K ^a

^aK: TOW'da 100 filament.

600 tex E-cam kumaş kullanılarak geliştirilen dikişli önşekillere, kumaş ve önşekil testleri uygulanmış, ancak tez kapsamında kompozit yapı formuna dönüştürülmemiştir.

2.3. Kompozit Üretimi Deney Planı

Tez kapsamında üretilen önşekillerden, yalnızca **2400 tex E-cam kumaş** kullanılarak geliştirilen önşekiller kompozit formuna dönüştürülmüştür. Bu durumda, tez

kapsamında elde edilen kompozit yapılara ait tüm bulgu ve sonuçlar, 2400 tex E-cam kumaş kullanılarak üretilen kompozit yapılara aittir. Tablo 2.5'te, üretilen kompozit yapılar, yapı numarası ve test kodu belirtilerek tanımlanmıştır.

Tablo 2.5. Kompozit üretimi deney planı.

Kompozit yapı no	Kod	Yapı	Kumaş kat sayısı	Kumaş oryantasyonu (°)	Dikiş ipliği	Dikiş yönü	Dikiş adımı (adım/cm)	Nano/mikro madde tipi ve oranı (%)
T0-a	-	Polyester/nano	-	-	-	-	-	Silika (2.5)
T0-b	-	Polyester/nano	-	-	-	-	-	Silika (5)
T0-c	-	Polyester/nano	-	-	-	-	-	Silika (7.5)
T0-d	-	Polyester/nano	-	-	-	-	-	Karbon (5)
T0-e	-	Polyester/mikro	-	-	-	-	-	Karbon (5)
T0-f	-	Polyester/mikro	-	-	-	-	-	Bor karbür (5)
T0-g	-	Polyester/mikro	-	-	-	-	-	Titanyum borür (5)
T0-h	-	Polyester/mikro	-	-	-	-	-	Kalsiyum silikat (5)
T1-a	1	Dikişsiz	4	0/90	-	-	-	-
T1-b	6	Dikişsiz	4	0/90/±45/ ±45/0/90	-	-	-	-
T1-c	11	Dikişsiz	4	±45/0/90/ 0/90/±45	-	-	-	-
T2-a	26	Dikişsiz/nano	4	0/90	-	-	-	Silika (2.5)
T2-b	16	Dikişsiz/nano	4	0/90	-	-	-	Silika (5)
T2-c	21	Dikişsiz/nano	4	0/90	-	-	-	Silika (7.5)
T2-d	31	Dikişsiz/nano	4	0/90	-	-	-	Karbon (5)
T3-a25	36	Dikişsiz/mikro	4	0/90	-	-	-	Silisyum karbür (2.5)
T3-a	37	Dikişsiz/mikro	4	0/90	-	-	-	Silisyum karbür (5)
T3-a75	38	Dikişsiz/mikro	4	0/90	-	-	-	Silisyum karbür (7.5)
T3-b25	39	Dikişsiz/mikro	4	0/90	-	-	-	Kalsiyum silikat (2.5)
T3-b	40	Dikişsiz/mikro	4	0/90	-	-	-	Kalsiyum silikat (5)
T3-b75	41	Dikişsiz/mikro	4	0/90	-	-	-	Kalsiyum silikat (7.5)
T3-c	42	Dikişsiz/mikro	4	0/90	-	-	-	Bor karbür (5)
T3-d	43	Dikişsiz/mikro	4	0/90	-	-	-	Titanyum borür (5)
T3-e	44	Dikişsiz/mikro	4	0/90	-	-	-	Karbon (5)
T4-a	45	Makine dikişli	4	0/90	Nylon 6.6	tek	2	-
T4-b	50	Makine dikişli	4	0/90	Nylon 6.6	iki	2	-
T4-c	55	Makine dikişli	4	0/90	Nylon 6.6	dört	2	-
T4-d	60	Makine dikişli	4	0/90	Nylon 6.6	tek	6	-
T4-e	65	Makine dikişli	4	0/90	Nylon 6.6	iki	6	-
T4-f	70	Makine dikişli	4	0/90	Nylon 6.6	dört	6	-
T4-g	75	Makine dikişli	4	0/90	Kevlar® 129	tek	2	-
T4-h	80	Makine dikişli	4	0/90	Kevlar® 129	iki	2	-
T4-i	85	Makine dikişli	4	0/90	Kevlar® 129	dört	2	-
T4-j	90	Makine dikişli	4	0/90	Kevlar® 129	tek	6	-
T4-k	95	Makine dikişli	4	0/90	Kevlar® 129	iki	6	-
T4-l	100	Makine dikişli	4	0/90	Kevlar® 129	dört	6	-
T5-a	110	El dikişli	4	0/90	Kevlar® 129	tek	1	-
T5-b	111	El dikişli	4	0/90	Kevlar® 129	iki	1	-
T5-c	112	El dikişli	4	0/90	Kevlar® 129	dört	1	-
T5-d	113	El dikişli	4	0/90	E-cam	tek	1	-
T5-e	114	El dikişli	4	0/90	E-cam	iki	1	-
T5-f	115	El dikişli	4	0/90	E-cam	dört	1	-

Tablo 2.5'in devamı.

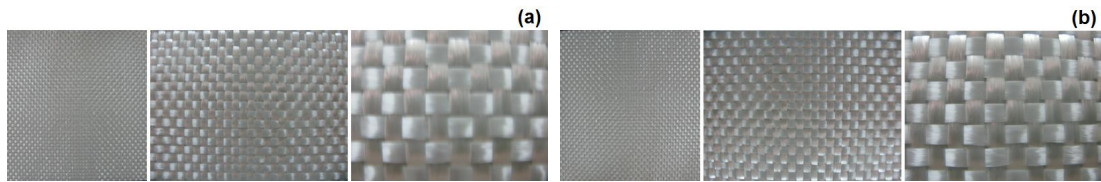
T5-g	116	El dikişli	4	0/90	Karbon	tek	1	-
T5-h	117	El dikişli	4	0/90	Karbon	iki	1	-
T5-i	118	El dikişli	4	0/90	Karbon	dört	1	-
T6-a	105	Makine dikişli/ nano	4	0/90	Kevlar® 129	dört	6	Silika (5)
T6-b	119	El dikişli/ nano	4	0/90	Kevlar® 129	dört	1	Silika (5)

2.4. Önşekil Görüntü Analizi

2.4.1. 2400 tex E-cam Önşekillerin Dijital Görüntü Analizi

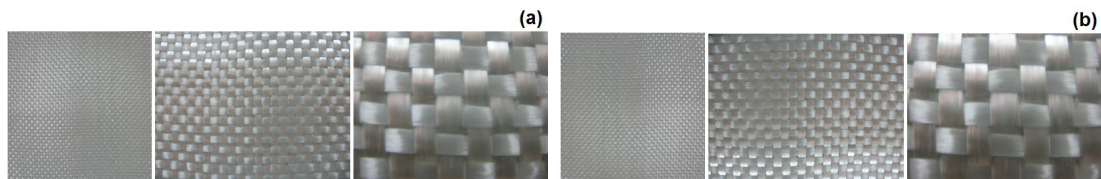
2.4.1.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Önşekiller

Şekil 2.7'de, 2400 tex E-cam dikişsiz önşekil numunesine ait ön ve arka yüzey görüntüsü verilmiştir.

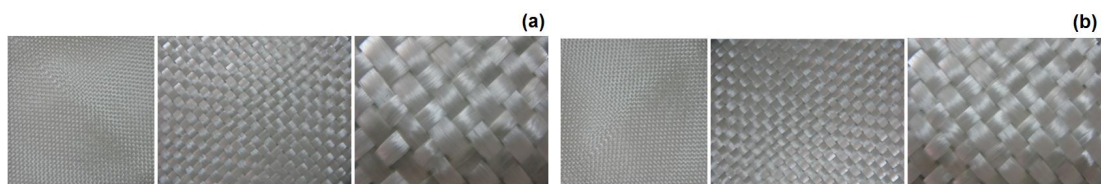


Şekil 2.7. 2400 tex E-cam önşekil (dikişsiz), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T1-a].

Şekil 2.8 ve 2.9'da, 2400 tex E-cam dikişsiz/oryantasyonlu önşekil numunelerine ait ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.8. 2400 tex E-cam önşekil (dikişsiz/oryantasyonlu), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T1-b].

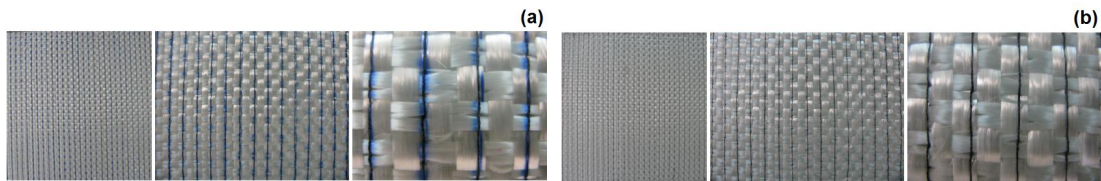


Şekil 2.9. 2400 tex E-cam önşekil (dikişsiz/oryantasyonlu), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T1-c].

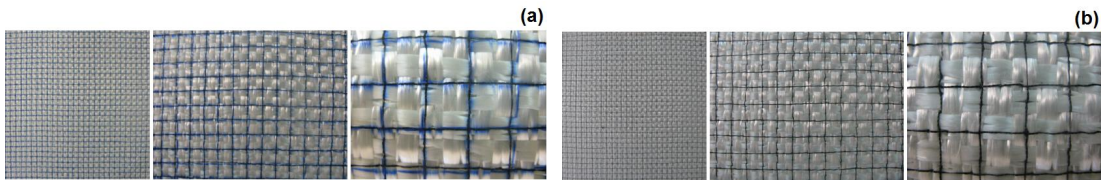
2.4.1.2. Dikişli Önşekiller

Makine Dikişli Önşekiller

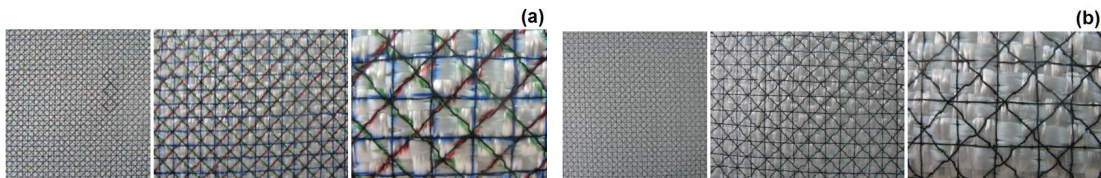
Şekil 2.10, 2.11 ve 2.12’de sırasıyla, 2400 tex E-cam tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) önşekillere ait ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.10. 2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-a].

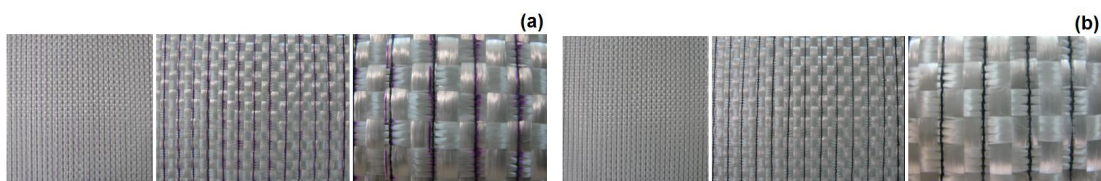


Şekil 2.11. 2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-b].

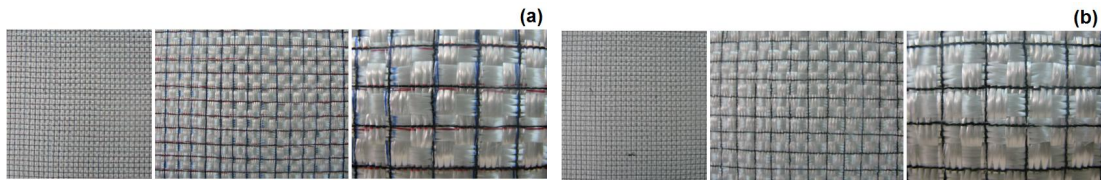


Şekil 2.12. 2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-c].

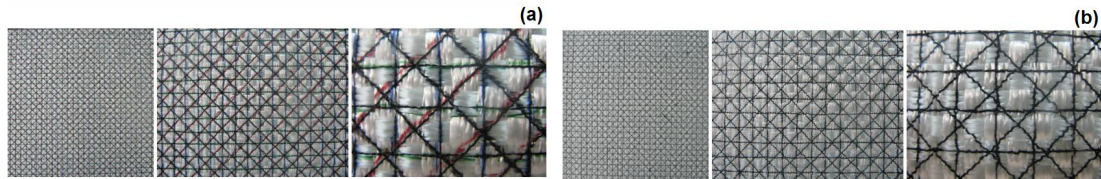
Şekil 2.13, 2.14 ve 2.15’te sırasıyla, 2400 tex E-cam tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) önşekillere ait ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.13. 2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-d].

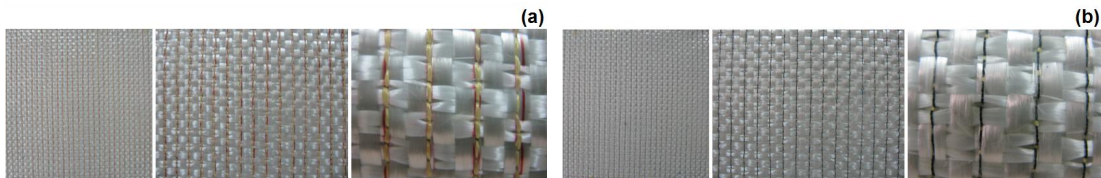


Şekil 2.14. 2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-
sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-e].

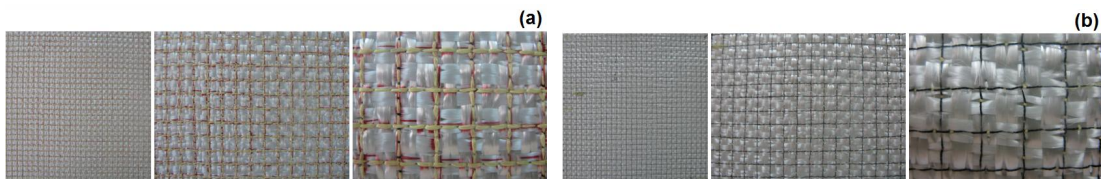


Şekil 2.15. 2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-
sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-f].

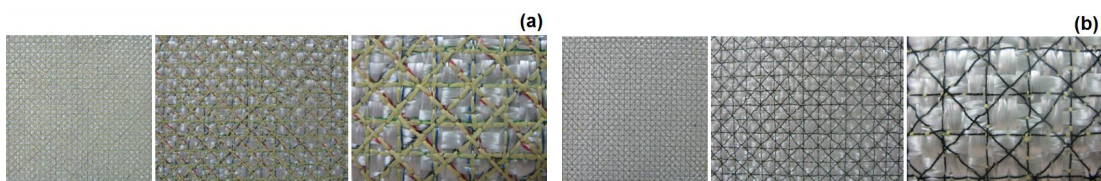
Şekil 2.16, 2.17 ve 2.18'de sırasıyla, 2400 tex E-cam tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli (Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) önşekillere ait ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.16. 2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-
gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-g].

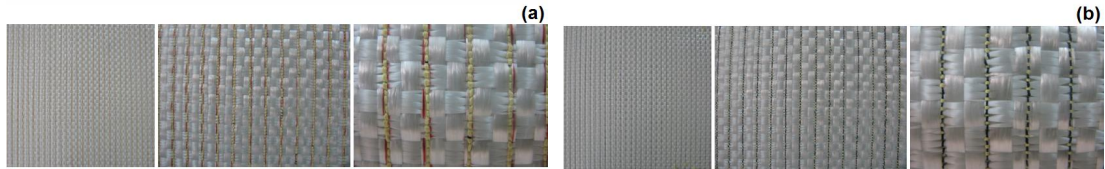


Şekil 2.17. 2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-
gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-h].

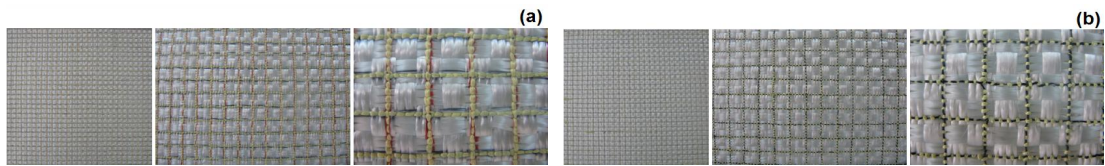


Şekil 2.18. 2400 tex E-cam önşekil (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-
gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-i].

Şekil 2.19 ve 2.20’de sırasıyla, 2400 tex E-cam tek yön ve iki yön makine dikişli (Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) öñşekillere ait ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.

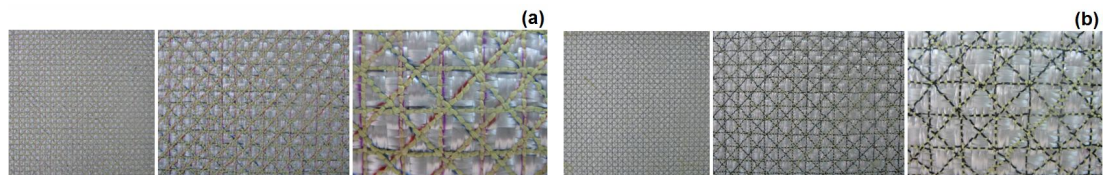


Şekil 2.19. 2400 tex E-cam öñşekil (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-4j].



Şekil 2.20. 2400 tex E-cam öñşekil (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-k].

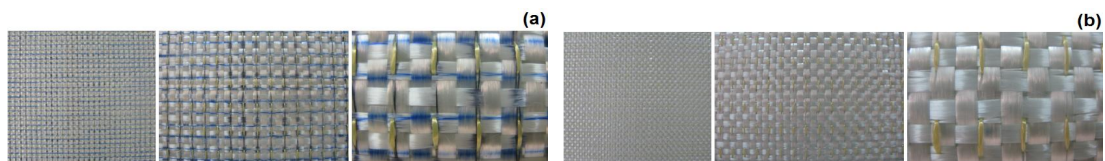
Şekil 2.21’de, 2400 tex E-cam dört yön makine dikişli (Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) öñşekillere ait ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



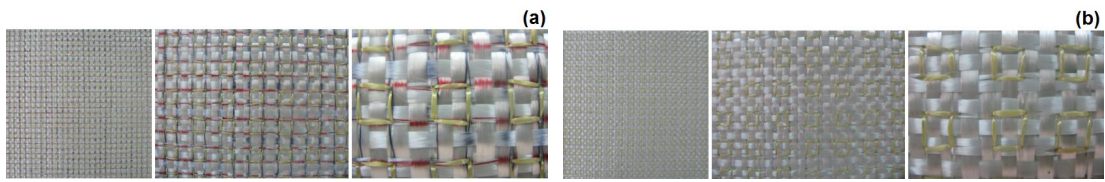
Şekil 2.21. 2400 tex E-cam öñşekil (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-l].

El Dikişli Öñşekiller

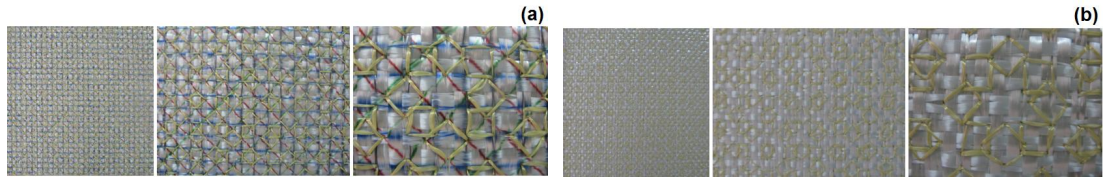
Şekil 2.22, 2.23 ve 2.24’te sırasıyla, 2400 tex E-cam tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli (Kevlar®129 dikiş ipliği) öñşekillere ait ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.22. 2400 tex E-cam öñşekil (el dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-a].

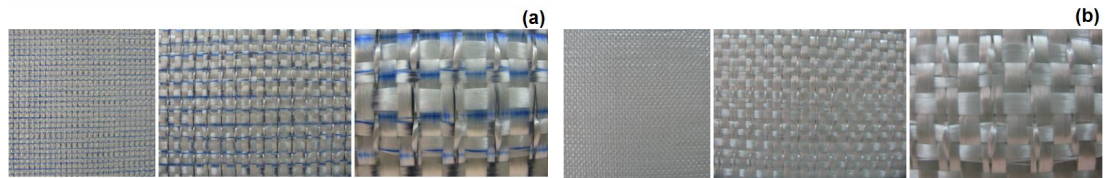


Şekil 2.23. 2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-b].

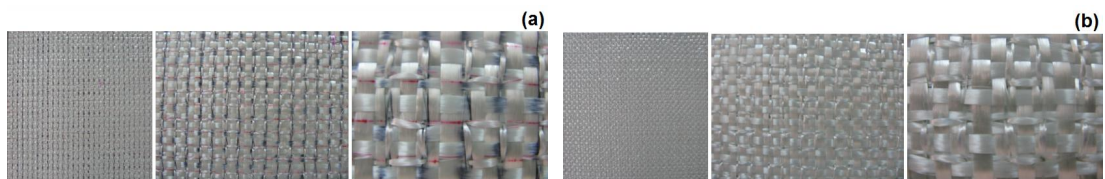


Şekil 2.24. 2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-c].

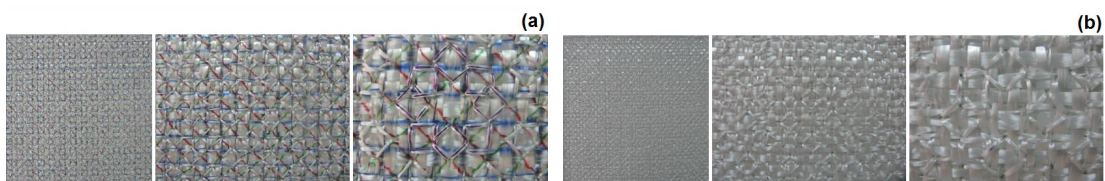
Şekil 2.25, 2.26 ve 2.27'de sırasıyla, 2400 tex E-cam tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) önşekillere ait ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.25. 2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-d].

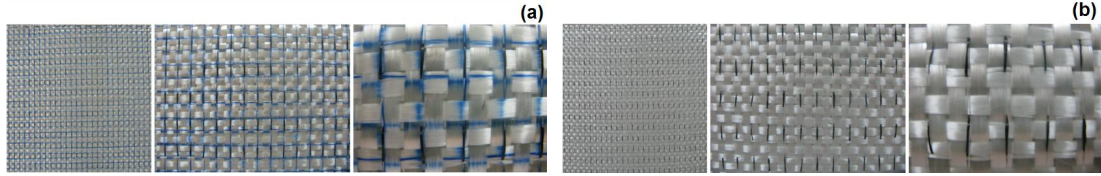


Şekil 2.26. 2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-e].

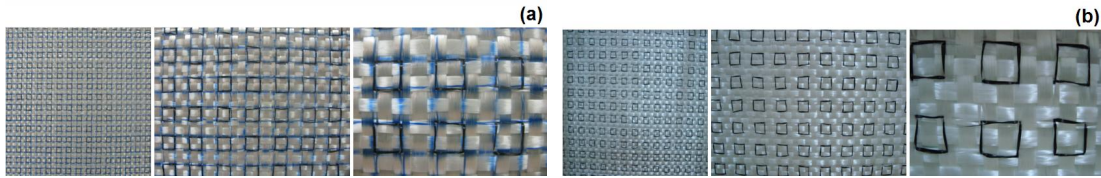


Şekil 2.27. 2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-f].

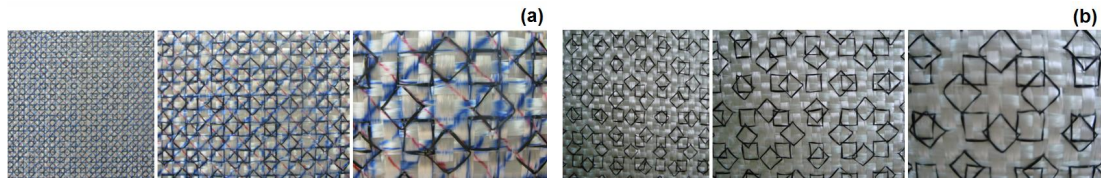
Şekil 2.28, 2.29 ve 2.30'da sırasıyla, 2400 tex E-cam tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli (Karbon dikiş ipliği) önşekillere ait ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.28. 2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/tek yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-g].



Şekil 2.29. 2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/iki yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-h].



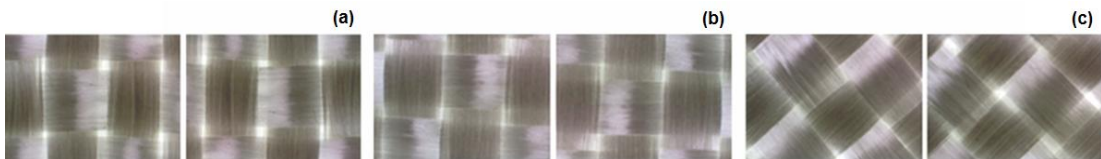
Şekil 2.30. 2400 tex E-cam önşekil (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-i].

2.4.2. 2400 tex E-cam Önşekillerin Mikroskopik Görüntü Analizi

Mikroskopik görüntü analizi yapılırken, önşekillerin ön ve arka yüzeyleri fotoğraflanmıştır.

2.4.2.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Önşekiller

Şekil 2.31'de, 2400 tex E-cam dikişsiz ve dikişsiz/oryantasyonlu önşekillerin mikroskopik görüntüleri verilmiştir.

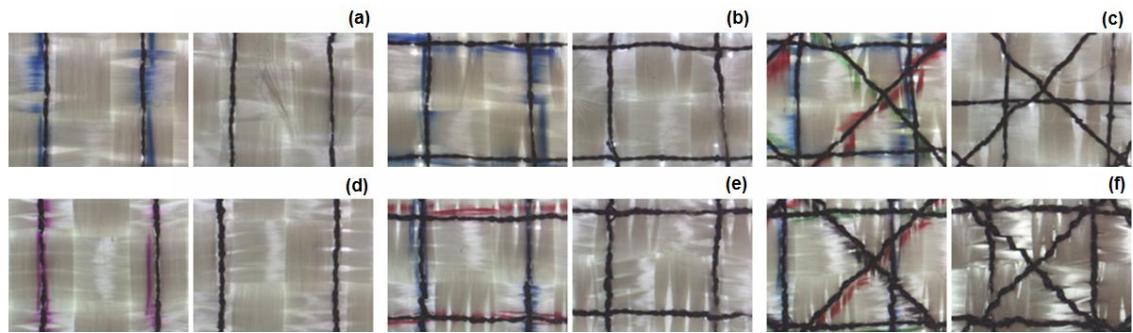


Şekil 2.31. 2400 tex E-cam önşekil (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu), (a); [T1-a], (b); [T1-b], (c); [T1-c] ($\times 6.7$).

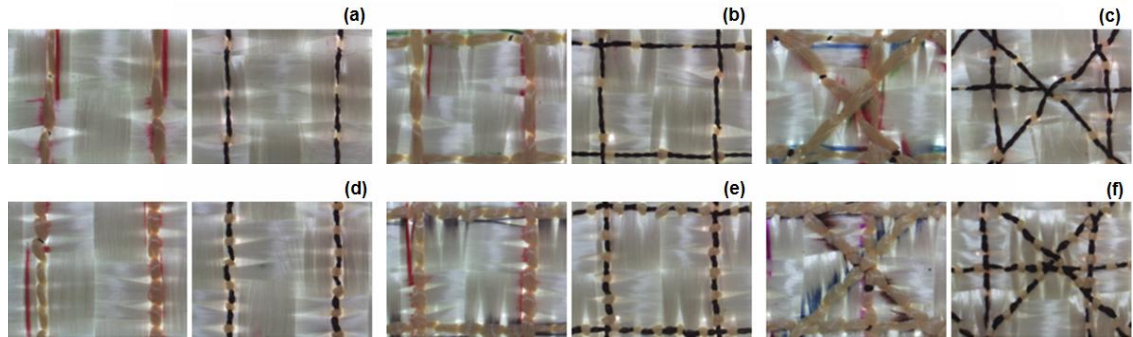
2.4.2.2. Dikişli Önşekiller

Makine Dikişli Önşekiller

Şekil 2.32’de, 2400 tex E-cam makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) önşekillerin mikroskopik görüntüleri verilmiştir. Şekil 2.33’te, 2400 tex E-cam makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) önşekillerin mikroskopik görüntüleri verilmiştir.



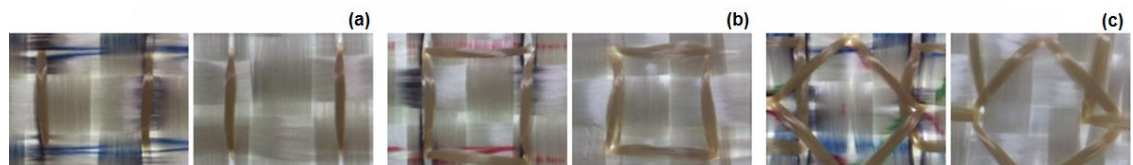
Şekil 2.32. 2400 tex E-cam önşekiller (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği), (a); [T4-a], (b); [T4-b], (c); [T4-c], (d); [T4-d], (e); [T4-e], (f); [T4-f] ($\times 6.7$).

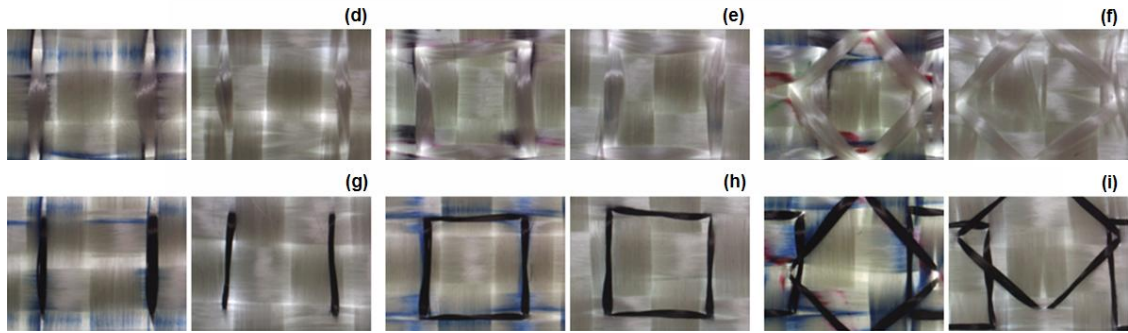


Şekil 2.33. 2400 tex E-cam önşekiller (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); [T4-g], (b); [T4-h], (c); [T4-i], (d); [T4-j], (e); [T4-k], (f); [T4-l] ($\times 6.7$).

El Dikişli Önşekiller

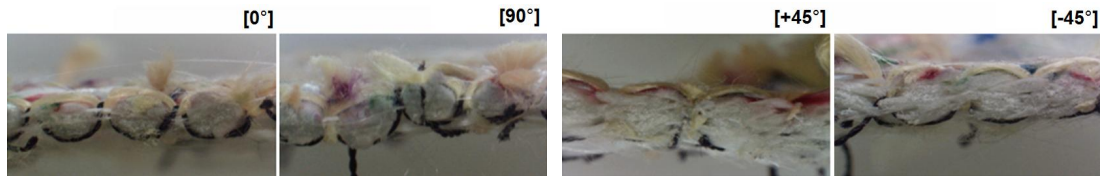
Şekil 2.34’te, 2400 tex E-cam el dikişli önşekillerin mikroskopik görüntüleri verilmiştir.





Şekil 2.34. 2400 tex E-cam önşekiller (el dikişli), (a); [T5-a], (b); [T5-b], (c); [T5-c], (d); [T5-d], (e); [T5-e], (f); [T5-f], (g); [T5-g], (h); [T5-h], (i); [T5-i] ($\times 6.7$).

Şekil 2.35'te, 2400 tex E-cam, Kevlar[®]129 dikiş ipliği kullanılarak geliştirilen makine dikişli (gevşek-2 adım/cm) önşekle ait kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.35. 2400 tex-Kevlar[®]129-dört yön-gevşek önşekil kesit görüntüleri ($\times 6.7$).

2.5. Kumaş ve Önşekillere Uygulanan Testler

E-cam kumaş ve geliştirilen önşekillere uygulanan testler ve kullanılan test standartları Tablo 2.6'da verilmiştir.

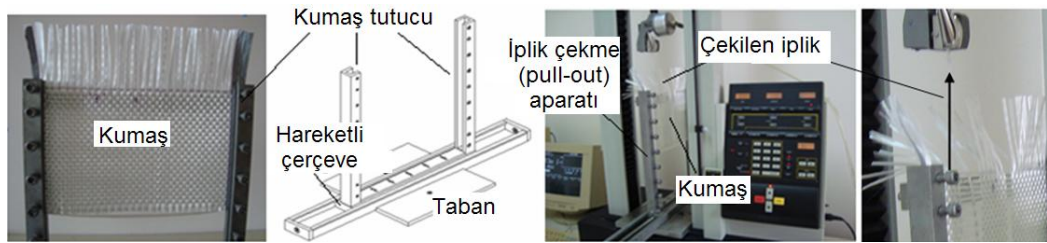
Tablo 2.6. E-cam kumaş ve önşekillere uygulanan testler ve kullanılan test standartları.

	Uygulanan Test	Standart
1	Kumaştan iplik çekme (pull-out) testi	-
2	Eğilme rijitliği testi	TS ISO 4604
3	Kalınlık tayini	-
4	Ağırlık tayini	-
5	Krimp ölçümü	TS 254
6	Optik mikroskop analizi	-

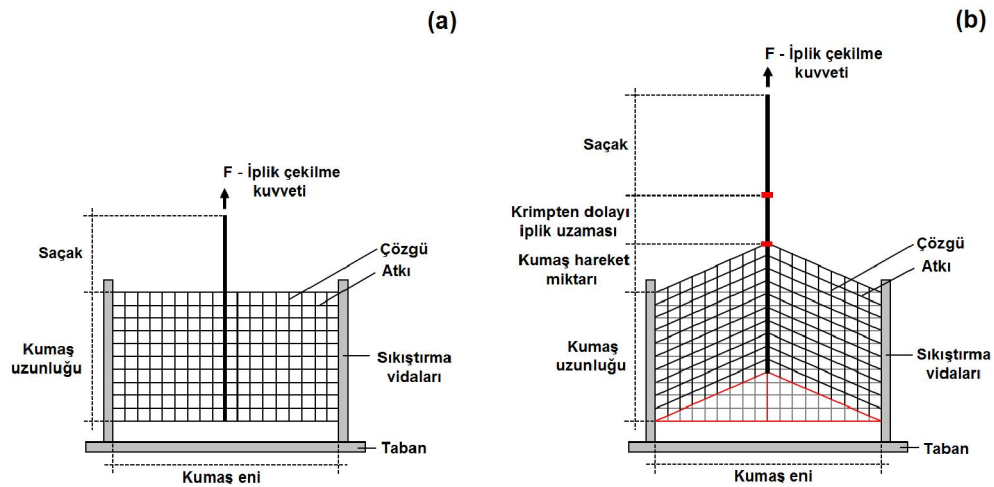
2.5.1. Kumaştan İplik Çekme (Pull-Out) Testi

Kumaştan iplik çekme testi için, geliştirilmiş olan deney aparatı kullanılmıştır [154]. İplik çekme deney planındaki ölçülere göre hazırlanan tek kat kumaşlar, iplik çekme

aparatusuna yerleştirilerek kenarlardaki sıkıştırma vidaları ile sıkıştırılmıştır. İplik çekme deney aparatusuna yerleştirilen kumaşlar, mukavemet cihazına yerleştirilerek, test esnasında manüel olarak kumaş hareket miktarı ve krimpden dolayı iplik uzaması, cihaz verileri vasıtası ile de kumaş içinden ipliklerin çekilme kuvvetleri ölçülmüştür. Şekil 2.36'da, geliştirilen deney aparatusu ve kumaşın test esnasındaki genel görüntüsü verilmiştir. Kumaşın, iplik çekme testi öncesinde ve test esnasındaki Şematik görünmü Şekil 2.37'de verilmiştir.



Şekil 2.36. Geliştirilen iplik çekme aparatusu ve test esnasındaki görüntüler [19].



Şekil 2.37. İplik çekme testi esnasında ölçülen kumaş ve iplik pozisyonlarının Şematik görünmü, (a); test öncesinde, (b); test esnasında.

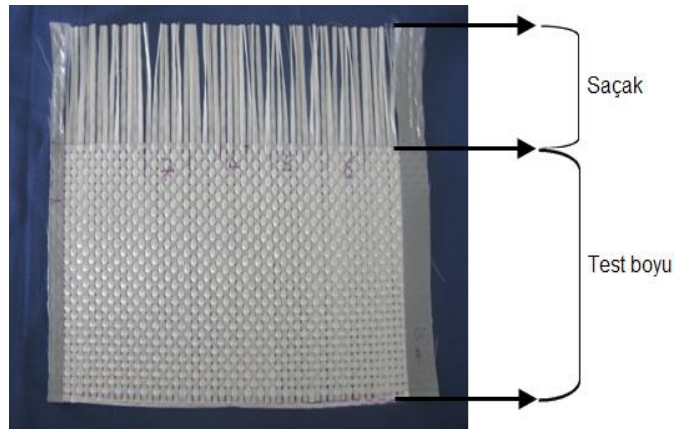
2.5.1.1. Kumaştan İplik Çekme Testi Deney Planı

Kumaştan iplik çekme deneyi, Instron 4411 (Instron Inc., A.B.D) mukavemet cihazında yapılmıştır. Test hızı 100mm/dakika olarak belirlenmiştir. E-cam 600 tex ve 2400 tex kumaş türlerinden çözgü yönünde hazırlanan test numunelerine ait numune boyutları Tablo 2.7'de verilmiştir. Her iki kumaş türü için, 1 iplikten 10 ipliğe kadar tekli ardıl iplik çekimi ve 2-3-4-5-6 ve 7'li olmak üzere çoklu iplik çekimine uygun olarak test

numuneleri hazırlanmıştır. Kumaştan çıkarılan ipliğin, mukavemet cihazının çenesine sıkıştırılabilmesi için, test boyuna ek olarak 10 cm saçak payı kullanılmıştır. Şekil 2.38'de, saçaklandırılmış test numunesi verilmiştir.

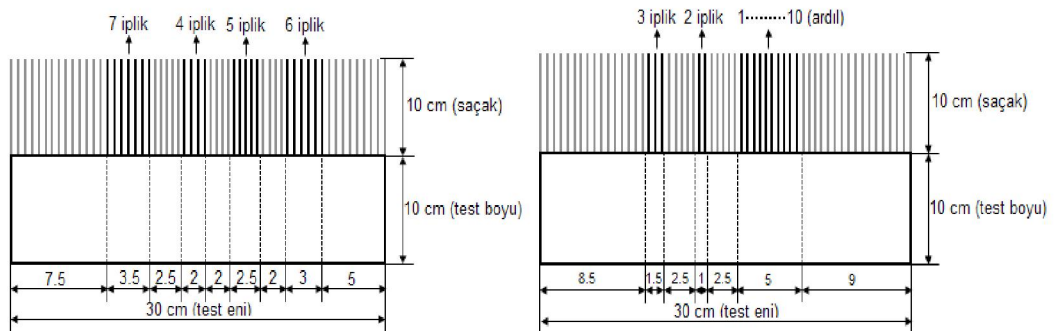
Tablo 2.7. Kumaştan iplik çekme testi numune boyutları.

Kumaş türü	İplik çekilme yönü	Numune boyutu (En × boy, cm)	Test boyutu (En × boy, cm)
E-cam- 600 tex	Çözü	35 × 20	30 × 10
	Çözü	35 × 30	30 × 20
E-cam- 2400 tex	Çözü	35 × 20	30 × 10
	Çözü	35 × 30	30 × 20

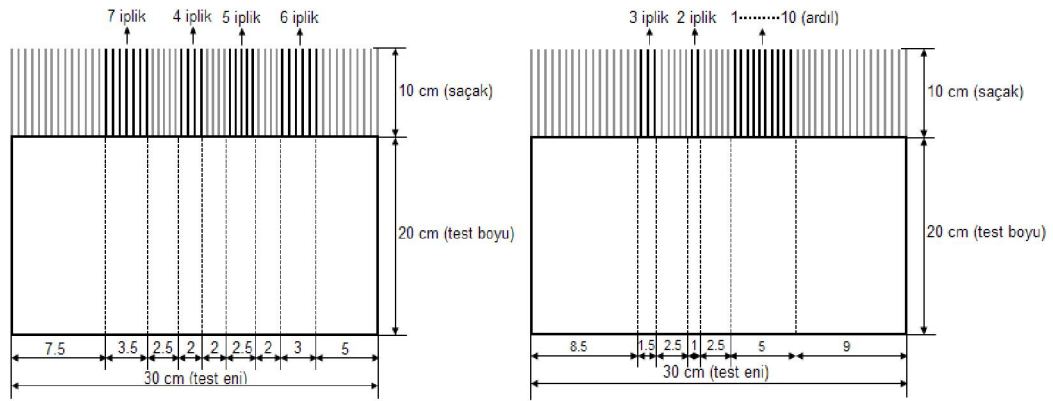


Şekil 2.38. Saçaklandırılmış test numunesi.

Tablo 2.6'da belirtilen deney planına uygun olarak, kumaş eni 30 cm olarak sabit tutulmuş ancak, kumaş boyu 10 ve 20 cm boyutlarına uygun olarak hazırlanan numunelerden, Şekil 2.39 ve 2.40'ta gösterildiği gibi, tekli ardıl ve çoklu iplik çekilmeleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.39. 10 cm test boyunda çoklu ve tekli ardıl 10 iplik çekilme düzeni.



Şekil 2.40. 20 cm test boyunda çoklu ve tekli ardıl 10 iplik çekilme düzeni.

2.5.2. Kumaş ve Önşekil Eğilme Rijitliği Testi

Eğilme rijitliği testi, TS ISO 4604 standardına uygun olarak yapılmıştır. Eğilme rijitliği testleri için, sabit açılı eğilme rijitliği ölçüm metoduna dayanarak geliştirilen deney aparatı kullanılmıştır. Geliştirilen deney aparatı, tez kapsamındaki önşekil ve kumaş boyutları göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Sabit açılı eğilme rijitliği ölçüm metodu, temelde Peirce'nin 'Cantilever Test' prensibine dayanmaktadır. Peirce'ye göre, eğilme uzunluğu (c) ve eğilme açısı (θ) arasındaki ilişki aşağıdaki gibi (2.1) tanımlanmıştır;

$$c = l \left(\frac{\cos \frac{1}{2} \theta}{8 \tan \theta} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.1)$$

Chu ve ark., eğilme uzunluğu (c) ve sarkma uzunluğu (l) arasında ampirik bir ilişki saptamışlardır. Buna göre; Peirce'nin 'Cantilever Test' metodu kullanıldığında, $\theta=43^\circ$ olduğu durumda, $c/l=0.5$ 'tir. Günümüzde, ticari olarak kullanılan 'Cantilever Test' prensibine dayalı test cihazlarında eğilme açısı, $\theta=41.5^\circ$ olarak alınmaktadır. Bu açı değeri ile geleneksel kumaşın eğilme rijitliği, aşağıdaki formüller (2.2) ve (2.3) kullanılarak hesaplanabilmektedir [24];

$$G = m c^3 \quad (2.2)$$

$$G = 0.125 m l^3 \quad (2.3)$$

Burada;

- m : kumaş gramajı (g/m^2)
 l : kumaş sarkma uzunluğu (m)
 G : eğilme rijitliği (g.m)

Tez kapsamında yapılan eğilme rijitliği hesaplamalarında, sabit açılı eğilme rijitliği ölçüm metoduna uygun olarak, cam dokuma kumaşlar için geliştirilen formül (2.6) kullanılmıştır.

$$G = 9.81 m c^3 \quad (2.4)$$

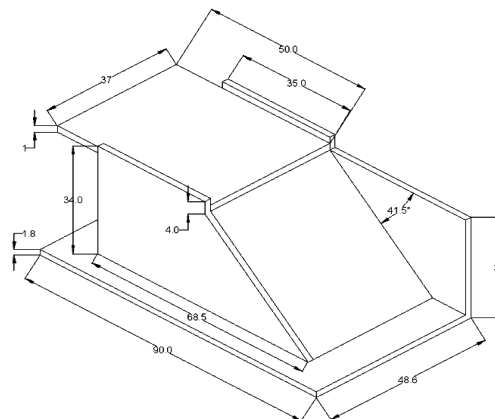
$$c = l / 2 \quad (2.5)$$

$$G = 9.81 m \left(\frac{l}{2} \right)^3 \quad (2.6)$$

Burada;

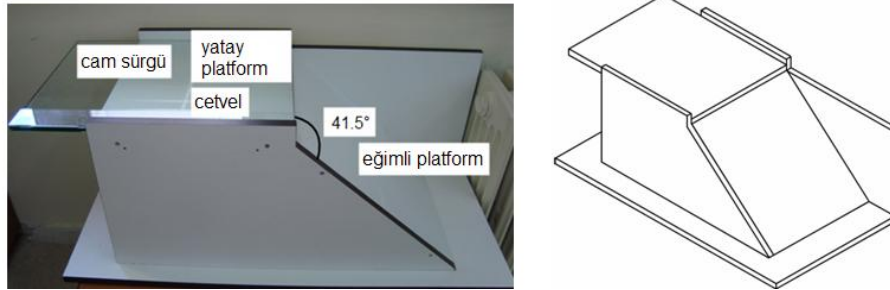
- m : kumaş gramajı (g/m^2)
 c : kumaş eğilme uzunluğu (m)
 l : uygun ortalama sarkma uzunluğu (m)
 G : eğilme rijitliği (mN.m)
 $9.81 m/s^2$: yerçekimi sabiti

Geleneksel eğilme rijitliği formülü ($G = 0.125 m l^3$), gramajı $200 g/m^2$ 'den düşük olan kumaşlar için kullanılırken, tez kapsamında kullanılan eğilme rijitliği formülü ise ($G = 9.8 \cdot 10^{-6} m c^3$ ($\mu N.m$, $1 \mu N.m = 10^{-6} N.m$)) gramajı $200 g/m^2$ 'den daha yüksek olan kumaşlar için uygundur [35]. Kumaş ve önşekil eğilme rijitliği test aparatının şematik görünümü Şekil 2.41'de verilmiştir.



Şekil 2.41. Eğilme rijitliği test aparatı (ölçüler cm cinsindedir).

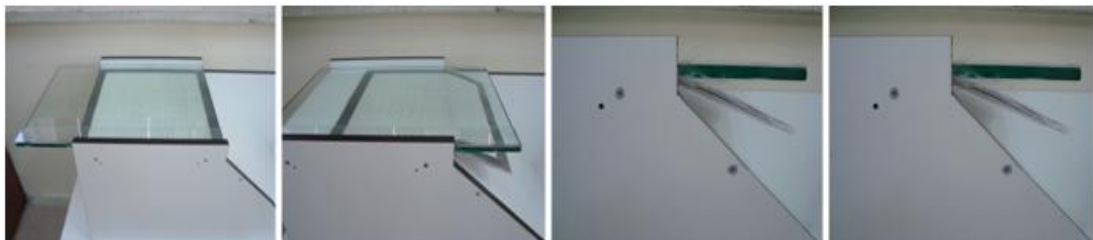
Geliştirilen eğilme rijitliği test aparatında; yatay platform üzerinde, üst yüzeyi milimetre cinsinden ölçeklendirilmiş cam bir sürgü bulunmaktadır. Platformun üst yüzeyi ise, sürgü hareket ettirildiğinde, sürgü ve platform arasına yerleştirilen numuneyi ileri doğru kaydıracak şekilde mümkün olduğunca pürüzsüz bir yapıdadır. Cam sürgünün ön kenarı, platformun ön kenarı ile aynı hizaya getirildiğinde, sürgü üzerindeki ölçeğin sıfır noktasının, aparat üzerindeki başlangıç çizgisi ile çakışması sağlanmıştır. Yatay platform ile eğimli platform arasındaki açı 41.5° 'dir. Şekil 2.42'de, geliştirilen eğilme rijitliği test aparatının görünümü verilmiştir.



Şekil 2.42. Kumaş ve önşekil eğilme rijitliği test aparatı.

Aparatın ölçme aralığı, boyutuna bağlıdır. Bu ölçme aralığı, numunenin sarkma uzunluğunun tayinine imkân vermelidir. Özellikle dikişli önşekillerin eğilme rijitliğinin ölçümüne imkân vermesi amacıyla yatay platformun boyutu 35×37 cm, cam sürgünün boyutu ise 50×37 cm olarak tasarlanmıştır.

Kumaş veya önşekil numunesi, sarkan kısmının uzunluğu artırılacak ve kendi ağırlığı ile katlanacak şekilde boyu yönünde hareket ettirilmiştir. Numunenin ucu, platformun kenarından geçen düzleme ulaştığında ve yatayın altında 41.5° 'lik bir açıda büküldüğünde, katlanan uzunluk ölçülmüştür. Şekil 2.43'te, eğilme rijitliği testinin yapılışı aşamalı olarak gösterilmiştir.





Şekil 2.43. Eğilme rijitliği testinin yapılışı.

2.5.2.1. Kumaş ve Önşekil Eğilme Rijitliği Testi Deney Planı

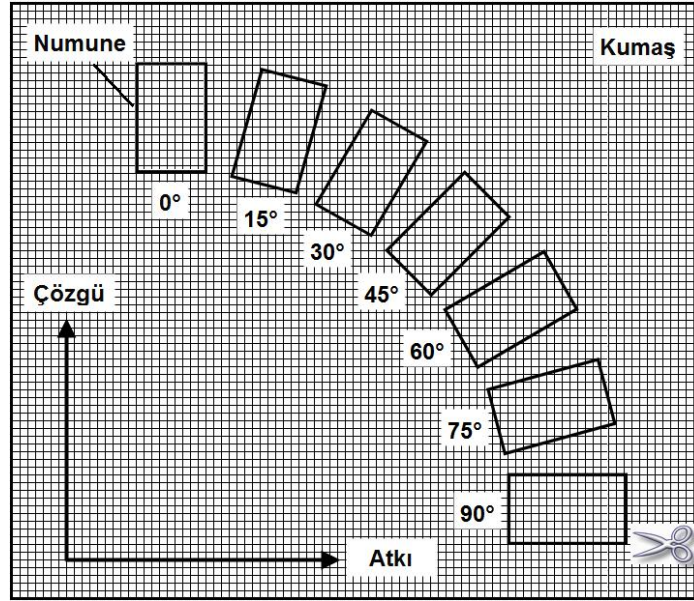
Tek Kat ve Çok Katlı Dikişsiz E-Cam Kumaşlar

Tablo 2.8’de, tek kat- açılı ve çok katlı 600 tex ve 2400 tex E-cam kumaşa uygulanan eğilme rijitliği testine ait deney planı verilmiştir.

Tablo 2.8. 600 tex ve 2400 tex E-cam tek kat- açılı ve çok katlı kumaş için eğilme rijitliği deney planı.

Kumaş	Kumaş kat sayısı	Açı (°)	Numune boyutları (cm)
E-cam 600 tex	1	0 (çözüğü)	35 × 35
	1	45	35 × 35
	1	90 (atkı)	35 × 35
	8	-	35 × 35
E-cam 2400 tex	1	-	35 × 35
	2	-	35 × 35
	3	-	35 × 35
	4	-	35 × 35
	5	-	35 × 35
	6	-	35 × 35
	7	-	35 × 35
	8	-	35 × 35
	9	-	35 × 35
	10	-	35 × 35
	11	-	35 × 35
	12	-	35 × 35
	1	0 (çözüğü)	30 × 15
	1	15	30 × 15
	1	30	30 × 15
	1	45	30 × 15
	1	60	30 × 15
	1	75	30 × 15
	1	90 (atkı)	30 × 15

2400 tex E-cam kumaşa uygulanan tek kat- açılı eğilme rijitliği testi için numune hazırlamada kullanılan kumaş kesim planı Şekil 2.44’te verilmiştir.



Şekil 2.44. 2400 tex E-cam kumaş eğilme rijitliği testi için tek kat- açılı numune kesim planı.

Çok Katlı Dikişsiz ve Dikişli E-Cam Önşekiller

Geliştirilen her bir önşekilden üçer adet üretilmiştir. Bu nedenle, 2400 tex E-cam kumaş kullanılarak geliştirilen önşekillere uygulanan eğilme rijitliği testi üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Eğilme rijitliği değeri, ortalama değer olarak verilmiştir. Eğilme rijitliği testi, geliştirilen önşekillerin yalnızca **çözü** yönüne uygulanmıştır. Numune boyutu, 35×35 cm'dir.

2400 tex E- Cam Önşekiller

Eğilme rijitliği testi; 'dikişsiz ve dikişsiz/oryantasyonlu', 'makine dikişli' ve 'el dikişli' tüm önşekillere uygulanmıştır.

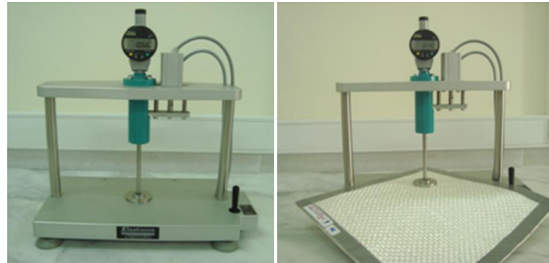
600 tex E- Cam Önşekiller

Eğilme rijitliği testi; 'dikişsiz' 'el dikişli' tüm önşekillere uygulanmıştır.

2.5.3. Kumaş ve Önşekil Kalınlığı Testi

E-cam kumaş ve geliştirilen dikişli ve dikişsiz önşekillerin kalınlık ölçümleri, dijital kalınlık ölçer (Elastocon EV 07, Elastocon, İsviçre) ile yapılmıştır. Şekil 2.45'te, dijital kalınlık ölçüm cihazının görünümü verilmiştir. E-cam kumaş ve geliştirilen dikişli ve

dikişsiz tüm önşekillerin kalınlık ölçümleri, her bir numunenin dört farklı bölgesinden yapılmış ve sonuçlar bulgular bölümünde **ortalama** değer olarak verilmiştir.



Şekil 2.45. Dijital kalınlık ölçüm cihazı.

2.5.4. Önşekil Ağırlıklarının Tayini

Geliştirilen dikişli ve dikişsiz tüm önşekillerin ağırlık ölçümleri, Ohaus Adventurer™ Pro AV812 (Ohaus Corp. A.B.D) ticari isimli, 810 g kapasite ve 0.01 g hassasiyete sahip terazi vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir.

2.5.5. Krimp Ölçümü

E-cam 600 tex ve 2400 tex kumaşların atkı ve çözgü yönündeki krimp oranları belirlenmiştir. Testler, TS 254 standardına göre Tautex dijital krimp ölçme cihazında (James H. Heal, İngiltere) yapılmıştır. Krimp oranının hesaplamalarında aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır (2.7).

$$S = \frac{\ell - X}{X} * 100 \quad (2.7)$$

S: Krimp oranı (%)

X: Kumaş eni (cm)

ℓ: gergin iplik uzunluğu (cm)

2.5.6. Optik Mikroskop Görüntü Analizi

E-cam kumaş ve geliştirilen önşekillerin mikroskopik görüntü analizleri, Olympus SZ61, Japonya optik mikroskop ve Bs200Doc görüntü işleme yazılımı ile yapılmıştır.

2.6. Kompozit Yapıların Üretimi

Geliştirilen önşekiller, uygun reçine ve yöntem ile kompozit formuna dönüştürülmüştür.

2.6.1. Polyester Reçine Özellikleri

Çalışma kapsamında DCPD (diklopentadien) esaslı doymamış (unsaturated) polyester reçine (Crystic 703PA, Scott Bader, İngiltere) kullanılmıştır. Crystic 703PA, ön-hızlandırma (pre-accelerated) işlemine tabi tutulmuş, düşük viskozite ve kontrollü ekzotermik karakteristiğe sahip bir polyester reçinedir [155]. Crystic 703PA, vakum infüzyon metoduna uygun olarak geliştirilmiştir, ancak taşıdığı özelliklerden dolayı benzer diğer tekniklerde de kullanılabilir. Viskozitesi ve ekzotermik karakteristiği sayesinde, vakum infüzyon metodu ile büyük kompozit yapıların üretimi için uygundur. Oldukça yüksek mekanik özellikler ve darbe dayanımına sahiptir ve birçok takviye malzemesi ile uyumludur. Crystic 703PA, kullanımdan önce 18-20°C’de muhafaza edilmelidir. Kürleşme reaksiyonunun başlaması için yalnızca sertleştirici (MEKP- Metil Etil Keton Peroksit) ilavesi gerekmektedir. Sertleştiricinin, reçinenin her yerine homojen olarak yayılmasını sağlamak için yavaşça karıştırmak yeterlidir. Farklı sertleştirici oranlarına göre belirlenen yaklaşık jelleşme süreleri Tablo 2.9’da verilmiştir [155].

Tablo 2.9. Crystic 703PA polyester reçinenin farklı sertleştirici oranlarına ve sıcaklığa göre jelleşme süreleri [155].

Sıcaklık (°C)	Sertleştirici oranları (ağırlıkça, %)		
	% 1.0	% 1.5	% 2.0
15	318	196	140
20	205	124	84
25	128	84	64

Kürleşmenin gerçekleşmesi için, reçinenin 15°C veya üzerinde kalıplanması gerekmektedir. Reçineye dolgu maddelerinin veya pigmentlerin ilave edilmesi, vakum infüzyon metodunun uygulanmasında bazı olumsuz etkilere neden olduğu gibi, nihai ürünün özelliklerini de etkilemektedir. Çeşitli uygulamalar için kullanılan ve yeterli özelliklere sahip birçok kompozit yapı, Crystic 703PA reçinenin 20°C’de uygulanması sonucunda elde edilebilmektedir. Ancak, optimum özellikler için, üretilen kompozit yapıların kullanımdan önce ileri kürleşmesinin (post curing) sağlanması gerekmektedir. Bunun için, üretilen kompozit yapılar, 24 saat 20°C’de bekletildikten sonra, 16 saat 40°C’de veya 3 saat 80°C’de bekletilerek ileri kürleşme işlemine tabi tutulabilirler [155]. Tablo 2.10 ve 2.11’de, Crystic 703PA polyester reçinenin sırasıyla, sıvı haldeki

özellikleri ve takviyesiz sertleştirilmiş haldeki özellikleri verilmiştir. Tablo 2.12’de, sertleştirici miktarına bağlı olarak gerçekleşen jelleşme süreleri verilmiştir. Tez kapsamında üretilen ve dolgu maddesi içermeyen tüm yapılarda ağırlıkça %2 oranında sertleştirici (MEKP) kullanılmıştır. Üretici firmanın tavsiyesine uygun olarak hızlandırıcı (Kobalt Naftalat- CoNAP) kullanılmamıştır. Ancak, dolgu maddesi içeren yapıların üretiminde sertleştirici oranlarında değişimler ve hızlandırıcı kullanımını gerekli kılan durumlar ortaya çıkmıştır. Bu durumla ilgili detaylı bilgi ilgili başlık altında verilecektir.

Tablo 2.10. Crystic 703PA polyester reçinenin sıvı haldeki özellikleri [155].

Özellik	
Fiziksel hali	sıvı
Görünüş	sarımsı
Viskozite (25°C’de)	1.6 poise
20C’de karanlık ortamda saklama süresi	3 ay

Tablo 2.11. Crystic 703PA polyester reçinenin takviyesiz sertleştirilmiş haldeki özellikleri [155].

Özellik		(1)	(2)
Barcol sertliği		42	43
Yük altında deformasyon sıcaklığı (1.80 MPa)	°C	59	64
Su absorpsiyonu	mg	-	11
Yoğunluk	g/cm ³	1.2	1.2
Çekme dayanımı	MPa	49	38
Çekme modülü	Mpa	2758	3162
Kopma uzaması	%	2.1	1.3
Poisson oranı		0.37–0.40	0.37–0.40

(1) 24 h, 20°C ve 16 h 40°C’de kürleştirilmiştir.

(2) 24 h 20°C ve 3 h 80°C’de kürleştirilmiştir.

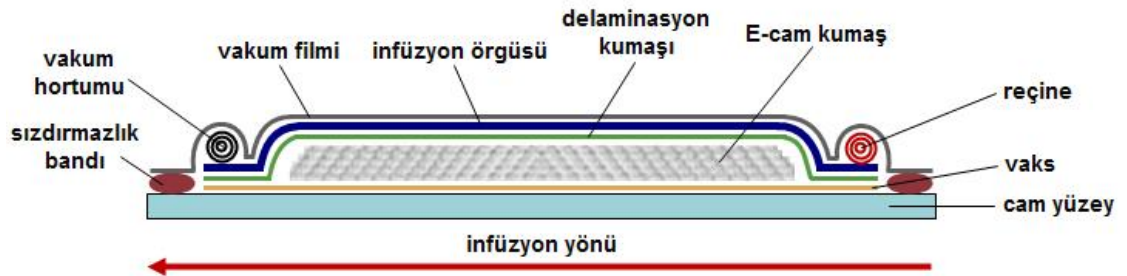
Tablo 2.12. Crystic 703PA polyester reçinenin farklı sertleştirici oranlarına göre jelleşme süreleri.

Sertleştirici- MEKP (ağırlıkça, %)	%1.0	%1.50	%2.0	%2.50
Jelleşme süresi (dak.)	168	98	65	48

2.6.2. VARTM Metodu ile Kompozit Üretimi

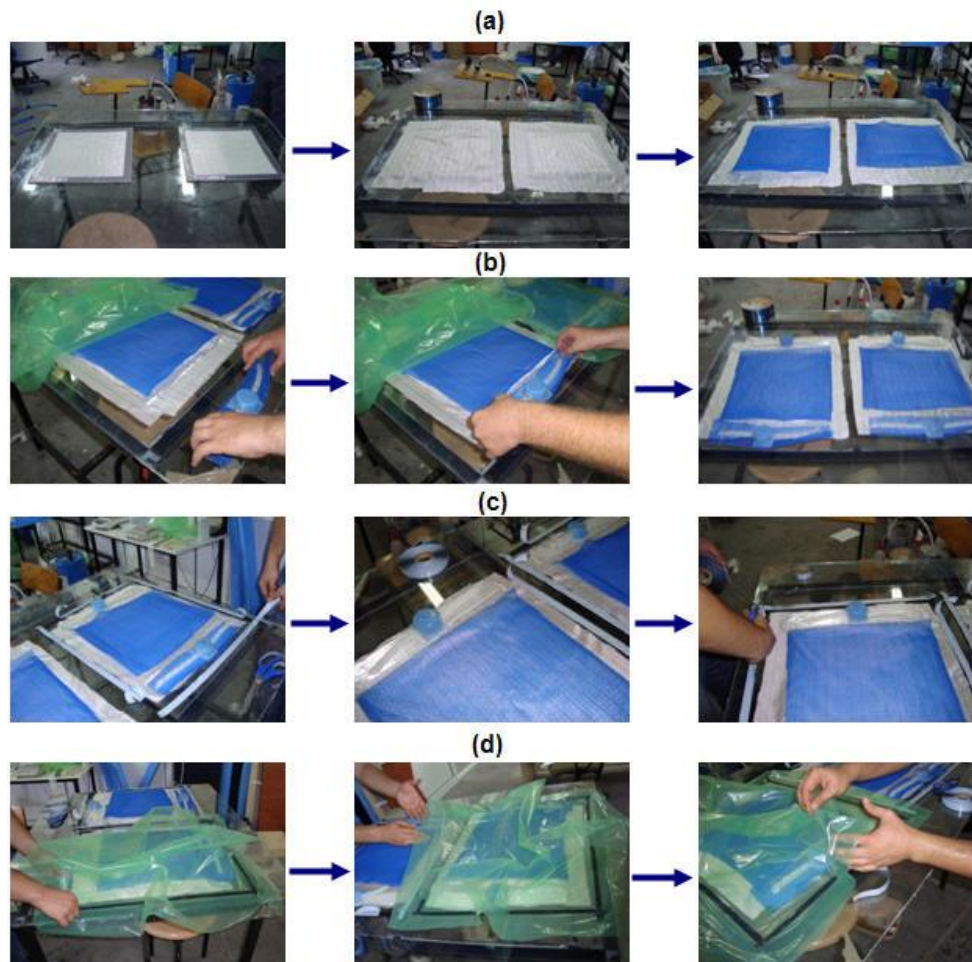
Geliştirilen önşekiller, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü’ne ait Dinamik Test ve Modelleme Laboratuvarı’nda, VARTM (Vacuum

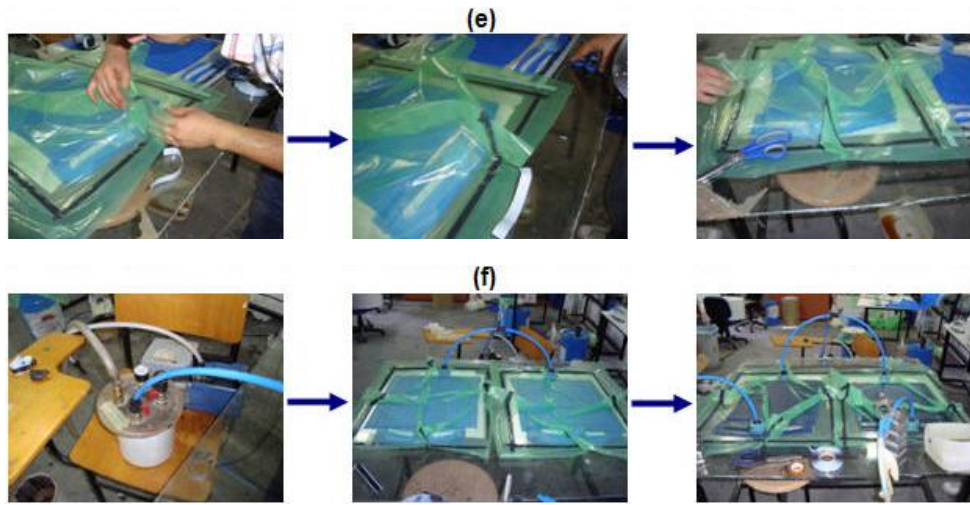
Assisted Resin Transfer Moulding) metodu kullanılarak kompozit yapılar haline getirilmiştir. Şekil 2.46'da, VARTM kompozit üretim metodu şematize edilmiştir.



Şekil 2.46. VARTM kompozit üretim metodunun şematik gösterimi.

Kompozit üretiminde, ödeşkillerin temiz ve düzgün bir yüzey üzerine yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, cam bir masa kullanılmıştır. Geliştirilen ödeşkillerden VARTM metodu ile kompozit üretim aşamaları Şekil 2.47'de verilmiştir.





Şekil 2.47.VARTM metodu ile kompozit üretim adımları, (a); E-cam önşekiller üzerine delaminasyon kumaşı ve infüzyon örgüsünün serilmesi, (b); reçine giriş- çıkışı için spiral hortumların yerleştirilmesi, (c); sızdırmazlık bandının yapıştırılması, (d), (e); vakum filminin yapıştırılması, (f); sistemin vakumlanması ve reçine girişinin sağlanması.

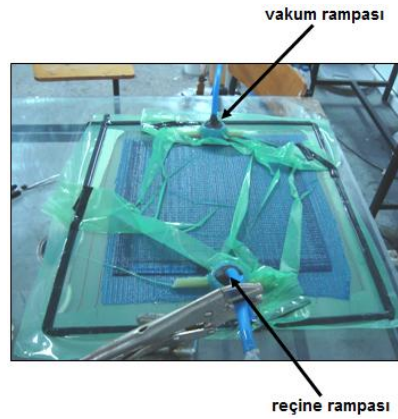
Şekil 2.47’de, resimleri ile birlikte aşamalı olarak verilen VARTM kompozit üretim metodu, aşağıda belirtildiği gibi uygulanmıştır;

- Alkol ve aseton ile temizlenen cam yüzey üzerine vaks (Polivaks SV-6, Poliya, Türkiye) sürülerek, işlem sonrasında numunenin cam yüzeyden kolay ayrılması sağlanır. Kompozit yapılacak numuneler cam yüzey üzerine konulur.
- Önşekillerin üzerine poliamid delaminasyon kumaşı serilir.
- Delaminasyon kumaşının üzerine reçinenin, önşekil içerisinde düzgün bir biçimde yayılmasını sağlamak için polietilen infüzyon örgüsü serilir.
- Sisteme reçine girişinin sağlanması ve fazla reçinenin vakum tarafından emilmesini sağlamak için spiral vakum hortumlarına geçirilen silikon reçine kanalları, önşekillerin alt ve üst kısımlarına yerleştirilir.
- Her bir önşeklin etrafı, sızdırmazlık bandı ile çevrelenir.
- Önşekil büyüklüğünün her bir kenarından 10 cm daha büyük olacak şekilde kesilen vakum filmi hazırlanır ve sızdırmazlık bandı yardımıyla yapıştırılır.
- Vakum pompasında (6 m³/saat yağlı pompa, KNF Lab., Laboport, A.B.D) gerekli ayarlamalar yapılır.
- Vakum hortumlarının bağlantıları yapılır.
- Reçine sisteme giriş hortumları vasıtasıyla verilir.

Reçinenin, sisteme verilışı esnasındaki görüntüler Şekil 2.48’de verilmiştir. Sistemin vakum basıncının, -0.96 bar olduğu esnada reçine verilmiş ve işlem esnasında basıncın bu değerde tutulması sağlanmıştır. Şekil 2.49’da, infüzyon şeması verilmiştir.



Şekil 2.48. Reçinenin sisteme yayılması.



Şekil 2.49. İnfüzyon şeması.

Sertleştirici oranı %2 olarak kullanıldığından, 65 dakika sonunda proses tamamlanmış ve vakum pompası kapatılarak, üretilen kompozit yapı cam masa üzerinden soyulmuştur. Üretilen kompozit yapının cam yüzeyden soyulmasına ait görüntüler Şekil 2.50’de verilmiştir.





Şekil 2.50. Kompozit yapının cam yüzeyden soyulması.

2.6.2.1. Kompozit Kalınlığının Hesaplanması

Kompozit üretimine başlamadan önce, kompozit kalınlığının hesaplanması oldukça önemlidir. Doğru kalınlığa ulaşmak için, kat sayısı, kumaşın birim ağırlığı, lif yoğunluğu ve yaklaşık lif hacminin bilinmesi gerekmektedir. Tez kapsamında yapılan çalışmalarda, lif hacmi 0.50 olarak alınmıştır. Bu durumda, reçine miktarı da 0.50 olacaktır. Kompozit kalınlığı, aşağıdaki formül (2.8) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Kompozit Kalınlığı} (d) = \frac{n \cdot A_w}{\rho_f \cdot V_f} \quad (2.8)$$

Burada;

d : kompozit kalınlığı (m),

n : kat sayısı

A_w : kumaş birim ağırlığı (kg/m^2)

ρ_f : lif yoğunluğu (kg/m^3)

V_f : lif hacmi (%)

Tez çalışması kapsamında geliştirilen önşekiller, 2400 tex E-cam kumaş için 4 kattan oluşmaktadır. E-cam lifinin yoğunluğu 2.57 g/cm^3 olarak alınmıştır. Dikişli numuneler için, dikiş ipliğinin ağırlığı ihmal edilmiştir.

Buna göre; 800 g/m^2 birim ağırlığa sahip 2400 tex E-cam kumaş kullanılarak geliştirilen önşekiller için yaklaşık kompozit kalınlığı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

2400 tex 4 katlı E-cam önşekiller için kompozit kalınlığı;

$$\text{Kompozit Kalınlığı} (d_{2400\text{tex}}) = \frac{4 \cdot 800 \cdot 10^{-3}}{2570 \cdot 0.50} = 2.49 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Yukarıdaki biçimde hesaplanan kompozit kalınlığından yola çıkılarak, kompozit üretimi esnasında kullanılacak olan reçine miktarını hesaplamak mümkündür. Kompozit üretiminden sonra, her bir yapının kalınlığı ölçüm yoluyla ayrıca belirlenecektir.

2.6.2.2. Reçine Miktarının Hesaplanması

Reçine miktarının hesaplanabilmesi için, polyester reçinenin yoğunluğuna, üretilecek olan kompozit yapının hacmine ve lif hacminden yola çıkılarak hesaplanan reçine hacmine ihtiyaç vardır. Kullanılan polyester reçinenin yoğunluğu 1.2 g/cm^3 'tür. Üretilecek kompozit yapıların boyutu ise $35 \times 35 \text{ cm}$ 'dir. Reçine miktarının hesaplanması için aşağıdaki formül (2.9) kullanılmıştır.

$$\text{Reçine Miktarı} = (\rho_m \cdot V_p) \cdot V_m \quad (2.9)$$

Burada;

V_p : kompozit hacmi (cm^3)

V_m : Reçine hacmi (volume fraction) (%)

ρ_m : polyester reçinenin yoğunluğu (g/cm^3)

2400 tex E-cam önşekiller için reçine miktarı;

$$\text{Reçine Miktarı}_{2400\text{tex}} = (1.2 \cdot 35 \cdot 35 \cdot 0.249) \cdot 0.50 = 183.015 \text{ g}$$

Bu şekilde hesaplanan reçine miktarına, reçinenin sisteme giriş-çıkışını sağlayan boru vb. tertibatı da dâhil ederek, 2400 tex E-cam kumaş kullanılarak geliştirilen önşekillerin kompozit üretiminde polyester reçine miktarı 400 g olarak belirlenmiştir. Dolgu maddesi ilave edilmeyen ve sadece polyester reçine kullanılarak üretilecek olan kompozit yapılar için, reçine miktarına bağlı olarak, polyester reçine içerisine ilave edilecek olan sertleştirici (MEKP) miktarı da hesaplanmıştır.

Dolgu maddesi ihtiva eden kompozit yapılara ait hesaplamalar ilgili bölümde detaylı olarak verilecektir. Sertleştirici (MEKP) oranı %2 olarak belirlenmiştir.

2400 tex E-cam önşekiller için sertleştirici (MEKP) miktarı;

$$\begin{aligned} \text{MEKP Miktarı} &= \text{Reçine Miktarı} \cdot \%2 \\ &= 400 \cdot 0.02 = 8 \text{ g} \end{aligned}$$

2.6.3. Dolgu Maddelerinin Özellikleri

Tez kapsamında nano ve mikron boyutundaki dolgu maddeleri, polyester reçine içerisine çeşitli oranlarda ilave edilerek VARTM yöntemi ile geliştirilen önşekillere uygulanmıştır.

Tablo 2.13'te, dolgu maddelerinin bazı özellikleri verilmiştir. Tablo 2.14'te, tez kapsamında kullanılan dolgu maddelerinin bazı mekanik özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.13. Toz haldeki dolgu maddelerinin özellikleri [156-158].

Madde	Formül	Parçacık boyutu	Molekül ağırlığı (g/mol)	Yoğunluk (g/cm ³)	Yüzey alanı (m ² /g)	Saflık (%)	Erime sıcaklığı (°C)	Fiyat (\$/kg)
Silika (nano)	SiO ₂ O=Si=O	10-20 nm	60.08	2.2-2.6	140-180	99.5	>1600	1374.5
Karbon (nano, küre)	C	<50 nm	12.01	2.1-2.3	>100	≥99	3550	9572
Silisyum Karbür	SiC C ⁻ ≡Si ⁺	<37 µm	40.10	3.22	-	≥97.5	2700	170.2
Kalsiyum Silikat	CaSiO ₃ O O ⁻ -Si-O ⁻ Ca ⁺⁺	-	116.16	2.9	-	12-22 Ca 60-80 Si	1540	60.8
Bor Karbür	CB ₄ C B B B	75 µm	55.25	2.51	-	98	2763	867.2
Titanyum Borür	TiB ₂ B≡Ti≡B	<10 µm	69.49	4.52	-	-	3230	1265
Karbon (mikro, küre)	C	2-12 µm	12.01	2.1-2.3	3.50-7.50	99.95	3550	5099

Tablo 2.14. Dolgu maddelerinin mekanik özellikleri [129, 157, 158].

Madde	Çekme mukavemeti	Elastik modül	Basma mukavemeti
Silika (nano)	110 MPa	73 GPa	690-1380 MPa
Karbon (nano-tüp)	200 GPa	1 TPa	-
Silisyum Karbür	-	410 GPa	4600 MPa
Kalsiyum Silikat	-	-	-
Bor Karbür	350 MPa	440-470 GPa	1400-3400 Mpa
Titanyum Borür	260 MPa	448 - 451 GPa	-
Karbon (mikro)	-	21 GPa	300 MPa

Çalışma kapsamında kullanılan dolgu maddelerinin SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüleri alınarak (FEI Quanta250 FEG, A.B.D), görüntü analiz yazılımı (Scandium) vasıtasıyla parçacık boyutları belirlenmiştir. Nano-silika ve kalsiyum silikat maddelerinin parçacık boyutu analizinde, SEM yöntemi yeterli gelmediğinden Atomik Kuvvet Mikroskobu (Veeco, Multi-mode Nanoscope-3D, A.B.D) kullanılmıştır. AFM analizinde, temassız ‘tapping-mode’ kullanılmıştır. Osilasyon frekansı 300 kHz olarak ayarlanmış ve ticari silikon (Tica Tap 300 Al) ‘tip’ kullanılarak, analizler ortam basıncı, oda sıcaklığı ve neminde gerçekleştirilmiştir. Tablo 2.15’te, kullanılan dolgu maddeleri ve bu maddelerin parçacık boyut analizi sonuçları verilmiştir.

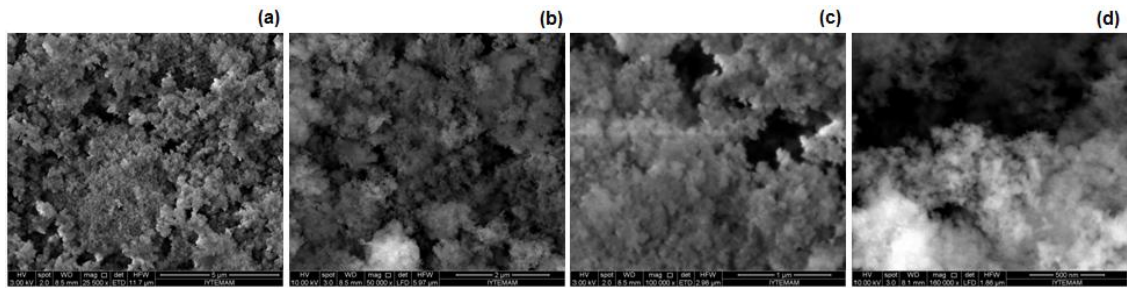
Tablo 2.15. Dolgu maddelerinin parçacık boyut analizi sonuçları.

Madde	Ortalama parçacık boyutu	Maksimum parçacık boyutu	Minimum parçacık boyutu
Silika (nano)	30.80 ± 8.62 nm	36.89 nm	24.70 nm
Karbon (nano)	40.71 ± 7.39 nm	58.84 nm	30.77 nm
Silisyum Karbür	23.86 ± 7.44 µm	40.51 µm	9.40 µm
Kalsiyum Silikat	1.52 ± 1.25 µm	2.70 µm	218.88 nm
Bor Karbür	66.98 ± 12.21 µm	95.65 µm	45.57 µm
Titanyum Borür	4.62 ± 1.62 µm	9.15 µm	1.46 µm
Karbon (mikro)	3.66 ± 1.32 µm	8.72 µm	1.60 µm

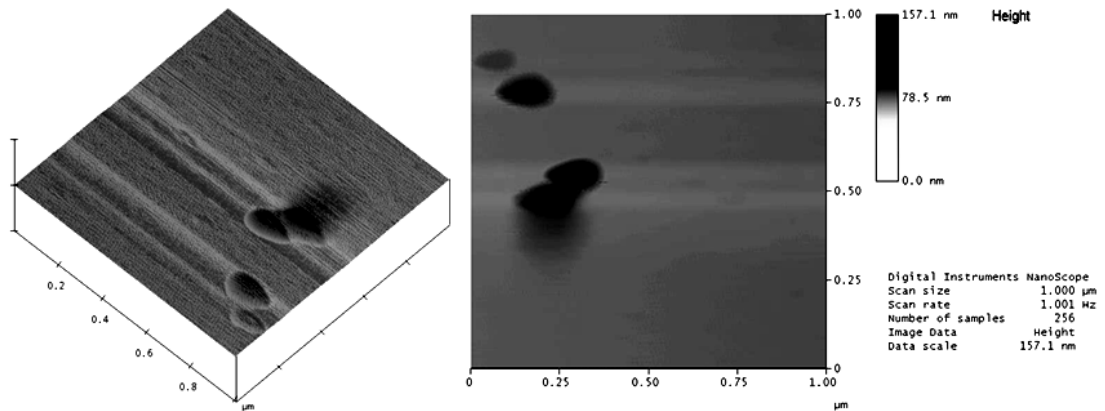
2.6.3.1. Nano-Silika

Tez kapsamında kullanılan silika (ürün kodu: 637238, Sigma-Aldrich), amorf yapıda ve nano parçacık boyutundadır [156]. Silika, doğada kumtaşı, kum veya kuvars biçimde bulunmaktadır. Silika, silikat camlarının ve seramiklerin başlangıç maddesidir ve yeryüzünde en çok bulunan oksit maddedir. Amorf veya çeşitli kristal formlarda bulunabilir. Genellikle, kristal olmayan oksidasyon ürünü olarak silikon veya silikon bileşikleri şeklinde oluşmaktadır. Silikanın, kuvars, tridimit ve kristobalit olmak üzere üç farklı kristalin formu bulunmaktadır. Kristal olmayan formu ise yüksek saflık derecesinde (yaklaşık olarak 99.4–99.9% SiO₂) silika içeren amorf silika türüdür (fused silica). Bu tür silika, iyi dielektrik ve yalıtım özelliklerinden dolayı, elektronik endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Silika, çok iyi aşınma dayanımı, elektriksel yalıtım, yüksek termal stabilite özelliklerine sahiptir ve hidrojen florür (HF)

hariç, diğer tüm asitler içinde çözünme göstermez [157]. Silika, cam üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır. Cam; silika, kalsiyum oksit ve sodanın karışımı ile üretilmektedir. Silikanın öğütülerek spesifik parçacık boyutlarına getirilebilmesi, dolgu maddesi olarak kullanılmasına olanak vermiştir. Mikro silika (silica fume), silikon metal alaşımlarının üretiminde yan üründür. Mikro silikanın en çok kullanıldığı alan beton takviyesidir. Mikro silika ilavesiyle daha dayanıklı ve uzun ömürlü beton elde etmek mümkündür [157]. Şekil 2.51 ve 2.52’de sırasıyla, nano-silika maddesinin toz halindeki SEM ve AFM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.51. Toz halindeki nano-silika maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 25.000$, (b); $\times 50.000$, (c); $\times 100.000$, (d); $\times 160.000$.

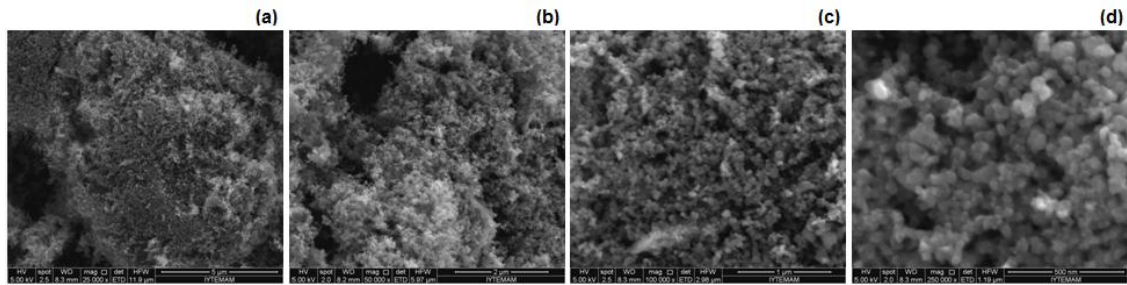


Şekil 2.52. Toz halindeki nano-silika maddesinin AFM görüntüleri.

2.6.3.2. Nano-Karbon

Tez kapsamında kullanılan nano-karbon (ürün kodu: 633100, Sigma-Aldrich), küre yapıdadır [156]. Karbon, tamamıyla karbondan oluşan ve kuvvetli karbon-karbon bağları içeren, dayanım, sertlik ve aşınma dayanımı özelliklerine sahip bir maddedir.

Karbon, diğer birçok malzemeye ilave edilerek, kimyasal, mekanik ve tribolojik özelliklerini arttırmaktadır. Amorf karbon, oldukça sert ve güçlü bir bileşiktir. Yüksek dayanım ve aşınma özellikleri birçok uygulamada kullanılmasının yolunu açmaktadır. Grafit ise, kristal yapının dizilişinden dolayı yumuşak ve nispeten daha düşük dayanım özelliklerine sahiptir. Amorf karbon ve grafitin uygun birleşimleri ile hem dayanım hem de sağlamlık özelliklerine sahip materyaller elde etmek mümkündür [157]. Şekil 2.53'te, nano-karbon maddesinin toz halindeki SEM görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



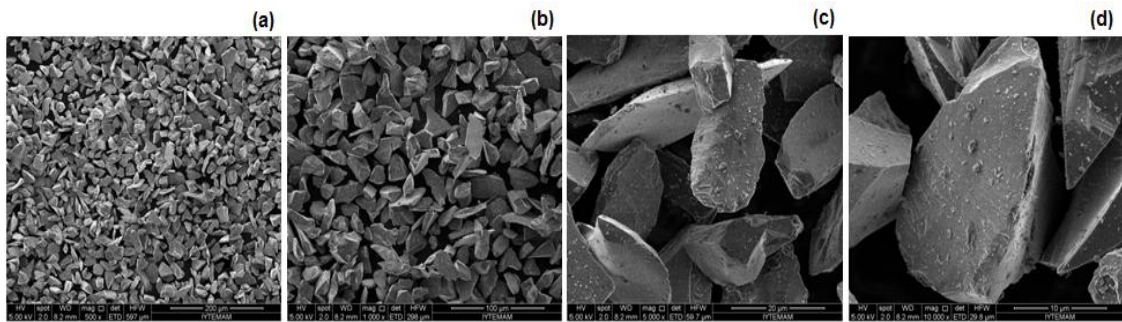
Şekil 2.53. Toz halindeki nano-karbon maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 25.000$, (b); $\times 50.000$, (c); $\times 100.000$, (d); $\times 250.000$.

2.6.3.3. Silisyum Karbür

Silisyum karbür, 1893 yılından bu yana üretilen aşındırıcı olarak kullanılan bir maddedir. Silisyum karbür granülleri, sinterleme ile birbirlerine bağlanarak özellikle otomobil fren sistemi, balistik koruyucu plaka olarak kullanılan oldukça sert seramik yapılara dönüştürülebilirler. Silisyum karbür, yaklaşık 250 farklı kristal forma sahiptir. Bu kristal yapılar, temelde kimyasal bileşim olarak aynıdır. Alfa silisyum karbür (α -SiC), en yaygın kristal yapıdır ve 1700°C 'nin üstündeki sıcaklıklarda oluşan hegzagonal kristal yapılardır. Beta modifikasyonu (β -SiC) ise, elmasa benzer yapıdadır ve 1700°C 'nin altındaki sıcaklıklarda oluşurlar. Saf silisyum karbür renksizdir, ancak kahverengiden siyaha doğru olan renk değişimleri, demir elementinden kaynaklanan safsızlıklardır. Silisyum karbür, yüksek süblimasyon sıcaklığına (yaklaşık 2700°C) sahiptir ve bilinen herhangi bir basınç altında erime göstermediği gibi kimyasallara karşı inerttir. Silisyum karbür, yarı iletken bir maddedir ve yüksek ısı iletkenliğe sahiptir. Kullanım alanları; aşındırıcı malzeme, balistik koruyucu kompozit yapılar, otomobil fren sistemleri, elektrik ve elektronik sistemler, düşük ısıl genleşme katsayısı

($4.0 \times 10^{-6}/K$), sertlik, rijitlik ve ısı iletkenlik özelliklerinden dolayı astronomik teleskopların ayna sistemleri, yüksek performanslı lif, ısıtma elemanı, mücevher ve çelik üretimidir [159].

Şekil 2.54'te, silisyum karbür maddesinin (ürün kodu: 357391, Sigma-Aldrich) [156] toz halindeki SEM görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.

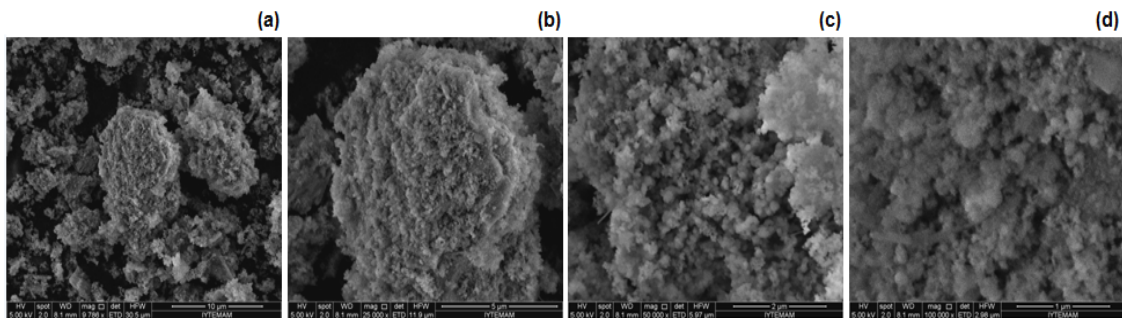


Şekil 2.54. Toz halindeki silisyum karbür maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 500$, (b); $\times 1.000$, (c); $\times 5.000$, (d); $\times 10.000$.

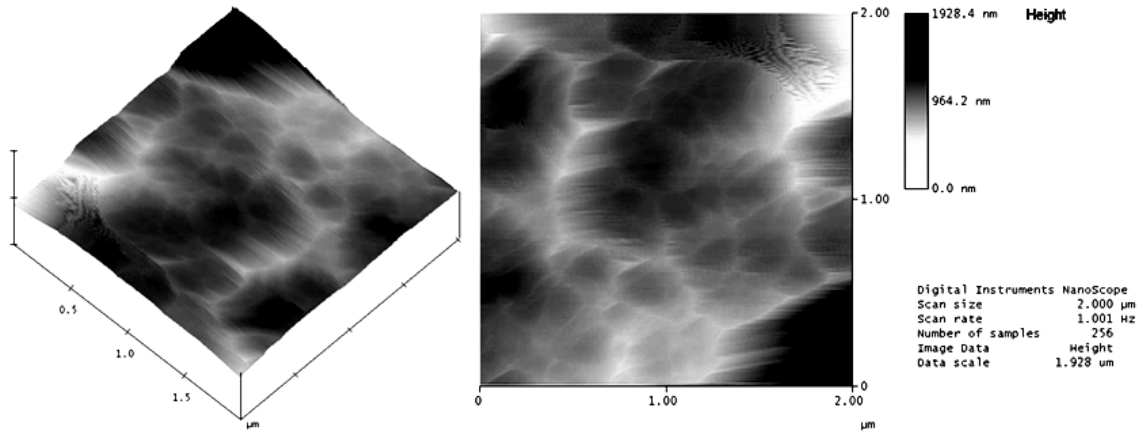
2.6.3.4. Kalsiyum Silikat

Kalsiyum silikat, genellikle ısı yalıtım malzemesi olarak asbest lifinin yerine kullanılmaktadır. Ayrıca, kalsiyum silikat pasif yangın koruyucu malzeme olarak da kullanılmaktadır [159].

Şekil 2.55 ve 2.56'da sırasıyla, kalsiyum silikat maddesinin (ürün kodu: 13703, Sigma-Aldrich) [156] toz halindeki SEM ve AFM görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



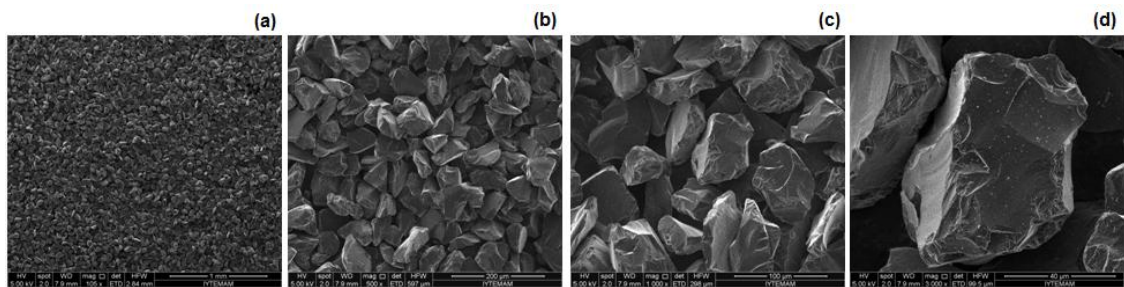
Şekil 2.55. Toz halindeki kalsiyum silikat maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 9.786$, (b); $\times 25.000$, (c); $\times 50.000$, (d); $\times 100.000$.



Şekil 2.56. Toz halindeki kalsiyum silikat maddesinin AFM görüntüleri.

2.6.3.5. Bor Karbür

Bor karbür, yüksek sertlik derecesi ile bilinen bir bileşiktir. Yüksek aşınma dayanımı ve mukavemet gerektiren alanlarda kullanılmaktadır. Yüksek elastik modül ve basma dayanımının yanı sıra, düşük yoğunluğa sahip olmasından dolayı balistik koruyucu olarak kullanımı yaygındır. Bor karbür, asitlere karşı dayanımlı olmasına karşın alkalilerden etkilenmektedir [157]. Bor karbür, ilk olarak 19. yüzyılda, metal borür reaksiyonlarında yan ürün olarak bulunmuştur. Şekil 2.57’de, bor karbür maddesinin (ürün kodu: 378100, Sigma-Aldrich) [156] toz halindeki SEM görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.

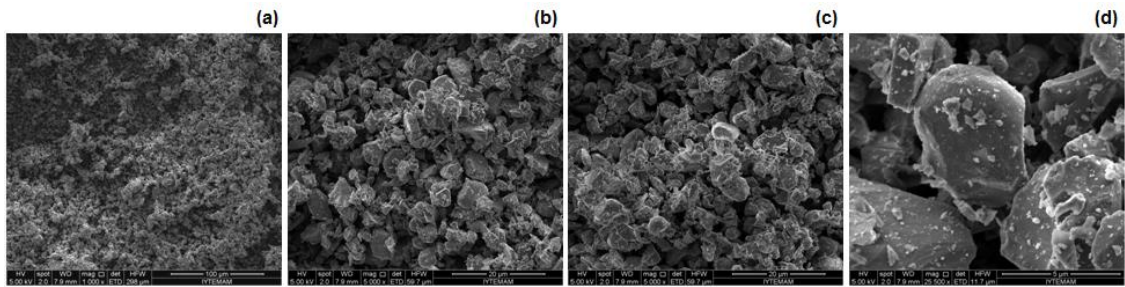


Şekil 2.57. Toz halindeki bor karbür maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 105$, (b); $\times 500$, (c); $\times 1.000$, (d); $\times 3.000$.

2.6.3.6. Titanyum Borür

Titanyum borür, oldukça sert bir seramik bileşiktir ve erozif aşınmaya karşı dayanıklıdır. Yüksek erime sıcaklığı, ısıl iletkenlik ve elektriksel iletkenlik özelliğine sahiptir. 1100°C 'ye kadar hava ile oksidasyona, hidroklorik ve hidroflorik aside karşı

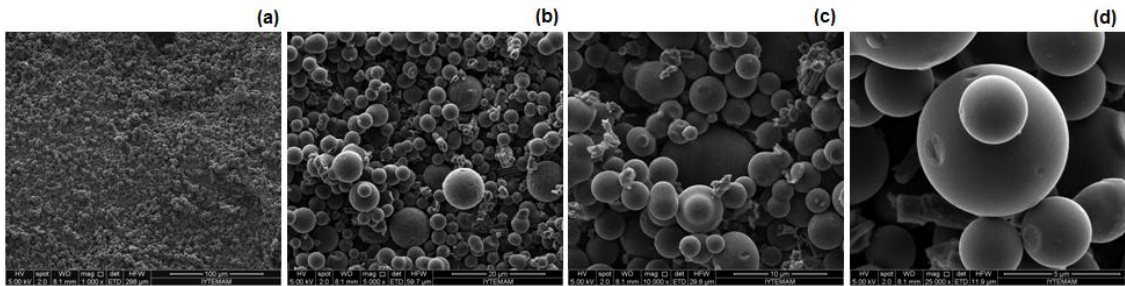
dayanıklıdır. Ancak, alkaliler, nitrik asit ve sülfürik asit ile reaksiyona girebilir. Titanyum borür, balistik koruyucu yapılar, kesici aletler ve aşınma dayanımı yüksek kaplamalar gibi bazı spesifik alanlarda kullanılmaktadır [159]. Şekil 2.58’de, titanyum borür maddesinin (ürün kodu: 336289, Sigma-Aldrich) [156] toz halindeki SEM görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 2.58. Toz halindeki titanyum borür maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 1.000$, (b), (c); $\times 5.000$, (d); $\times 25.000$.

2.6.3.7. Mikro-Karbon

Şekil 2.59’da, mikro-karbon maddesinin (ürün kodu: 484164, Sigma-Aldrich) [156] toz halindeki SEM görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 2.59. Toz halindeki mikro-karbon maddesinin SEM görüntüleri, (a); $\times 1.000$, (b), (c); $\times 5.000$, (d); $\times 25.000$.

2.6.4. Dolgulu Kompozit Yapıların Üretimi

Tez kapsamında, dolgulu kompozit yapılar için dolgu maddesi oranları, VARTM metoduna uygun viskozite ve jelleşme süresinin elde edilebilmesi ve dolgu maddelerinin polyester reçine içerisinde düzgün dağılımının sağlanarak aglomerasyonun

minimum düzeyde tutulabilmesi için, düşük tutulmuştur. Buna göre dolgu maddesi oranları reçinenin ağırlıkça %2.5, %5 ve %7.5'i olarak belirlenmiştir.

2.6.4.1. Dolgu Maddesi Miktarının Hesaplanması

Dolgu maddesi miktarının hesaplanması için öncelikle, reçine yoğunluğu ile kullanılacak olan reçine miktarına ihtiyaç vardır (2.10);

$$X_r = \rho_r \cdot M_r \quad (2.10)$$

Burada;

X_r : Reel reçine ağırlığı (g)

ρ_r : Reçine yoğunluğu (g/cm³)

M_r : Reçine miktarı (g)

Reçineye ilave edilecek dolgu maddesi miktarının hesaplanması için aşağıdaki formül (2.11) kullanılmıştır.

$$X_d = X_r \cdot \% wt (toz) \quad (2.11)$$

Burada;

X_d : Dolgu maddesi ağırlığı (g)

X_r : Reçine ağırlığı (g)

% wt (toz) : Ağırlıkça % dolgu maddesi

Dolgu maddesi miktarı hesaplandıktan sonra, fiili kullanılacak olan polyester reçine miktarının hesaplanması için, reçine ağırlığından dolgu maddesi ağırlığının çıkartılması gerekmektedir (2.12).

$$W_r = X_r - X_d \quad (2.12)$$

Burada;

W_r : Reçine miktarı (g)

X_r : Reçine miktarı (g)

X_d : Dolgu maddesi miktarı (g)

Sertleştirici (MEKP) miktarının hesaplanması için aşağıdaki formül (2.13) kullanılmıştır.

$$W_{MEKP} = W_r \cdot \%wt(MEKP) \quad (2.13)$$

Burada;

W_{MEKP} : MEKP miktarı (g)

W_r : Reçine miktarı (g)

$\%wt(MEKP)$: Ağırlıkça % MEKP

Hızlandırıcı (CoNAP) miktarının hesaplanması için aşağıdaki formül (2.14) kullanılmıştır.

$$W_{CoNAP} = W_r \cdot \%wt(CoNAP) \quad (2.14)$$

Burada;

W_{CoNAP} : CoNAP miktarı (g)

W_r : Reçine miktarı (g)

$\%wt(CoNAP)$: Ağırlıkça % CoNAP

2.6.4.2. Dolgu Maddesinin Polyester Reçine İçerisinde Karıştırılması

Toz haldeki dolu maddesinin polyester reçine içerisine karıştırılması işlemi iki aşamada gerçekleştirilmiştir:

1. Mekanik karıştırıcı (IKA-T25 Digital Ultra Turrax, IKA® Werke GmbH & Co. KG)

Karıştırma süresi : 2 dakika

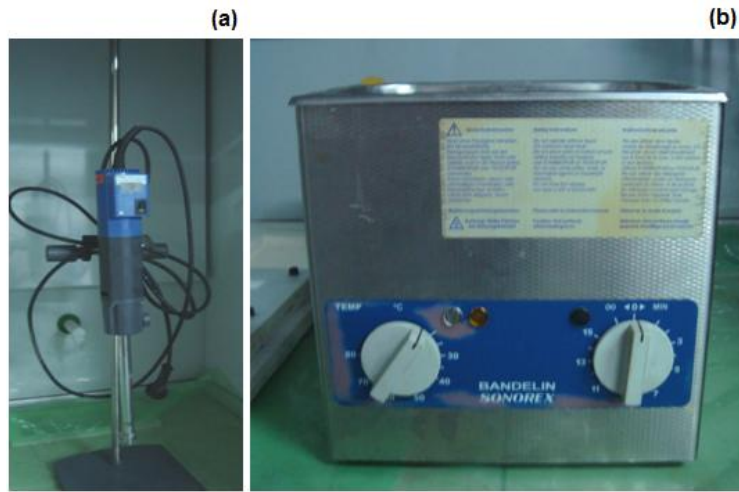
Hız ve Sıcaklık : 20.000 rpm, 25°C

2. Ultrasonik banyo (Sonorex RK-100H, Bandelin, Almanya)

Karıştırma süresi : 5 dakika

Sıcaklık : 25°C

Şekil 2.60'ta, dolgu maddelerinin polyester reçine içerisinde karıştırılmasında kullanılan mekanik karıştırıcı ve ultrasonik banyo cihazlarına ait görüntüler verilmiştir.

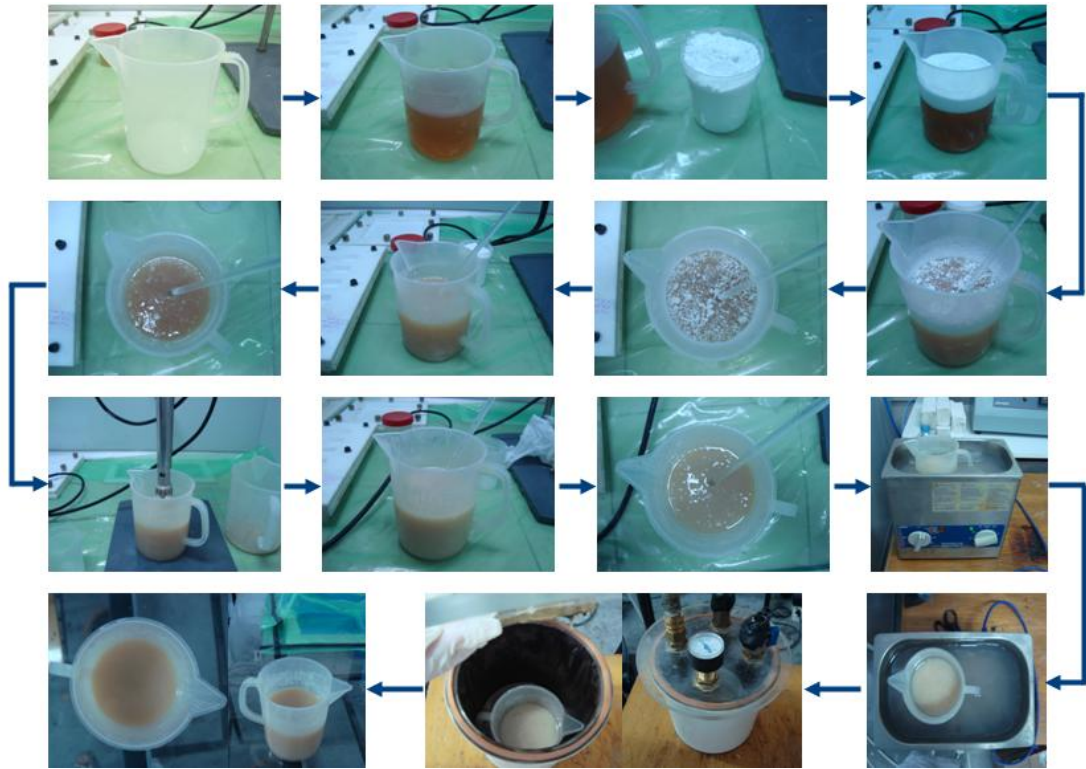


Şekil 2.60. (a); Mekanik karıştırıcı, (b); ultrasonik banyo.

Mekanik karıştırıcının ucu, reçine ve dolgu maddesi içeren ve cam baget yardımıyla kabaca karıştırılmış olan kaba daldırılmıştır. Karıştırıcı ucun, kabın alt kısmına değmemesi ancak, verimli bir karıştırmanın gerçekleşmesi için tamamıyla karışıma daldırılması gerekmektedir. Karıştırıcı ucun uygun konumda sabitlenmesinin ardından cihaz 3.000 rpm’de çalıştırılmaya başlanmış, karıştırma hızı kademeli olarak 20.000 rpm’e çıkartılmıştır. 20.000 rpm’de 2 dakika karıştırıldıktan sonra, karıştırma hızı yine kademeli olarak 3.000 rpm’ye düşürülmüş ve işlem sonlandırılmıştır.

Ultrasonik banyo, yaydığı ultrasonik ses dalgaları (35 kHz frekansta) ile mekanik karıştırıcı ile karıştırılmış olan reçinede küçük gaz baloncukları oluşturarak, özellikle nano boyutta parçacık büyüklüğüne sahip dolgu maddelerinin reçine içerisinde homojen olarak dağılımına katkıda bulunmuştur. Ultrasonik banyo içerisine saf su ilave edilerek, kap içerisindeki karışımın tamamının su seviyesinin altında kalması sağlanmıştır. İşlem sırasında, yayılan ultrasonik dalgalardan dolayı reçine karışımında ısınma gözlemlendiğinden, sıcaklık 25°C olarak ayarlanmıştır. Zaman ayarlayıcı 5 dakika olarak ayarlanmış ve 5 dakikanın sonunda işlem sonlandırılmıştır. Belirlenen bu iki aşamalı karıştırma prosedürü, kullanılan tüm dolgu maddelerinin polyester reçine içerisine karıştırılmasında kullanılmıştır. Karıştırma işleminin ardından, reçinede meydana gelen hava kabarcıklarının yok edilmesi amacıyla, karışım vakumlanmıştır. VARTM metodu ile reçinenin sisteme verilmesinden önce gerekli miktarlarda hesaplanan sertleştirici ve hızlandırıcı madde ilavesi yapılmıştır. Bu maddelerin, dolgu maddesi ihtiva eden polyester reçine içerisinde homojen karışımı, ince bir cam baget kullanılarak, yavaş

hareketlerle ve hava kabarcığı oluşmamasına dikkat ederek yapılmıştır. Dolgu maddeleri, 0.1 mg hassasiyet ve 230 g maksimum tartım kapasitesine sahip hassas terazide (Denver Instrument, SI-234, A.B.D) tartılmıştır. Dolgu maddesinin polyester reçine içerisine karıştırılması Şekil 2.61’de aşamalı olarak verilmiştir.



Şekil 2.61. Dolgu maddesinin polyester reçine içerisinde karıştırılma aşamaları.

Dolgu maddesi ilave edilmeksizin hazırlanan polyester reçinede sadece ağırlıkça %2 oranında sertleştirici (MEKP) kullanılmıştır. Ancak, dolgu maddesinin ilavesi ile birlikte uygulanan karıştırma işlemi, yol açtığı güçlü kayma kuvvetlerinden dolayı polyester reçinede ısınmaya ve polyester reçinenin ihtiva ettiği stiren miktarında, belirlenemeyen bir eksilmeye neden olmuştur. Bunun sonucu olarak, dolgu maddesi ilave edilen polyester reçine, ağırlıkça %2 sertleştirici ilavesi ile uygun jelleşme özelliği göstermemiştir.

Her bir dolgu maddesinin polyester reçineye ilavesi ve karıştırma işlemlerinden sonra sertleştirici (MEKP) ve hızlandırıcı (CoNAP) ilavelerine bağlı olarak jelleşme süreleri deneysel olarak belirlenmiştir. Tablo 2.16’da, her bir dolgu maddesinin polyester reçine ile karıştırılmasında kullanılan çalışma koşulları verilmiştir.

Tablo 2.16. Dolgu maddelerinin polyester reçine ile karıştırılmasında kullanılan çalışma koşulları.

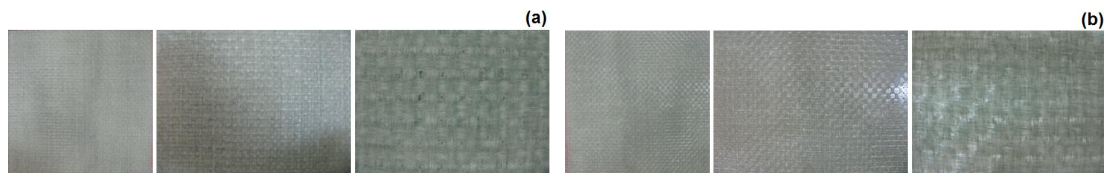
Dolgu maddesi	Dolgu maddesi oranı	Sertleştirici (MEKP)	Hızlandırıcı (CoNAP)	Karıştırma koşulları		Jelleşme süresi
				Mekanik karıştırma	Ultrasonik karıştırma	
Silika (nano)	%2.5	%4	%0.3	2 dak. 20.000 rpm	5 dak. 25°C	40 dak.
	%5					60 dak.
	%7.5					90 dak.
Karbon (nano)	%5	%4	%0.3	2 dak. 20.000 rpm	5 dak. 25°C	40 dak.
Silisyum Karbür	%2.5	%2	-	2 dak. 20.000 rpm	5 dak. 25°C	65 dak.
	%5					
	%7.5					
Kalsiyum Silikat	%2.5	%1.5	%0.3	2 dak. 20.000 rpm	5 dak. 25°C	45 dak.
	%5					
	%7.5					
Bor Karbür	%5	%1.5	%0.3	2 dak. 20.000 rpm	5 dak. 25°C	45 dak.
Titanyum Borür	%5	%1.5	%0.3	2 dak. 20.000 rpm	5 dak. 25°C	40 dak.
Karbon (mikro)	%5	%1.5	%0.3	2 dak. 20.000 rpm	5 dak. 25°C	40 dak.

2.7. Kompozit Görüntü Analizi

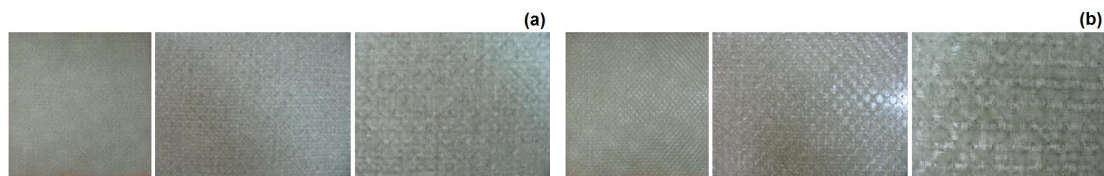
2.7.1. E-Cam/Polyester Kompozitlerin Dijital Görüntü Analizi

2.7.1.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar

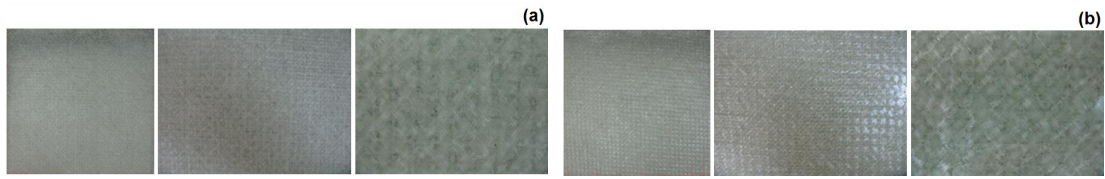
Şekil 2.62’de, E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapının ön ve arka yüz görüntüleri verilmiştir. Şekil 2.63 ve 2.64’te, E-cam/Polyester dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapılara ait ön ve arka yüz görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.62. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T1-a].



Şekil 2.63. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/oryantasyonlu), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T1-b].

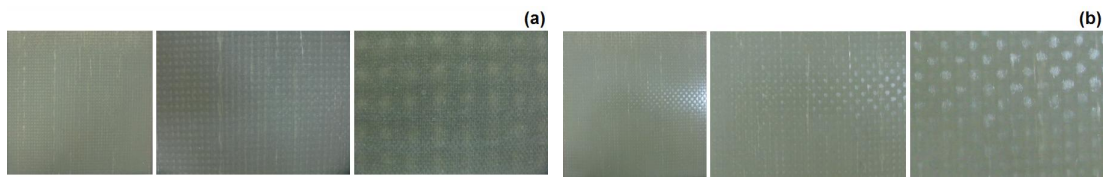


Şekil 2.64. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/oryantasyonlu), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T1-c].

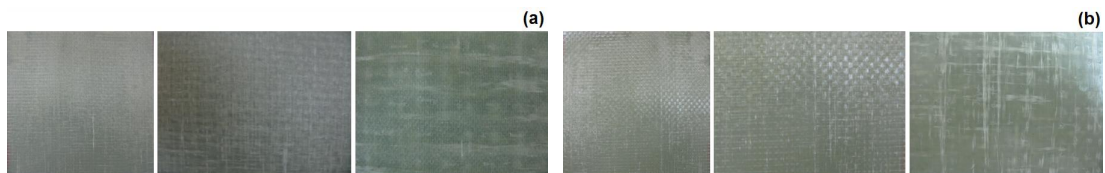
2.7.1.2. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Dikişsiz/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

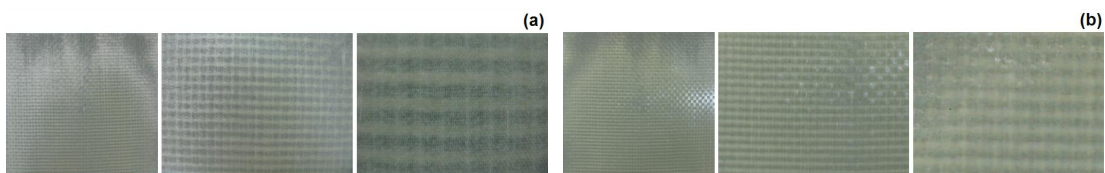
Şekil 2.65, 2.66 ve 2.67’de sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%2.5-silika), (%5-silika) ve (%7.5-silika) kompozit yapıların ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.65. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/nano/%2.5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T2-a].

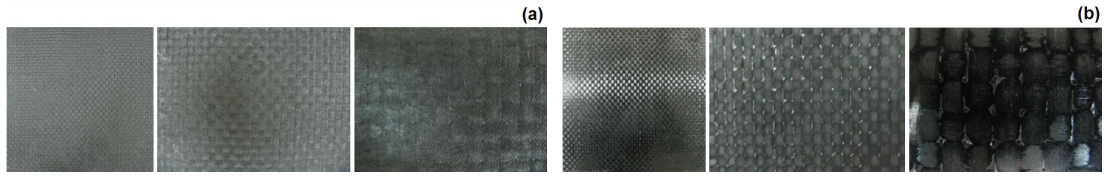


Şekil 2.66. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/nano/%5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T2-b].



Şekil 2.67. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/nano/%7.5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T2-c].

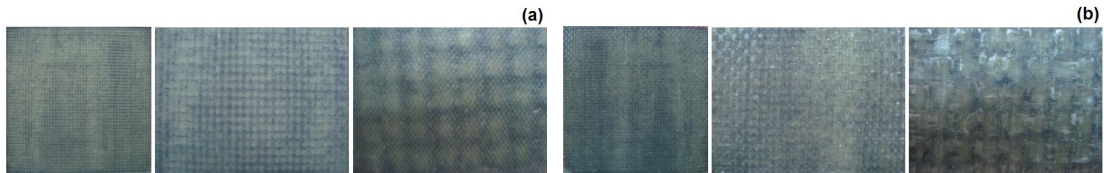
Şekil 2.68’de, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%5-karbon) kompozit yapının ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



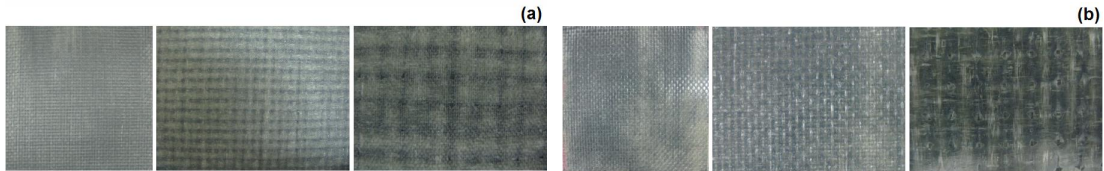
Şekil 2.68. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5- karbon), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T2-d].

Dikişsiz/Mikro Dolgulu Kompozit Yapılar

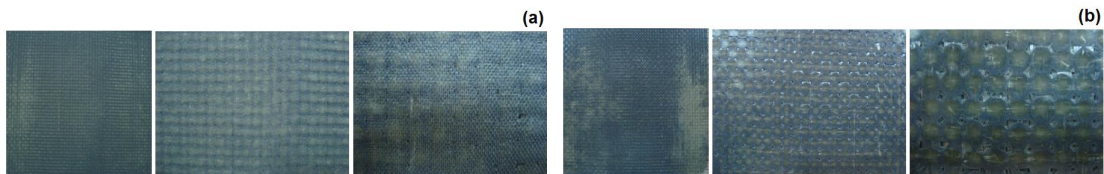
Şekil 2.69, 2.70 ve 2.71’de sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz/mikro dolgulu (%2.5-silisyum karbür), (%5-silisyum karbür) ve (%7.5-silisyum karbür) kompozit yapıların ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.69. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%2.5-silisyum karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-a25].

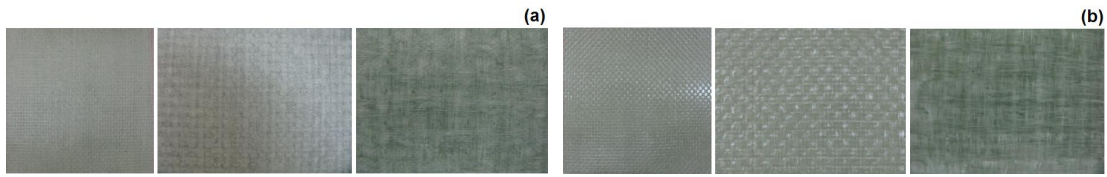


Şekil 2.70. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5-silisyum karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-a].

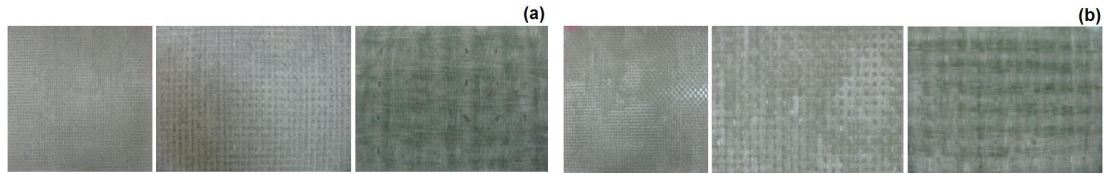


Şekil 2.71. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%7.5-silisyum karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-a75].

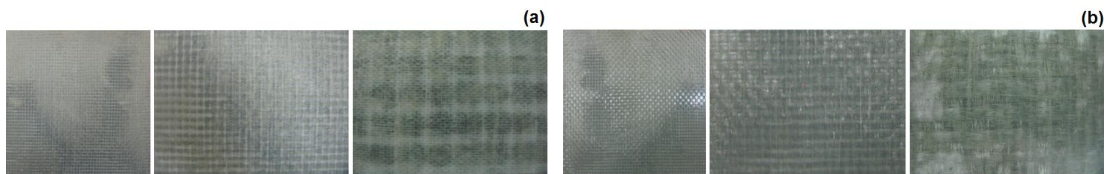
Şekil 2.72, 2.73 ve 2.74’te sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz/mikro dolgulu (%2.5-kalsiyum silikat), (%5-kalsiyum silikat) ve (%7.5-kalsiyum silikat) kompozit yapıların ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.72. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%2.5-kalsiyum silikat), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-b25].

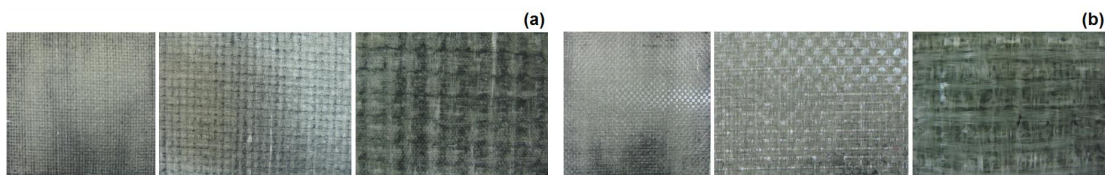


Şekil 2.73. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5-kalsiyum silikat), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-b].

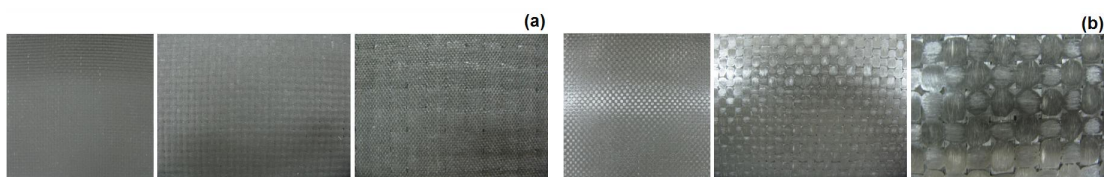


Şekil 2.74. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%7.5-kalsiyum silikat), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-b75].

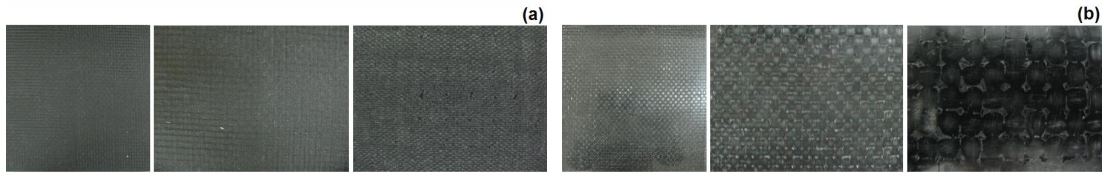
Şekil 2.75, 2.76 ve 2.77’de sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz/mikro dolgulu (%5-bor karbür), (%5-titanyum borür) ve (%5-karbon) kompozit yapıların ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.75. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5- bor karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-c].



Şekil 2.76. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%5-titanyum borür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-d].

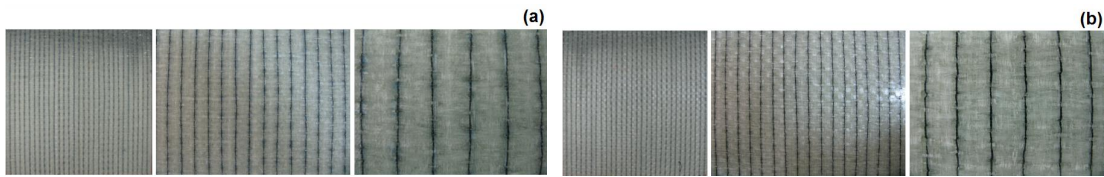


Şekil 2.77. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5-karbon), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T3-e].

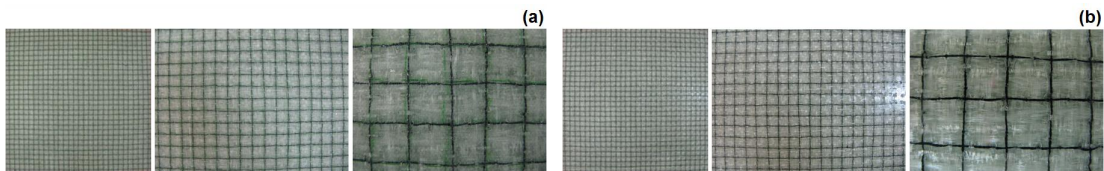
2.7.1.3. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

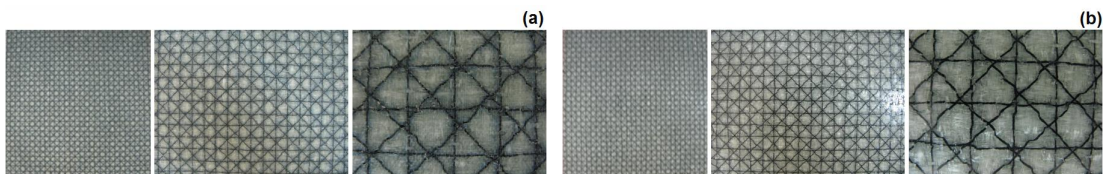
Şekil 2.78, 2.79 ve 2.80'de sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapıların ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.78. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-a].

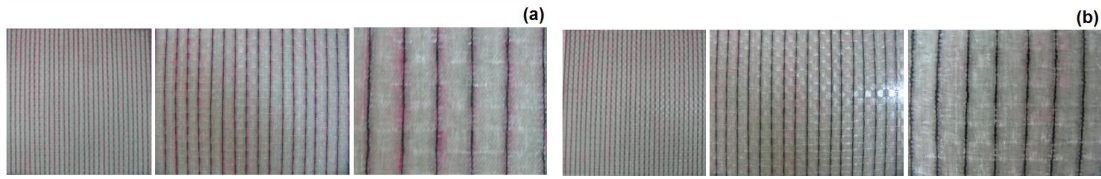


Şekil 2.79. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-b].

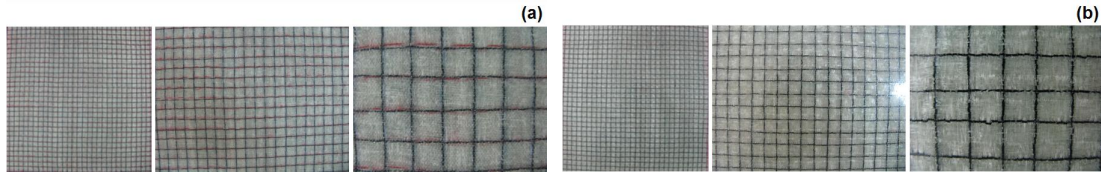


Şekil 2.80. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-c].

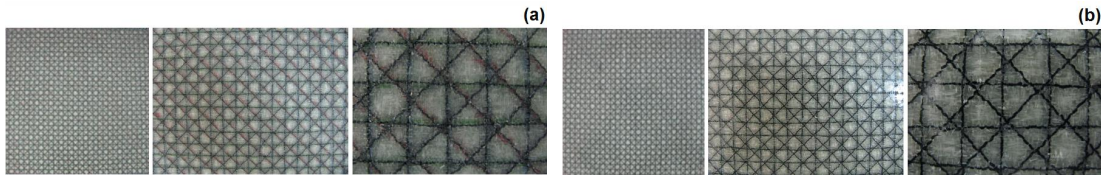
Şekil 2.81, 2.82 ve 2.83'te sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapıların ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.81. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-d].

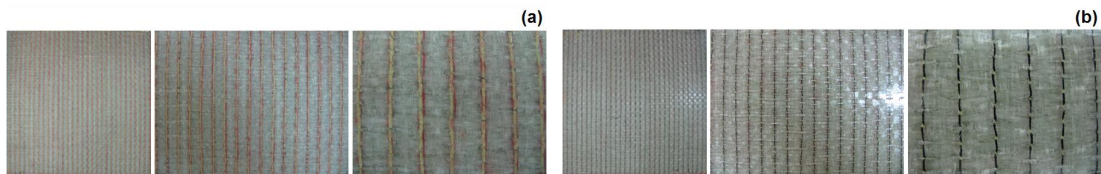


Şekil 2.82. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-e].

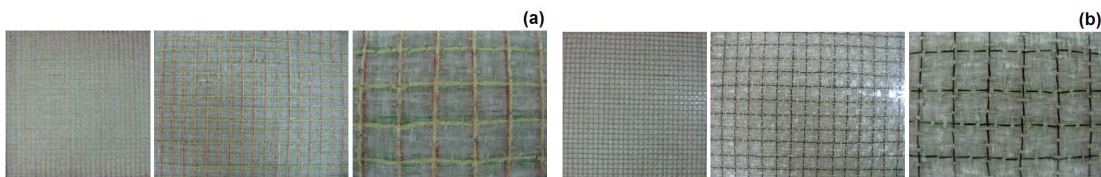


Şekil 2.83. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-f].

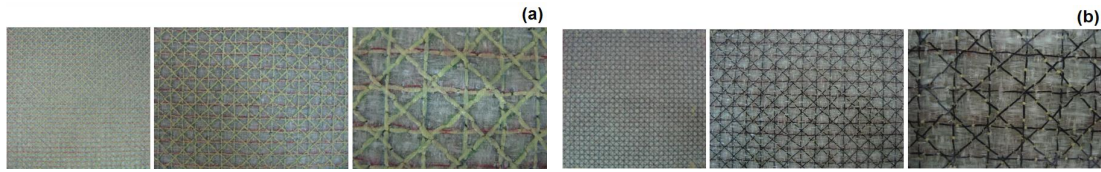
Şekil 2.84, 2.85 ve 2.86’da sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli (Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapıların ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.84. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-g].

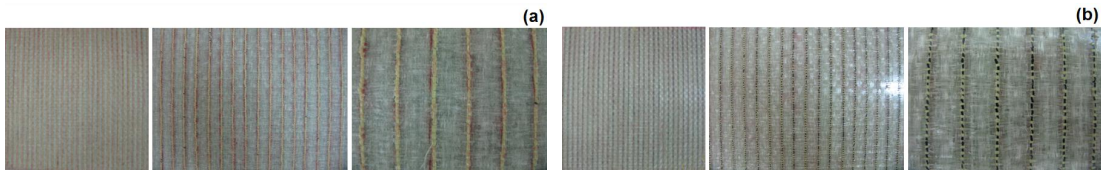


Şekil 2.85. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-h].

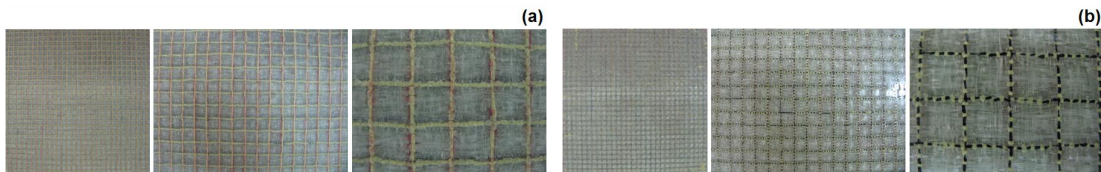


Şekil 2.86. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-i].

Şekil 2.87 ve 2.88’de sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön ve iki yön makine dikişli (Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapıların ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.

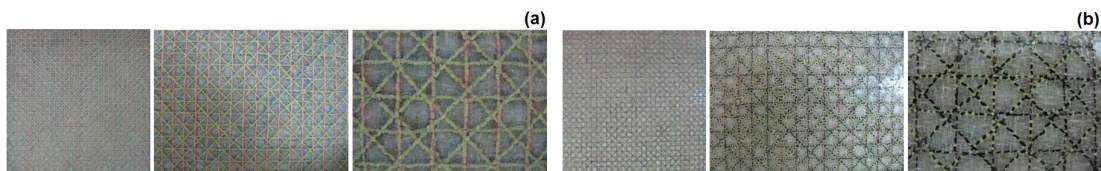


Şekil 2.87. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-j].



Şekil 2.88. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-k].

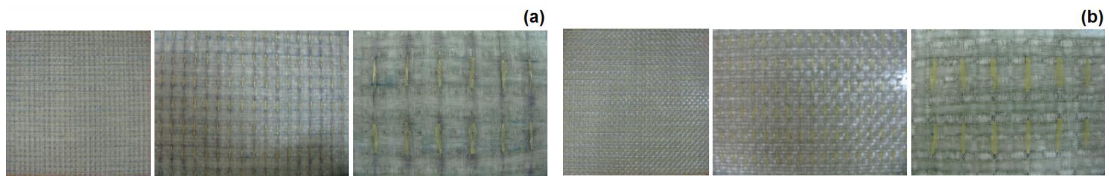
Şekil 2.89’da, E-cam/Polyester dört yön makine dikişli (Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapıların ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



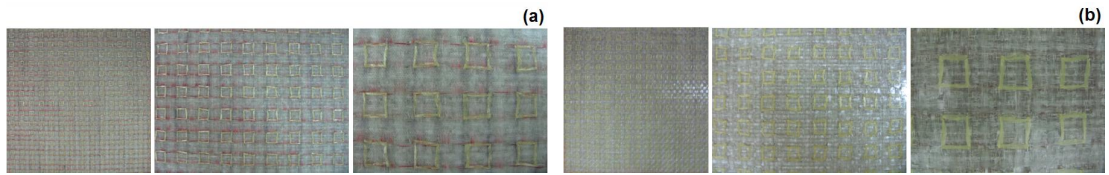
Şekil 2.89. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T4-l].

El Dikişli Kompozit Yapılar

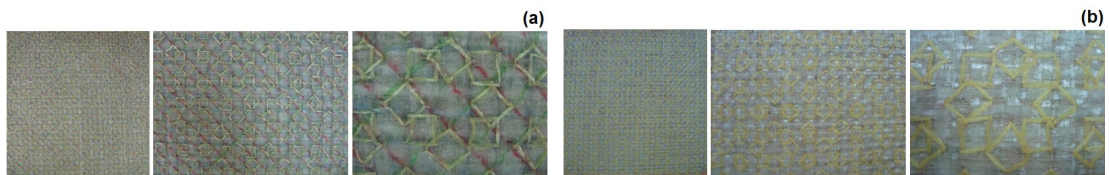
Şekil 2.90, 2.91 ve 2.92’de sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli (Kevlar®129 dikiş ipliği) kompozit yapıların ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.90. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-a].

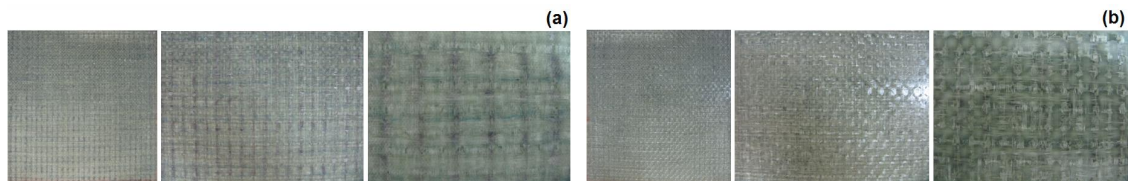


Şekil 2.91. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-b].

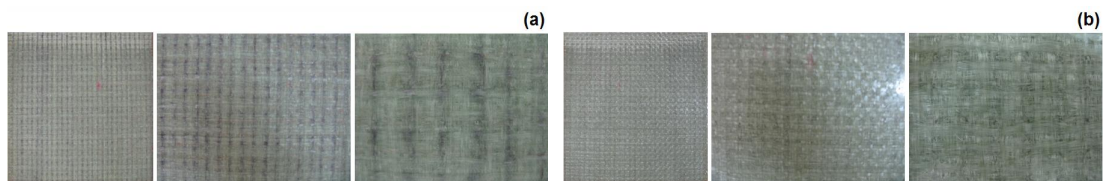


Şekil 2.92. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-c].

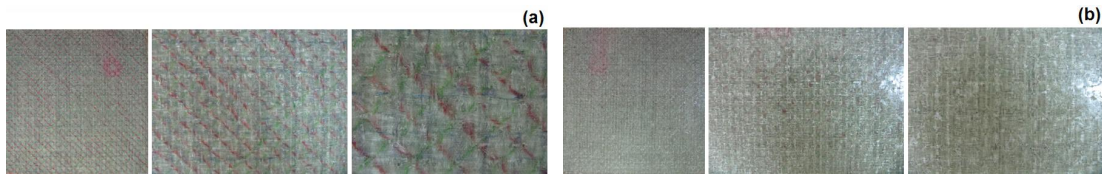
Şekil 2.93, 2.94 ve 2.95'te sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.93. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-d].

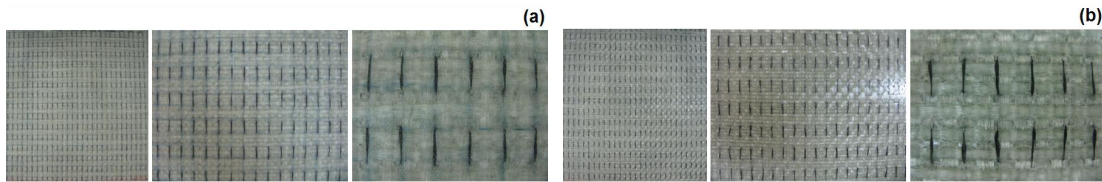


Şekil 2.94. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-e].

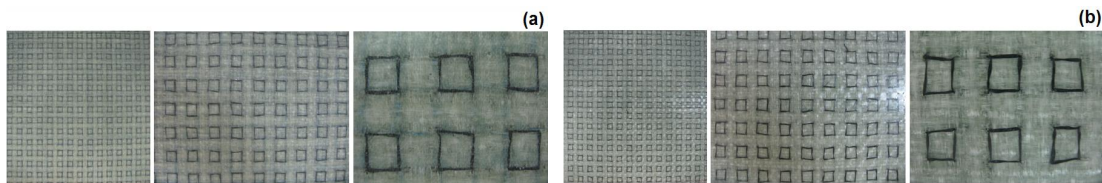


Şekil 2.95. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-f].

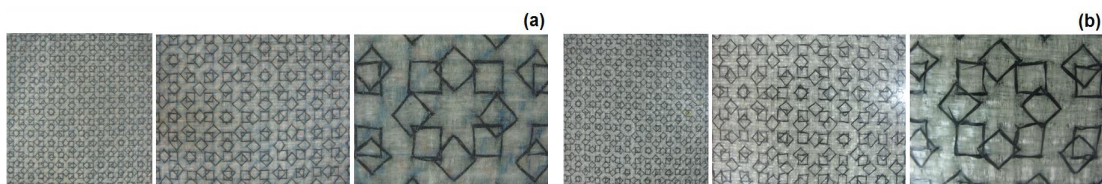
Şekil 2.96, 2.97 ve 2.98’de sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli (Karbon dikiş ipliği) kompozit yapıların ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.96. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/tek yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-g].



Şekil 2.97. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/iki yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-h].

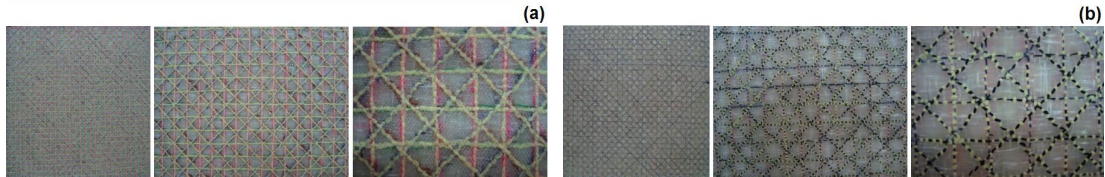


Şekil 2.98. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T5-i].

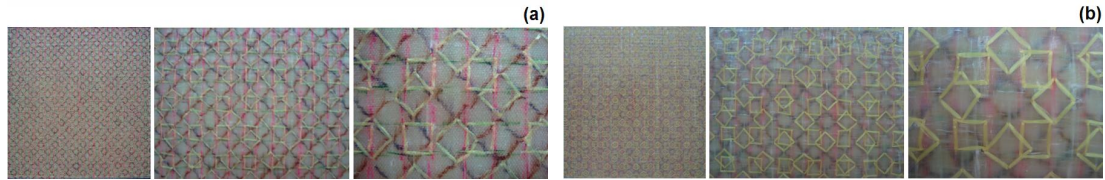
2.7.1.4. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 2.99’da, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (makine dikişli/dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) kompozit yapının ön ve arka yüzey görüntüleri verilmiştir. Şekil 2.100’de, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (el

dikişli/dört yön/Kevlar[®]129 dikiş ipliği/%5- silika) kompozit yapının ön ve arka yüz görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.99. E-cam/Polyester kompozit yapısı (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®]129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T6-a].



Şekil 2.100. E-cam/Polyester kompozit yapısı (el dikişli/dört yön/Kevlar[®]129 dikiş ipliği/%5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz [T6-b].

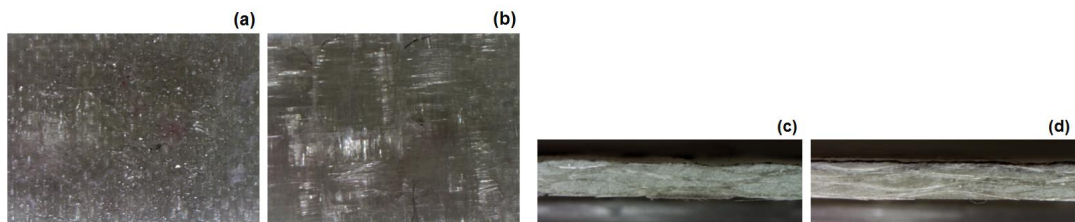
2.7.2. E-Cam/Polyester Kompozitlerin Mikroskopik Görüntü Analizi

Mikroskopik görüntü analizi yapılırken, kompozit yapıların, ön yüz, arka yüz, atkı yönü ve çözgü yönü kesitleri fotoğraflanmıştır.

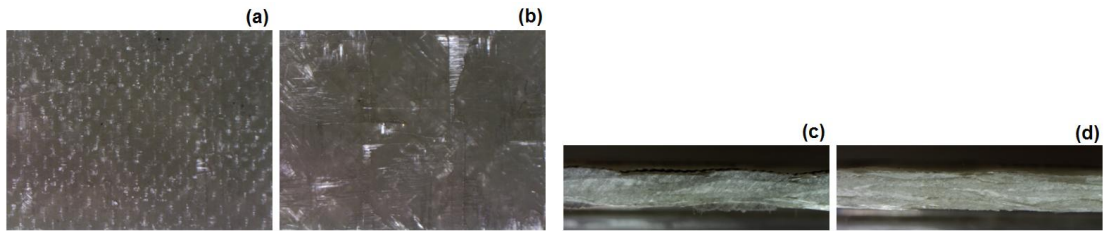
2.7.2.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar

Şekil 2.101'de, E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapının mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

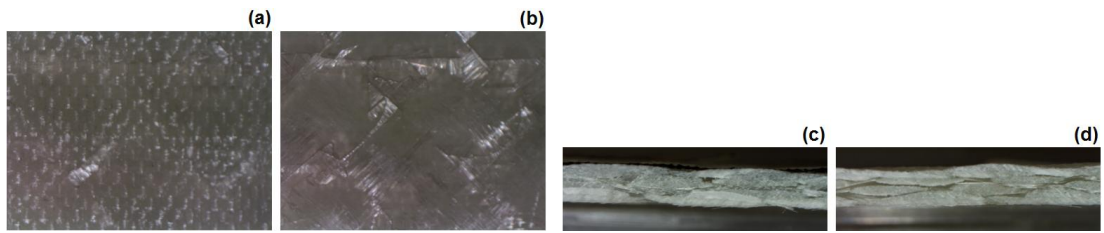
Şekil 2.102 ve 2.103'te, E-cam/Polyester dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapıların mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.101. E-cam/Polyester kompozit yapısı (dikişsiz), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T1-a].



Şekil 2.102. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/oryantasyonlu), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T1-b].

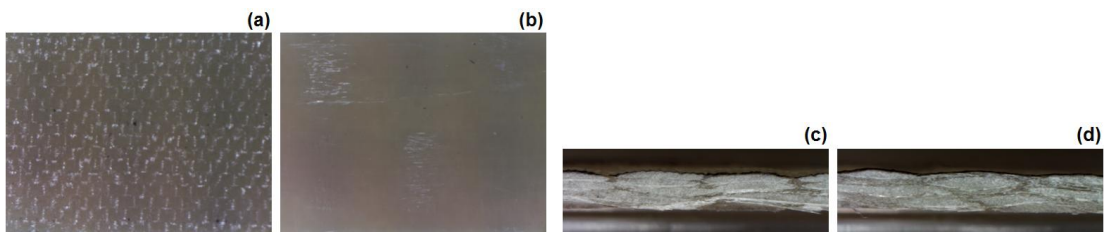


Şekil 2.103. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/oryantasyonlu), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T1-c].

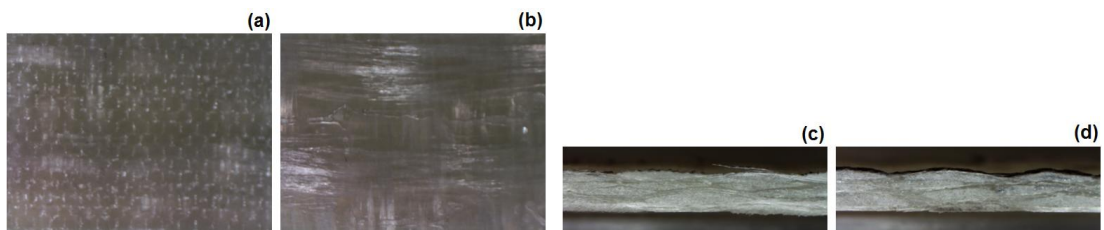
2.7.2.2. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Dikişsiz/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

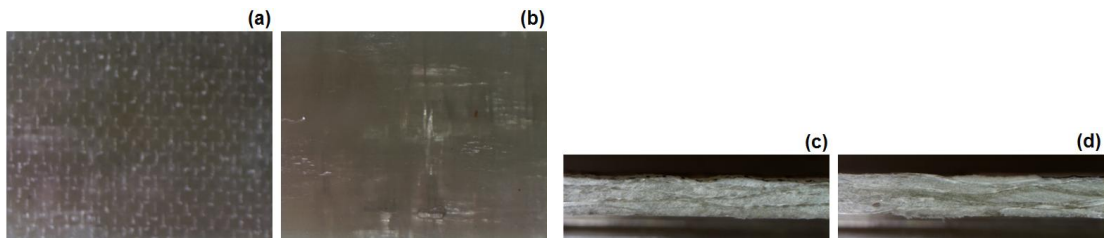
Şekil 2.104, 2.105 ve 2.106'da sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%2.5-silika), (%5-silika) ve (%7.5-silika) kompozit yapıların mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.104. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/nano/%2.5-silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T2-a].

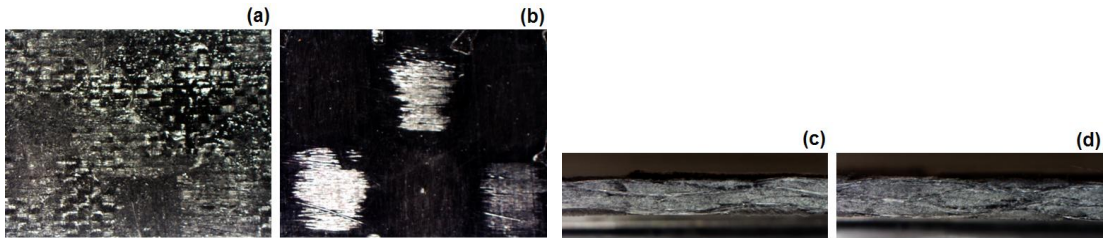


Şekil 2.105. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/nano/%5-silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T2-b].



Şekil 2.106. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/nano/%7.5-silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T2-c].

Şekil 2.107’de, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%5-karbon) kompozit yapının mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

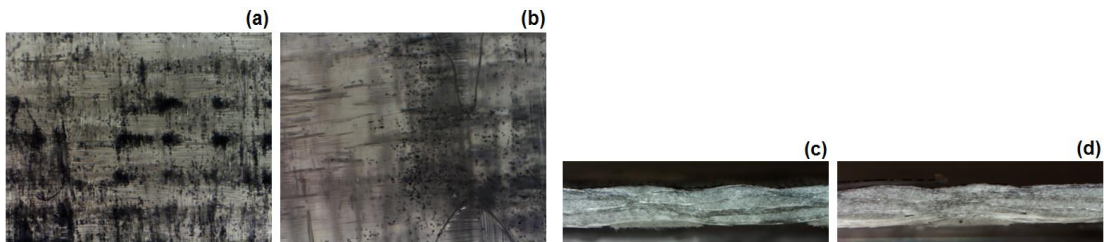


Şekil 2.107. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-karbon), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T2-d].

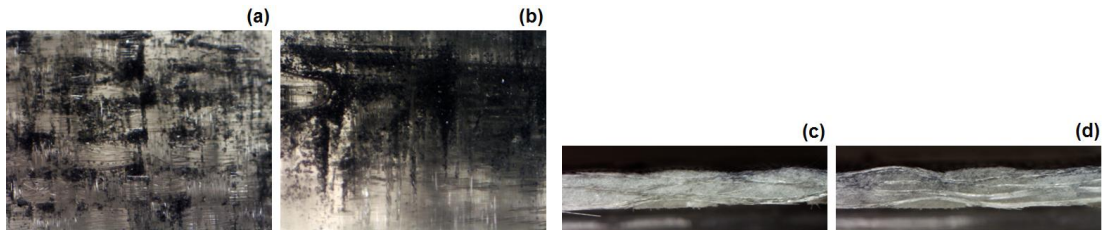
Dikişsiz/Mikro Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 2.108 ve 2.109’da sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz/mikro dolgulu (%2.5-silisyum karbür) ve (%5-silisyum karbür) kompozit yapıların mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

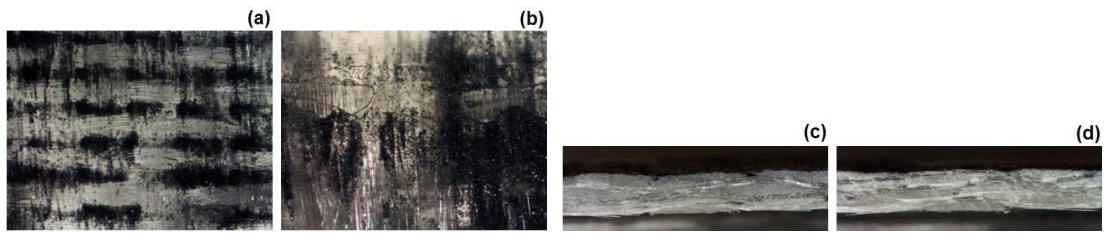
Şekil 2.110’da, E-cam/Polyester dikişsiz/mikro dolgulu (%7.5-silisyum karbür) kompozit yapıların mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.108. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%2.5-silisyum karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-a25].

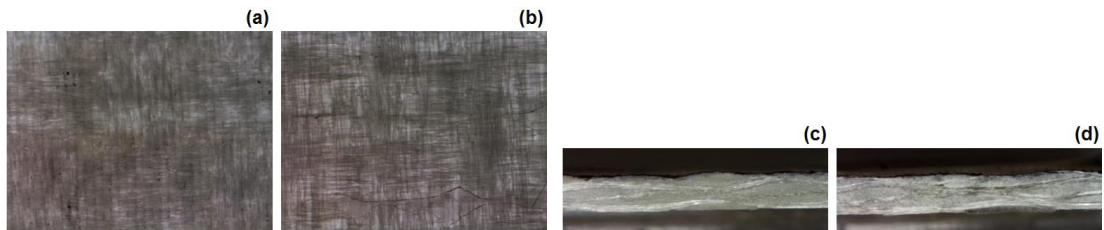


Şekil 2.109. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5-silisyum karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-a].

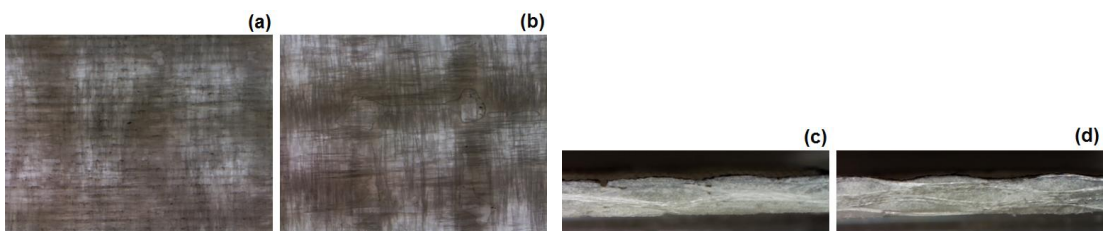


Şekil 2.110. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%7.5-silisyum karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-a75].

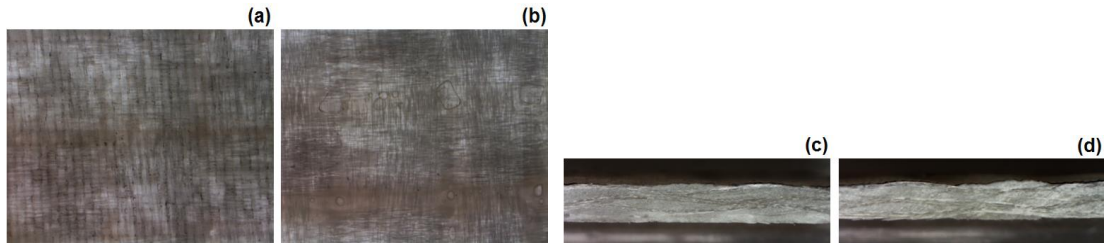
Şekil 2.111, 2.112 ve 2.113'te sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz/mikro dolgulu (%2.5-kalsiyum silikat), (%5-kalsiyum silikat) ve (%7.5-kalsiyum silikat) kompozit yapıların mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.111. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%2.5-kalsiyum silikat), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-b25].

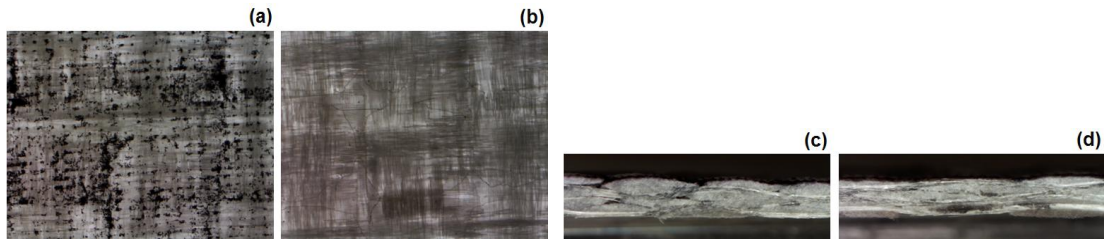


Şekil 2.112. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5-kalsiyum silikat), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-b].

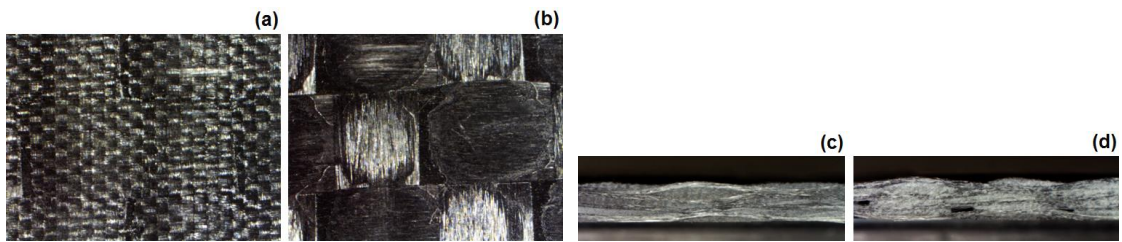


Şekil 2.113. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%7.5-kalsiyum silikat), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-b75].

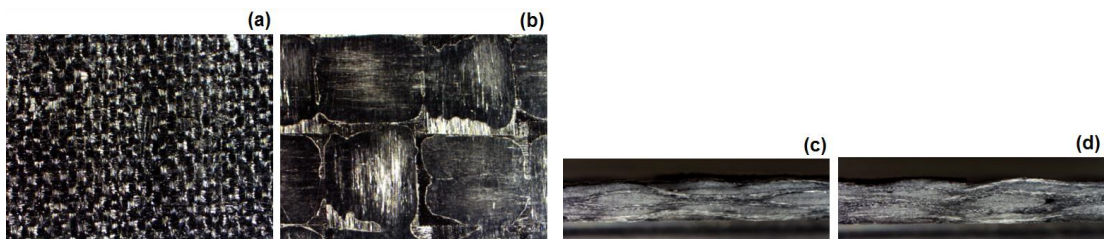
Şekil 2.114, 2.115 ve 2.116'da sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz/mikro dolgulu (%5-bor karbür), (%5-titanyum borür) ve (%5-karbon) kompozit yapıların mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.114. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5-bor karbür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-c].



Şekil 2.115. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5-titanyum borür), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-d].

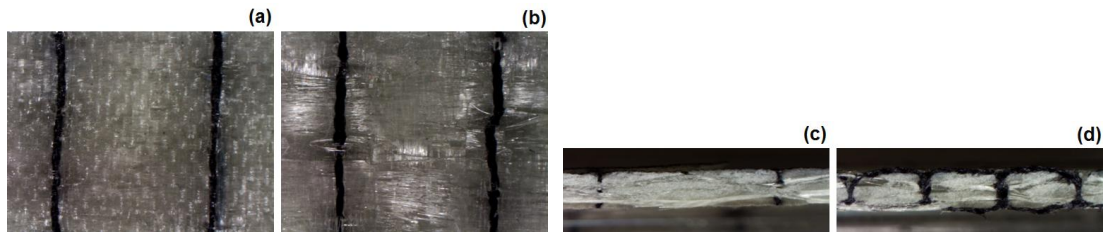


Şekil 2.116. E-cam/Polyester kompozit yapı (dikişsiz/mikro/%5-karbon), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T3-e].

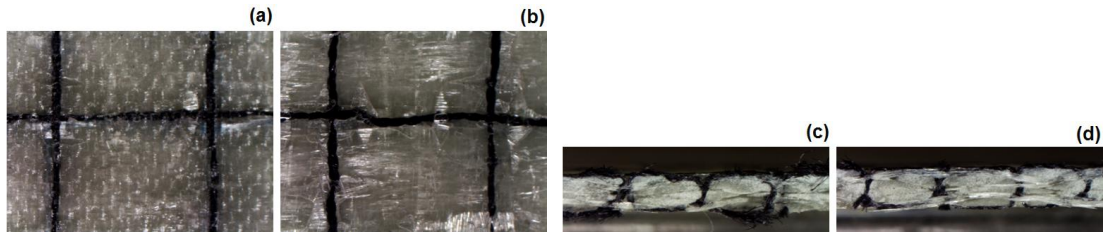
2.7.2.3. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

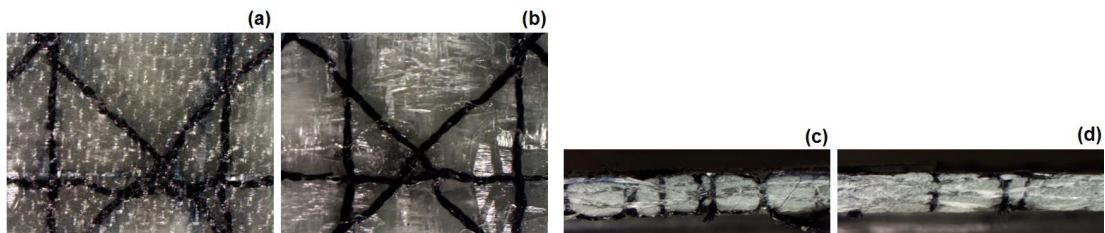
Şekil 2.117, 2.118 ve 2.119’da sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapıların mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.117. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-a].

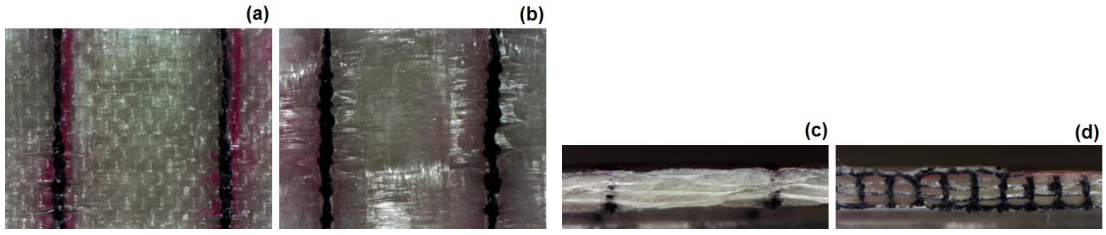


Şekil 2.118. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-b].

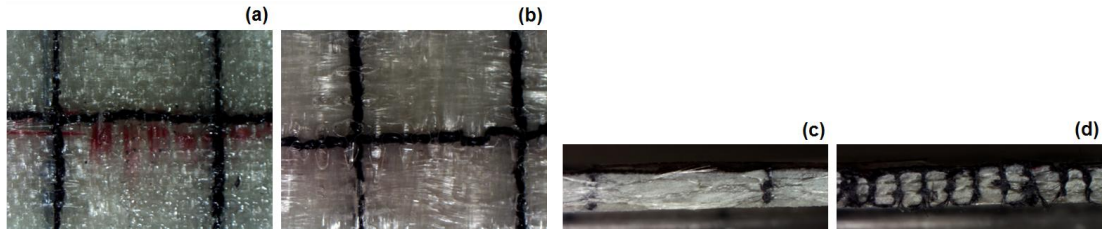


Şekil 2.119. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-c].

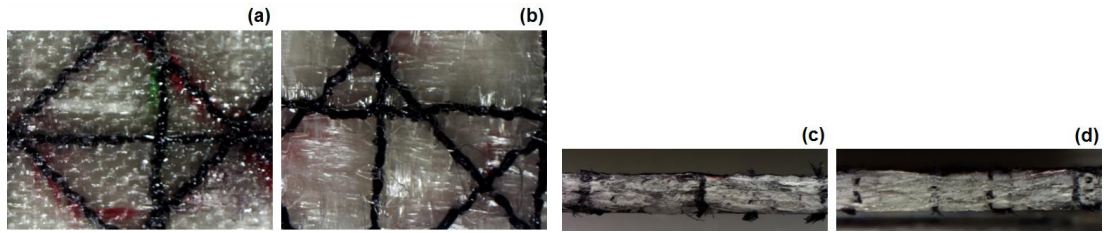
Şekil 2.120, 2.121 ve 2.122’de sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapıların mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.120. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-d].

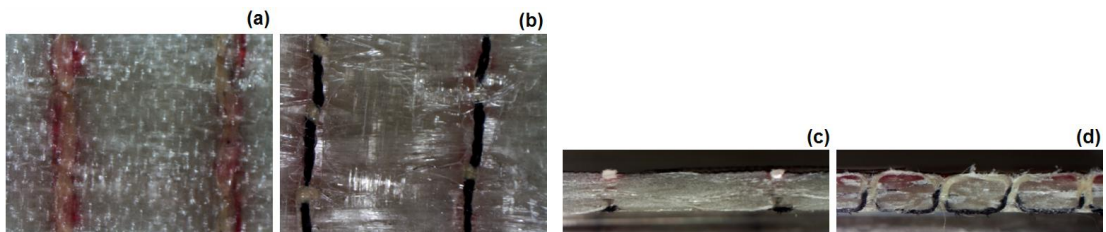


Şekil 2.121. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-e].

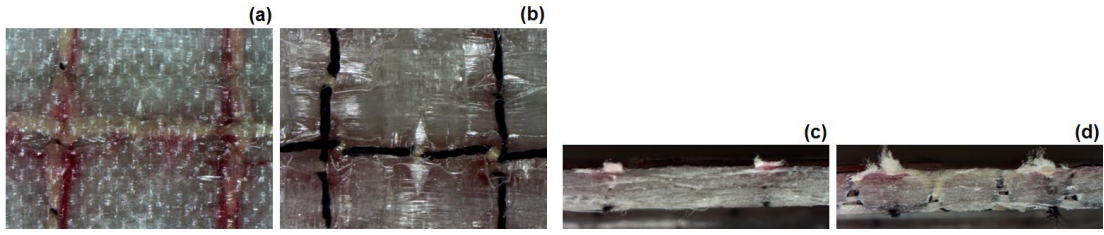


Şekil 2.122. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-f].

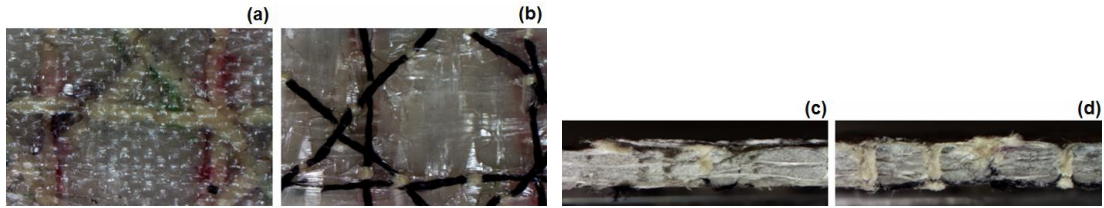
Şekil 2.123, 2.124 ve 2.125'te sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli (Kevlar[®]129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapıların mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.123. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®]129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-g].

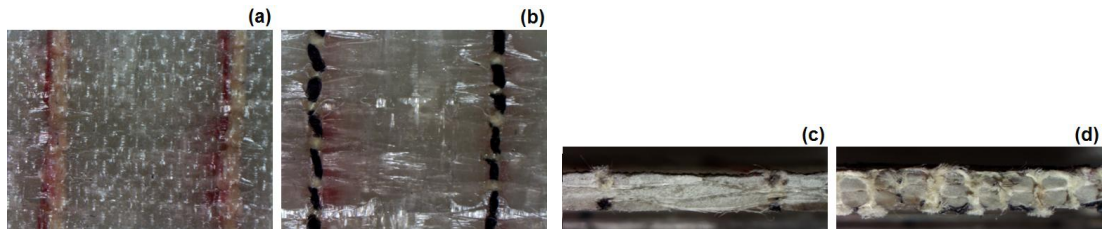


Şekil 2.124. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-h].

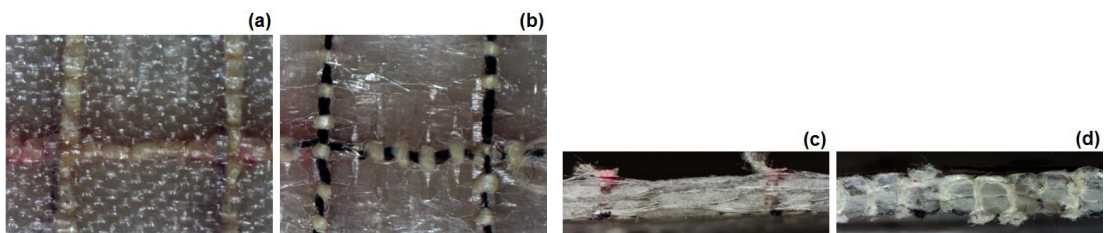


Şekil 2.125. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-i].

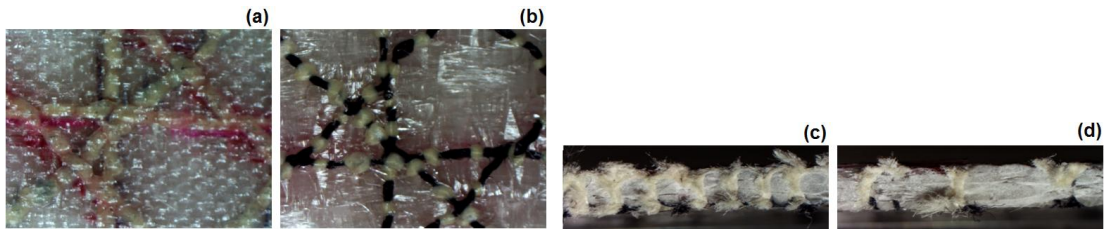
Şekil 2.126, 2.127 ve 2.128'de sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli (Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapıların mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.126. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-j].



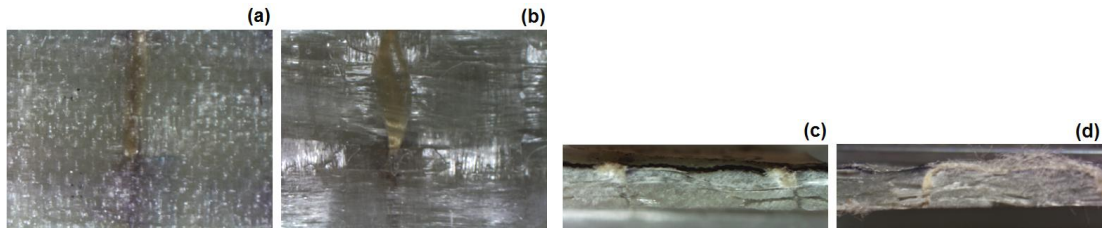
Şekil 2.127. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-k].



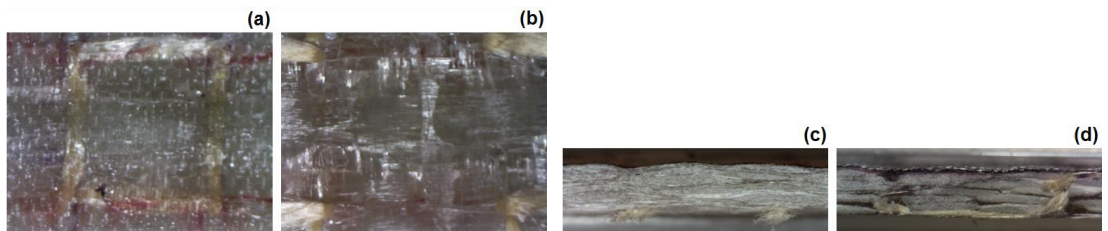
Şekil 2.128. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T4-l].

El Dikişli Kompozit Yapılar

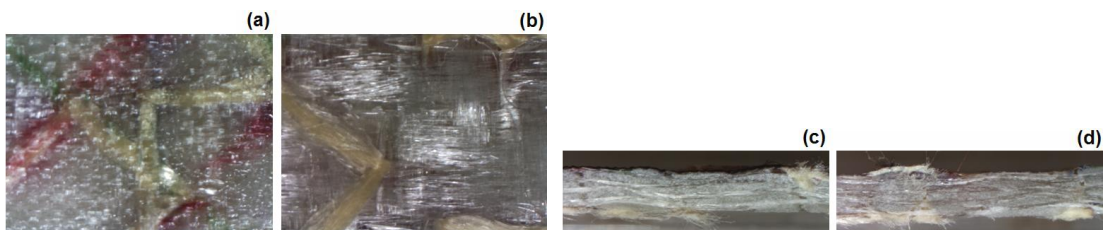
Şekil 2.129, 2.130 ve 2.131’de sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.129. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T5-a].

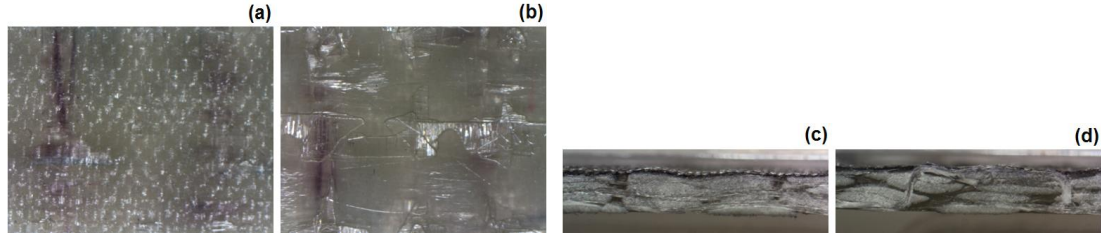


Şekil 2.130. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T5-b].

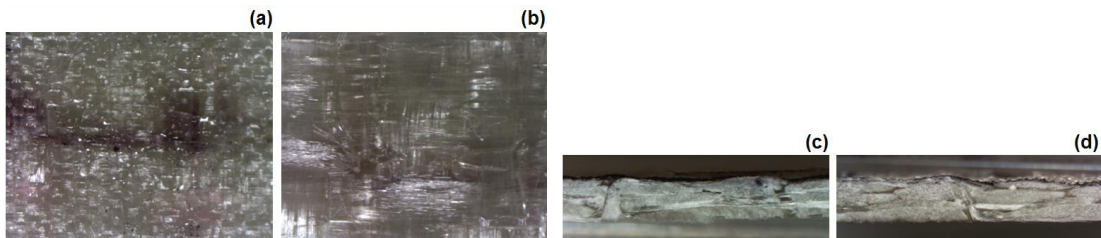


Şekil 2.131. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- -çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü ($\times 6.7$) [T5-c].

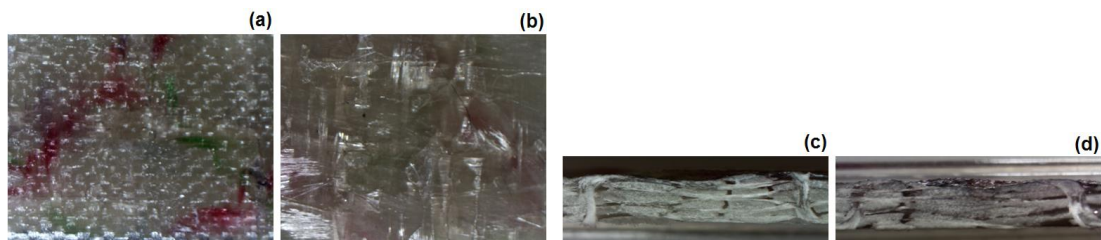
Şekil 2.132, 2.133 ve 2.134’te sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.132. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T5-d].



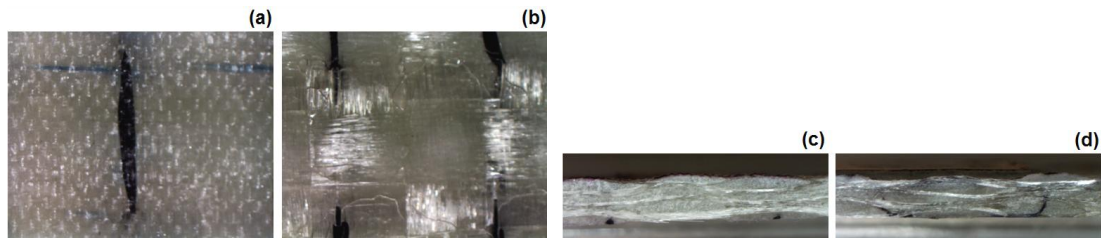
Şekil 2.133. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T5-e].



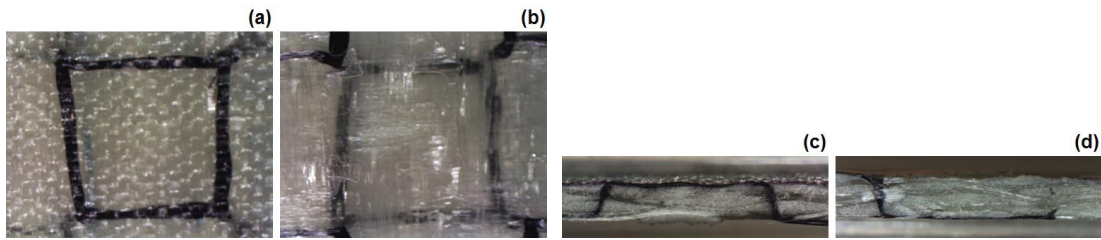
Şekil 2.134. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T5-f].

Şekil 2.135 ve 2.136’da sırasıyla, E-cam/Polyester tek yön ve iki yön el dikişli (Karbon dikiş ipliği) kompozit yapıların mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

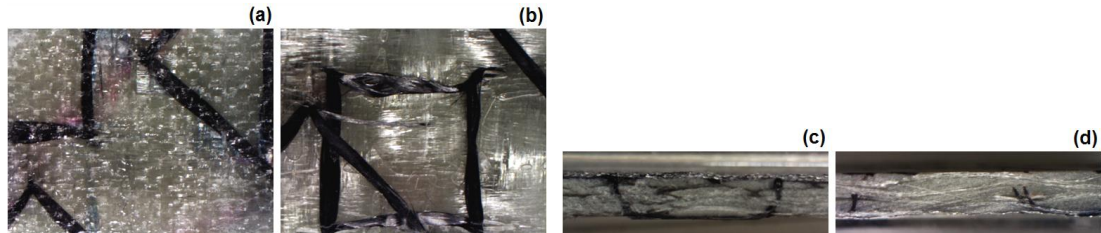
Şekil 2.137’de, E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Karbon dikiş ipliği) kompozit yapıların mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.135. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/tek yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözümlü yönü, (d); kesit- atk yönü ($\times 6.7$) [T5-g].



Şekil 2.136. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/iki yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atk yönü ($\times 6.7$) [T5-h].

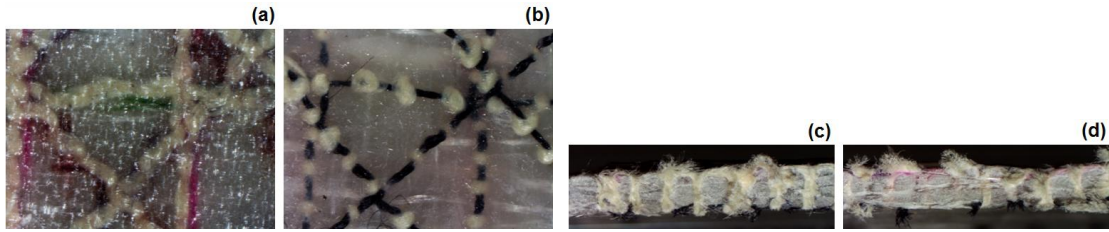


Şekil 2.137. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit- atk yönü ($\times 6.7$) [T5-i].

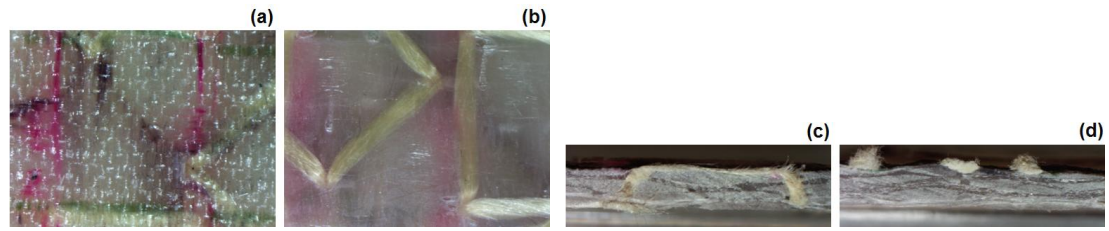
2.7.2.4. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Makine dikişli/nano ve el dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların mikroskobik yüzey ve kesit analizleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 2.138'de, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®]129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) kompozit yapının mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir. Şekil 2.139'da, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (el dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği/%5- silika) kompozit yapının mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.138. E-cam/Polyester kompozit yapı (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T6-a].



Şekil 2.139. E-cam/Polyester kompozit yapı (el dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği/%5- silika), (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit-çözgü yönü, (d); kesit-atkı yönü ($\times 6.7$) [T6-b].

2.8. Kompozitlere Uygulanan Testler

Geliştirilen önşekillerden üretilen kompozit yapılara uygulanan testler, kullanılan test standartları ve numune boyutları, Tablo 2.17’de verilmiştir.

Tablo 2.17. Kompozit yapılara uygulanan testler, kullanılan test standartları ve numune boyutları.

	Uygulanan Test	Standart	Numune Boyutları
1	Kompozit kalınlığı testi	-	-
2	Kompozit yoğunluğu testi	ASTM D 792-91	30 × 30 mm
3	Lif hacminin tayini	ASTM D3171-99	30 × 30 mm
4	Kompozitteki boşluk miktarının tayini	ASTM D 2734-91	-
5	Çekme dayanımı testi	ASTM D 3039-76	25.4 × 227 mm
6	Reçine çekme dayanımı testi	ASTM D 638-3	-
7	Eğilme dayanımı testi	ASTM D 790-90	Dikişsiz: 25 × 60 mm Dikişli: 25 × 80 mm
8	Katlararası ayrılma dayanımı (Short Beam Strength)	ASTM D 2344	20 × 25 mm
9	Düşük hızda darbe (drop) testi	ASTM D 7136	100 × 150 mm
10	Optik mikroskop analizi	-	-
11	SEM analizi	-	-

2.8.1. Kompozit Yapıların Test Planı

Geliştirilen kompozit yapılar, yapısal özellikler ve plaka adedi göz önünde bulundurularak gruplandırılmış ve her bir numune için uygulanan testler belirlenmiştir.

Kompozit plakalar, belirlenen bu test planına göre ve numune boyutları dikkate alınarak oluşturulan kesim planına uygun olarak çizilmiş ve ardından elmas uç kullanılarak kesilmiştir. Kompozit kalınlığı, kompozit yoğunluğu, lif hacmi, boşluk miktarı ve görüntü analiz testleri, geliştirilen tüm kompozit yapılara uygulanmıştır. Tablo 2.18’de, kompozit kesim planında kullanılan kısaltmalar ve açıklamaları verilmiştir.

Tablo 2.18. Kompozit kesim planında kullanılan kısaltmalar ve açıklamaları.

Testin adı	Kısaltma	Açıklama
Çekme testi	TW	Çözümlü yönü çekme dayanımı numunesi
	TF	Atkı yönü çekme dayanımı numunesi
	AB	+45 çekme dayanımı numunesi
	EB	-45 çekme dayanımı numunesi
Eğilme dayanımı	BW	Çözümlü yönü eğilme dayanımı numunesi
	BF	Atkı yönü eğilme dayanımı numunesi
Katlararası ayrılma dayanımı	FTW	Çözümlü yönü katlararası ayrılma dayanımı numunesi
	FTF	Atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı numunesi
Drop Test	DROP	Drop test numunesi
Yoğunluk	FD	Kompozit yoğunluğu test numunesi

2.8.1.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar

Tablo 2.19 ve 2.20’de sırasıyla, Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapılara uygulanan testler verilmiştir.

Tablo 2.19. Polyester/Nano dolgulu polyester reçine yapılara uygulanan testler.

	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
Polyester/Nano-Silika (%2.5) [T0-a]				
Polyester/Nano-Silika (%5) [T0-b]				
Polyester/Nano-Silika (%7.5) [T0-c]				
Polyester/Nano-Karbon (%5) [T0-d]				
	T0-a	-	-	-
	T0-b	-	-	-
	T0-c	-	-	-
	T0-d	-	-	-

Tablo 2.20. Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapılara uygulanan testler.

	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
Polyester/Mikro-Karbon (%5) [T0-e]				
Polyester/Mikro-Bor karbür (%5) [T0-f]				

Tablo 2.20'nin devamı.

Polyester/Mikro-Titanyum borür (%5) [T0-g]				
Polyester/Mikro-Kalsiyum silikat (%5) [T0-h]				
	T0-e	-	-	-
	T0-f	-	-	-
	T0-g	-	-	-
	T0-h	-	-	-

2.8.1.2. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar

Tablo 2.21 ve 2.22'de sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz ve dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapılara uygulanan testler verilmiştir.

Tablo 2.21. E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
1: 2400 TEX -[0/90°]- DİKİŞSİZ [T1-a]				
Çözücü	1-TW-1	1-BW-1	1-FTW-1	DROP-1
	1-TW-2	1-BW-2	1-FTW-2	-
	1-TW-3	1-BW-3	1-FTW-3	-
Atkı	1-TF-1	1-BF-1	1-FTF-1	-
	1-TF-2	1-BF-2	1-FTF-2	-
	1-TF-3	1-BF-3	1-FTF-3	-
+ 45°	1-AB-1	-	-	-
	1-AB-2	-	-	-
	1-AB-3	-	-	-
- 45°	1-EB-1	-	-	-
	1-EB-2	-	-	-
	1-EB-3	-	-	-

Tablo 2.22. E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz/oryantasyonlu) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
6: 2400 TEX -ORYANTASYONLU [1: 0/90°, 2: ±45°, 3: ±45°, 4: 0/90°] [T1-b]				
Çözücü	-	6-BW-1	6-FTW-1	DROP-6
	-	6-BW-2	6-FTW-2	-
	-	6-BW-3	6-FTW-3	-
Atkı	-	6-BF-1	6-FTF-1	-
	-	6-BF-2	6-FTF-2	-
	-	6-BF-3	6-FTF-3	-
+ 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
- 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Tablo 2.22'nin devamı.

11: 2400 TEX –ORYANTASYONLU [1: ±45°, 2: 0/90°, 3: 0/90°, 4: ±45°] [T1-c]				
Çözgü	-	11-BW-1	11-FTW-1	DROP-11
	-	11-BW-2	11-FTW-2	-
	-	11-BW-3	11-FTW-3	-
Atkı	-	11-BF-1	11-FTF-1	-
	-	11-BF-2	11-FTF-2	-
	-	11-BF-3	11-FTF-3	-
+ 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
- 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

2.8.1.3. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Dikişsiz/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Tablo 2.23, 2.24, 2.25 ve 2.26'da, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılara uygulanan testler verilmiştir.

Tablo 2.23. E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz/nano/ %2.5-silika) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
26: 2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Silika (nano) [T2-a]				
Çözgü	26-TW-1	26-BW-1	26-FTW-1	DROP-26
	26-TW-2	26-BW-2	26-FTW-2	-
	26-TW-3	26-BW-3	26-FTW-3	-
Atkı	26-TF-1	26-BF-1	26-FTF-1	-
	26-TF-2	26-BF-2	26-FTF-2	-
	26-TF-3	26-BF-3	26-FTF-3	-
+ 45°	26-AB-1	-	-	-
	26-AB-2	-	-	-
	26-AB-3	-	-	-
- 45°	26-EB-1	-	-	-
	26-EB-2	-	-	-
	26-EB-3	-	-	-

Tablo 2.24. E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz/nano/ %5-silika) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
16: 2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Silika (nano) [T2-b]				
Çözgü	16-TW-1	16-BW-1	16-FTW-1	DROP-16
	16-TW-2	16-BW-2	16-FTW-2	-
	16-TW-3	16-BW-3	16-FTW-3	-

Tablo 2.24'ün devamı.

Atkı	16-TF-1	16-BF-1	16-FTF-1	-
	16-TF-2	16-BF-2	16-FTF-2	-
	16-TF-3	16-BF-3	16-FTF-3	-
+ 45°	16-AB-1	-	-	-
	16-AB-2	-	-	-
	16-AB-3	-	-	-
- 45°	16-EB-1	-	-	-
	16-EB-2	-	-	-
	16-EB-3	-	-	-

Tablo 2.25. E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz/nano/ %7.5-silika) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
21: 2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Silika (nano) [T2-c]				
Çözgü	21-TW-1	21-BW-1	21-FTW-1	DROP-21
	21-TW-2	21-BW-2	21-FTW-2	-
	21-TW-3	21-BW-3	21-FTW-3	-
Atkı	21-TF-1	21-BF-1	21-FTF-1	-
	21-TF-2	21-BF-2	21-FTF-2	-
	21-TF-3	21-BF-3	21-FTF-3	-
+ 45°	21-AB-1	-	-	-
	21-AB-2	-	-	-
	21-AB-3	-	-	-
- 45°	21-EB-1	-	-	-
	21-EB-2	-	-	-
	21-EB-3	-	-	-

Tablo 2.26. E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz/nano/ %5-karbon) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
31: 2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Karbon (nano) [T2-d]				
Çözgü	31-TW-1	31-BW-1	31-FTW-1	DROP-31
	31-TW-2	31-BW-2	31-FTW-2	-
	31-TW-3	31-BW-3	31-FTW-3	-
Atkı	31-TF-1	31-BF-1	31-FTF-1	-
	31-TF-2	31-BF-2	31-FTF-2	-
	31-TF-3	31-BF-3	31-FTF-3	-
+ 45°	31-AB-1	-	-	-
	31-AB-2	-	-	-
	31-AB-3	-	-	-
- 45°	31-EB-1	-	-	-
	31-EB-2	-	-	-
	31-EB-3	-	-	-

Dikişsiz/Mikro Dolgulu Kompozit Yapılar

Tablo 2.27'de, E-cam/Polyester dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapılara uygulanan testler verilmiştir.

Tablo 2.27. E-cam/Polyester kompozit yapılara (dikişsiz/mikro) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
36: 2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Silisyum Karbür (mikro) [T3-a25]				
37: 2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Silisyum Karbür (mikro) [T3-a]				
38: 2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Silisyum Karbür (mikro) [T3-a75]				
39: 2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Kalsiyum Silikat (mikro) [T3-b25]				
40: 2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Kalsiyum Silikat (mikro) [T3-b]				
41: 2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Kalsiyum Silikat (mikro) [T3-b75]				
42: 2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Bor Karbür (mikro) [T3-c]				
43: 2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Titanyum Borür (mikro) [T3-d]				
44: 2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Karbon (mikro) [T3-e]				
Çözgü	-	-	-	DROP-36
	-	-	-	DROP-37
	-	-	-	DROP-38
Atkı	-	-	-	DROP-39
	-	-	-	DROP-40
	-	-	-	DROP-41
+ 45°	-	-	-	DROP-42
	-	-	-	DROP-43
	-	-	-	DROP-44
- 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

2.8.1.4. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Tablo 2.28, 2.29, 2.30'da sırasıyla, E-Cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön makine ikişli kompozit yapılara (Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler verilmiştir.

Tablo 2.28. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/tek yön/ Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
45: 2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN (gevşek- 2 adım/cm) [T4-a]				
Çözgü	45-TW-1	45-BW-1	45-FTW-1	DROP-45
	45-TW-2	45-BW-2	45-FTW-2	-
	45-TW-3	45-BW-3	45-FTW-3	-
Atkı	45-TF-1	45-BF-1	45-FTF-1	-
	45-TF-2	45-BF-2	45-FTF-2	-
	45-TF-3	45-BF-3	45-FTF-3	-
+ 45°	45-AB-1	-	-	-
	45-AB-2	-	-	-
	45-AB-3	-	-	-
- 45°	45-EB-1	-	-	-
	45-EB-2	-	-	-
	45-EB-3	-	-	-

Tablo 2.29. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/iki yön/ Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
50: 2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN (gevşek- 2 adım/cm) [T4-b]				
Çözücü	50-TW-1	50-BW-1	50-FTW-1	DROP-50
	50-TW-2	50-BW-2	50-FTW-2	-
	50-TW-3	50-BW-3	50-FTW-3	-
Atkı	50-TF-1	50-BF-1	50-FTF-1	-
	50-TF-2	50-BF-2	50-FTF-2	-
	50-TF-3	50-BF-3	50-FTF-3	-
+ 45°	50-AB-1	-	-	-
	50-AB-2	-	-	-
	50-AB-3	-	-	-
- 45°	50-EB-1	-	-	-
	50-EB-2	-	-	-
	50-EB-3	-	-	-

Tablo 2.30. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/dört yön/ Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
55: 2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN (gevşek- 2 adım/cm) [T4-c]				
Çözücü	55-TW-1	55-BW-1	55-FTW-1	DROP-55
	55-TW-2	55-BW-2	55-FTW-2	-
	55-TW-3	55-BW-3	55-FTW-3	-
Atkı	55-TF-1	55-BF-1	55-FTF-1	-
	55-TF-2	55-BF-2	55-FTF-2	-
	55-TF-3	55-BF-3	55-FTF-3	-
+ 45°	55-AB-1	-	-	-
	55-AB-2	-	-	-
	55-AB-3	-	-	-
- 45°	55-EB-1	-	-	-
	55-EB-2	-	-	-
	55-EB-3	-	-	-

Tablo 2.31, 2.32, 2.33'te sırasıyla, E-Cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli kompozit yapılara (Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler verilmiştir.

Tablo 2.31. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/tek yön/ Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
60: 2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN (sıkı- 6 adım/cm) [T4-d]				
Çözücü	60-TW-1	60-BW-1	60-FTW-1	DROP-60
	60-TW-2	60-BW-2	60-FTW-2	-
	60-TW-3	60-BW-3	60-FTW-3	-

Tablo 2.31'in devamı.

Atkı	60-TF-1	60-BF-1	60-FTF-1	-
	60-TF-2	60-BF-2	60-FTF-2	-
	60-TF-3	60-BF-3	60-FTF-3	-
+ 45°	60-AB-1	-	-	-
	60-AB-2	-	-	-
	60-AB-3	-	-	-
- 45°	60-EB-1	-	-	-
	60-EB-2	-	-	-
	60-EB-3	-	-	-

Tablo 2.32. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/iki yön/ Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
65: 2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN (sıkı- 6 adım/cm) [T4-e]				
Çözgü	65-TW-1	65-BW-1	65-FTW-1	DROP-65
	65-TW-2	65-BW-2	65-FTW-2	-
	65-TW-3	65-BW-3	65-FTW-3	-
Atkı	65-TF-1	65-BF-1	65-FTF-1	-
	65-TF-2	65-BF-2	65-FTF-2	-
	65-TF-3	65-BF-3	65-FTF-3	-
+ 45°	65-AB-1	-	-	-
	65-AB-2	-	-	-
	65-AB-3	-	-	-
- 45°	65-EB-1	-	-	-
	65-EB-2	-	-	-
	65-EB-3	-	-	-

Tablo 2.33. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/dört yön/ Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
70: 2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN (sıkı- 6 adım/cm) [T4-f]				
Çözgü	70-TW-1	70-BW-1	70-FTW-1	DROP-70
	70-TW-2	70-BW-2	70-FTW-2	-
	70-TW-3	70-BW-3	70-FTW-3	-
Atkı	70-TF-1	70-BF-1	70-FTF-1	-
	70-TF-2	70-BF-2	70-FTF-2	-
	70-TF-3	70-BF-3	70-FTF-3	-
+ 45°	70-AB-1	-	-	-
	70-AB-2	-	-	-
	70-AB-3	-	-	-
- 45°	70-EB-1	-	-	-
	70-EB-2	-	-	-
	70-EB-3	-	-	-

E-Cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli kompozit yapılara (Nylon 6.6 dikiş ipliği) uygulanan testler verilmiştir.

Tablo 2.34, 2.35, 2.36'da sırasıyla, E-Cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli kompozit yapılara (Kevlar®129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler verilmiştir.

Tablo 2.34. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/tek yön/ Kevlar®129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
75: 2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR®129- TEK YÖN (gevşek- 2 adım/cm) [T4-g]				
Çözgü	75-TW-1	75-BW-1	75-FTW-1	DROP-75
	75-TW-2	75-BW-2	75-FTW-2	-
	75-TW-3	75-BW-3	75-FTW-3	-
Atkı	75-TF-1	75-BF-1	75-FTF-1	-
	75-TF-2	75-BF-2	75-FTF-2	-
	75-TF-3	75-BF-3	75-FTF-3	-
+ 45°	75-AB-1	-	-	-
	75-AB-2	-	-	-
	75-AB-3	-	-	-
- 45°	75-EB-1	-	-	-
	75-EB-2	-	-	-
	75-EB-3	-	-	-

Tablo 2.35. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/iki yön/ Kevlar®129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
80: 2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR®129- İKİ YÖN (gevşek- 2 adım/cm) [T4-h]				
Çözgü	80-TW-1	80-BW-1	80-FTW-1	DROP-80
	80-TW-2	80-BW-2	80-FTW-2	-
	80-TW-3	80-BW-3	80-FTW-3	-
Atkı	80-TF-1	80-BF-1	80-FTF-1	-
	80-TF-2	80-BF-2	80-FTF-2	-
	80-TF-3	80-BF-3	80-FTF-3	-
+ 45°	80-AB-1	-	-	-
	80-AB-2	-	-	-
	80-AB-3	-	-	-
- 45°	80-EB-1	-	-	-
	80-EB-2	-	-	-
	80-EB-3	-	-	-

Tablo 2.36. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/dört yön/ Kevlar®129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
85: 2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR®129- DÖRT YÖN (gevşek- 2 adım/cm) [T4-i]				
Çözgü	85-TW-1	85-BW-1	85-FTW-1	DROP-85
	85-TW-2	85-BW-2	85-FTW-2	-
	85-TW-3	85-BW-3	85-FTW-3	-

Tablo 2.36'nın devamı.

Atkı	85-TF-1	85-BF-1	85-FTF-1	-
	85-TF-2	85-BF-2	85-FTF-2	-
	85-TF-3	85-BF-3	85-FTF-3	-
+ 45°	85-AB-1	-	-	-
	85-AB-2	-	-	-
	85-AB-3	-	-	-
- 45°	85-EB-1	-	-	-
	85-EB-2	-	-	-
	85-EB-3	-	-	-

Tablo 2.37, 2.38, 2.39'da sırasıyla, E-Cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön makine dikişli kompozit yapılara (Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler verilmiştir.

Tablo 2.37. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/tek yön/ Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
90: 2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN (sıkı- 6 adım/cm) [T4-j]				
Çözü	90-TW-1	90-BW-1	90-FTW-1	DROP-90
	90-TW-2	90-BW-2	90-FTW-2	-
	90-TW-3	90-BW-3	90-FTW-3	-
Atkı	90-TF-1	90-BF-1	90-FTF-1	-
	90-TF-2	90-BF-2	90-FTF-2	-
	90-TF-3	90-BF-3	90-FTF-3	-
+ 45°	90-AB-1	-	-	-
	90-AB-2	-	-	-
	90-AB-3	-	-	-
- 45°	90-EB-1	-	-	-
	90-EB-2	-	-	-
	90-EB-3	-	-	-

Tablo 2.38. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/iki yön/ Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
95: 2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN (sıkı- 6 adım/cm) [T4-k]				
Çözü	95-TW-1	95-BW-1	95-FTW-1	DROP-95
	95-TW-2	95-BW-2	95-FTW-2	-
	95-TW-3	95-BW-3	95-FTW-3	-
Atkı	95-TF-1	95-BF-1	95-FTF-1	-
	95-TF-2	95-BF-2	95-FTF-2	-
	95-TF-3	95-BF-3	95-FTF-3	-
+ 45°	95-AB-1	-	-	-
	95-AB-2	-	-	-
	95-AB-3	-	-	-
- 45°	95-EB-1	-	-	-
	95-EB-2	-	-	-
	95-EB-3	-	-	-

Tablo 2.39. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/dört yön/ Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
100: 2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN (sıkı- 6 adım/cm) [T4-I]				
Çözü	100-TW-1	100-BW-1	100-FTW-1	DROP-100
	100-TW-2	100-BW-2	100-FTW-2	-
	100-TW-3	100-BW-3	100-FTW-3	-
Atkı	100-TF-1	100-BF-1	100-FTF-1	-
	100-TF-2	100-BF-2	100-FTF-2	-
	100-TF-3	100-BF-3	100-FTF-3	-
+ 45°	100-AB-1	-	-	-
	100-AB-2	-	-	-
	100-AB-3	-	-	-
- 45°	100-EB-1	-	-	-
	100-EB-2	-	-	-
	100-EB-3	-	-	-

El Dikişli Kompozit Yapılar

Tablo 2.40, 2.41, 2.42'de sırasıyla, E-Cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli kompozit yapılara (Kevlar® 129 dikiş ipliği) uygulanan testler verilmiştir.

Tablo 2.40. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/tek yön/ Kevlar® 129 dikiş ipliği) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
110: 2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN [T5-a]				
Çözü	-	110-BW-1	110-FTW-1	DROP-110
	-	110-BW-2	110-FTW-2	-
	-	110-BW-3	110-FTW-3	-
Atkı	-	110-BF-1	110-FTF-1	-
	-	110-BF-2	110-FTF-2	-
	-	110-BF-3	110-FTF-3	-
+ 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
- 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Tablo 2.41. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/iki yön/ Kevlar® 129 dikiş ipliği) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
111: 2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN [T5-b]				
Çözü	-	111-BW-1	111-FTW-1	DROP-111
	-	111-BW-2	111-FTW-2	-
	-	111-BW-3	111-FTW-3	-

Tablo 2.41'in devamı.

Atkı	-	111-BF-1	111-FTF-1	-
	-	111-BF-2	111-FTF-2	-
	-	111-BF-3	111-FTF-3	-
+ 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
- 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Tablo 2.42. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/dört yön/ Kevlar® 129 dikiş ipliği) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
112: 2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR® 129- DÖRT YÖN [T5-c]				
Çözü	-	112-BW-1	112-FTW-1	DROP-112
	-	112-BW-2	112-FTW-2	-
	-	112-BW-3	112-FTW-3	-
Atkı	-	112-BF-1	112-FTF-1	-
	-	112-BF-2	112-FTF-2	-
	-	112-BF-3	112-FTF-3	-
+ 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
- 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Tablo 2.43, 2.44, 2.45'te sırasıyla, E-Cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli kompozit yapılara (E-Cam 600 tex dikiş ipliği) uygulanan testler verilmiştir.

Tablo 2.43. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/tek yön/ E-Cam 600 tex dikiş ipliği) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
113: 2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX- TEK YÖN [T5-d]				
Çözü	-	113-BW-1	113-FTW-1	DROP-113
	-	113-BW-2	113-FTW-2	-
	-	113-BW-3	113-FTW-3	-
Atkı	-	113-BF-1	113-FTF-1	-
	-	113-BF-2	113-FTF-2	-
	-	113-BF-3	113-FTF-3	-
+ 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
- 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Tablo 2.44. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/iki yön/
E-Cam 600 tex dikiş ipliği) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
114: 2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - İKİ YÖN [T5-e]				
Çözgü	-	114-BW-1	114-FTW-1	DROP-114
	-	114-BW-2	114-FTW-2	-
	-	114-BW-3	114-FTW-3	-
Atkı	-	114-BF-1	114-FTF-1	-
	-	114-BF-2	114-FTF-2	-
	-	114-BF-3	114-FTF-3	-
+ 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
- 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Tablo 2.45. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/dört yön/
E-Cam 600 tex dikiş ipliği) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
115: 2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - DÖRT YÖN [T5-f]				
Çözgü	-	115-BW-1	115-FTW-1	DROP-115
	-	115-BW-2	115-FTW-2	-
	-	115-BW-3	115-FTW-3	-
Atkı	-	115-BF-1	115-FTF-1	-
	-	115-BF-2	115-FTF-2	-
	-	115-BF-3	115-FTF-3	-
+ 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
- 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Tablo 2.46, 2.47, 2.48'de sırasıyla, E-Cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli kompozit yapılara (Karbon dikiş ipliği) uygulanan testler verilmiştir.

Tablo 2.46. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/tek yön/
Karbon dikiş ipliği) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
116: 2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON- TEK YÖN [T5-g]				
Çözgü	-	116-BW-1	116-FTW-1	DROP-116
	-	116-BW-2	116-FTW-2	-
	-	116-BW-3	116-FTW-3	-
Atkı	-	116-BF-1	116-FTF-1	-
	-	116-BF-2	116-FTF-2	-
	-	116-BF-3	116-FTF-3	-

Tablo 2.46'nın devamı.

+ 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
- 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Tablo 2.47. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/iki yön/
Karbon dikiş ipliği) uygulanan testler.

Test Yönü	Çekme Dayanımı	Eğilme Dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
117: 2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON - İKİ YÖN [T5-h]				
Çözücü	-	117-BW-1	117-FTW-1	DROP-117
	-	117-BW-2	117-FTW-2	-
	-	117-BW-3	117-FTW-3	-
Atkı	-	117-BF-1	117-FTF-1	-
	-	117-BF-2	117-FTF-2	-
	-	117-BF-3	117-FTF-3	-
+ 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
- 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

Tablo 2.48. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/dört yön/
Karbon dikiş ipliği) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
118: 2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON - DÖRT YÖN [T5-i]				
Çözücü	-	118-BW-1	118-FTW-1	DROP-118
	-	118-BW-2	118-FTW-2	-
	-	118-BW-3	118-FTW-3	-
Atkı	-	118-BF-1	118-FTF-1	-
	-	118-BF-2	118-FTF-2	-
	-	118-BF-3	118-FTF-3	-
+ 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
- 45°	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

2.8.1.5. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Tablo 2.49'da, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (makine dikişli/dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) kompozit yapılara uygulanan

testler verilmiştir. Tablo 2.50’de, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5-silika) kompozit yapılara uygulanan testler verilmiştir.

Tablo 2.49. E-cam/Polyester kompozit yapılara (makine dikişli/dört yön/ Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
105: 2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN (sıkı-6 adım/cm) → %5 Silika (nano) [T6-a]				
Çözgü	105-TW-1	105-BW-1	105-FTW-1	DROP-105
	105-TW-2	105-BW-2	105-FTW-2	-
	105-TW-3	105-BW-3	105-FTW-3	-
Atkı	105-TF-1	105-BF-1	105-FTF-1	-
	105-TF-2	105-BF-2	105-FTF-2	-
	105-TF-3	105-BF-3	105-FTF-3	-
+ 45°	105-AB-1	-	-	-
	105-AB-2	-	-	-
	105-AB-3	-	-	-
- 45°	105-EB-1	-	-	-
	105-EB-2	-	-	-
	105-EB-3	-	-	-

Tablo 2.50. E-cam/Polyester kompozit yapılara (el dikişli/dört yön/ Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5-silika) uygulanan testler.

Test yönü	Çekme dayanımı	Eğilme dayanımı	Katlararası ayrılma	Drop test
119: 2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN → %5 Silika (nano) [T6-b]				
Çözgü	119-TW-1	119-BW-1	119-FTW-1	DROP-119
	119-TW-2	119-BW-2	119-FTW-2	-
	119-TW-3	119-BW-3	119-FTW-3	-
Atkı	119-TF-1	119-BF-1	119-FTF-1	-
	119-TF-2	119-BF-2	119-FTF-2	-
	119-TF-3	119-BF-3	119-FTF-3	-
+ 45°	119-AB-1	-	-	-
	119-AB-2	-	-	-
	119-AB-3	-	-	-
- 45°	119-EB-1	-	-	-
	119-EB-2	-	-	-
	119-EB-3	-	-	-

2.8.2. Kompozit Kalınlığı Testi

Üretilen kompozit yapıların kalınlık ölçümleri, dijital kalınlık ölçer (Elastocon EV 07, Elastocon, İsviçre) ile yapılmıştır. Üretilen kompozit yapıların kalınlık ölçümleri, her bir numunenin dört farklı bölgesinden yapılmış ve ortalama değer olarak verilmiştir.

2.8.3. Kompozit Yoğunluğu Testi

Kompozit yapıların yoğunlukları ASTM D 792-91 standardında belirtilen ‘Test Metodu A’ kullanılarak belirlenmiştir. Belirtilen test metoduna göre, numune tek bir parça halinde herhangi bir şekil ve boyutta olabilir. Ancak, hacminin 1 cm^3 ’ten küçük olmaması, ağırlığının ise 1-5 g arasında olması gerekmektedir. Yoğunluğu belirlenecek olan kompozit numuneler, $3 \times 3 \text{ cm}$ boyutlarında kesilmiştir. Test numunelerinin yüzey ve kenarlarının pürüzsüz olması gerektiğinden, numunelerin kenarları zımpara kullanılarak düzeltilmiştir. Her bir örnekten 3’er tekrarlı test gerçekleştirilmiştir.

Test metoduna göre, test edilecek numuneler, $23 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%50 \pm 5$ bağıl nemde en az 40 saat kondüsyonlanmalı ve test işlemi de bu koşullarda gerçekleştirilmelidir. Hazırlanan numuneler, hassas terazide (Shimadzu Librar AEU-210, hassasiyet: 0.0001 g, Japonya) tartılmış ve tartım sonuçları ‘g’ cinsinden kaydedilmiştir.

Şekil 2.140’ta gösterildiği gibi, dereceli silindirik bir kap içerisine destile su konulmuş ve test numunesi bu kap içerisine bırakılarak 1 dakika sonra ‘ml’ cinsinden numunenin hacim değeri okunmuştur.



Şekil 2.140. Kompozit yoğunluğu ölçümü.

Buna göre ağırlığı (g) ve hacmi (cm^3) bilinen numunelerin yoğunluğu, aşağıdaki formül (2.15) kullanılarak hesaplanmıştır.

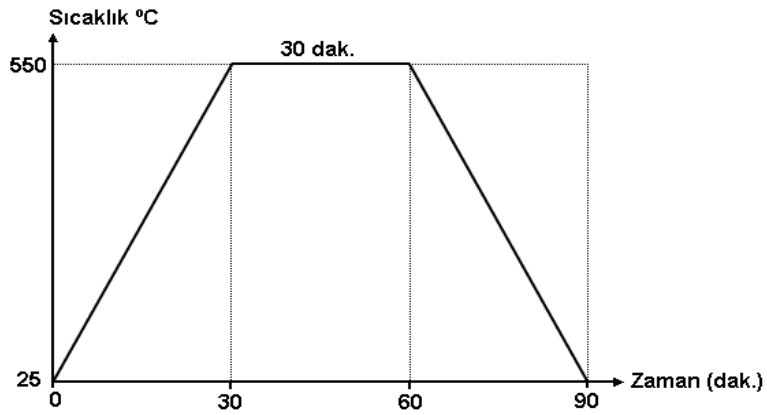
$$\text{Yoğunluk (g / cm}^3\text{)} = \frac{\text{Ağırlık (g)}}{\text{Hacim (cm}^3\text{)}} \quad (2.15)$$

2.8.4. Lif Hacminin Tayini

Kompozit yapıların lif hacminin belirlenmesi için ASTM D 3171 standardı kullanılmıştır. Amaç, kompozit yapıların matris malzemesi olan polyester reçine ve takviye elemanı olan E-Cam liflerinin (varsa dikiş ipliklerinin) yapıdaki ağırlıkça ve hacimce oranlarının belirlenmesidir. Test numuneleri, 3×3 cm boyutlarında kesilerek hazırlanmıştır. Her bir örnekten 3'er tekrarlı test gerçekleştirilmiştir.

Test esnasında, polyester reçinenin buharlaşarak ortamdaki uzaklaşması amaçlanmaktadır. Bunun için, yapılan ön denemeler sonucunda uygun sıcaklık ve süre belirlenmiştir. Bu sıcaklık ve süre değerleri belirlenirken, kompozit yapıların diğer bileşeni olan E-Cam lifinin fiziksel ve kimyasal olarak zarara uğramaması göz önünde bulundurulmuştur.

E-Cam lifleri yanmaz ve 840°C 'nin altında yumuşamazlar. Polyester reçinenin tutuşma sıcaklığı ise 490°C 'dir. Buna göre, belirlenen ısıl işlem diyagramı Şekil 2.141'de verilmiştir. Şekil 2.142'de, lif hacminin belirlenmesinde kullanılan kül fırını ve numune örnekleri verilmiştir.



Şekil 2.141. Lif hacminin belirlenmesinde kullanılan ısıl işlem diyagramı.



Şekil 2.142. Lif hacminin belirlenmesinde kullanılan kül fırını.

Test numunelerin başlangıç ağırlıkları hassas terazide (Shimadzu Librar AEU-210, hassasiyet: 0.0001 g, Japonya) tartılarak kaydedilmiştir. Tartımı gerçekleştirilen numuneler, porselen krozeler içerisine konularak kül fırınına (Protherm Furnaces PLF 110/6, çalışma aralığı: 25-1200°C, Türkiye) yerleştirilmiştir. İşlem sonunda, polyester reçine kısmı uzaklaşan E-cam lifleri, porselen krozelerle birlikte desikatörde bekletilerek, sıcaklığının oda sıcaklığına düşmesi sağlanmıştır. Polyester reçine kısmı uzaklaşan E-cam liflerinin tartımı yapılarak, ağırlık (2.16) ve hacim (2.17) esaslı lif miktarları aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Ağırlık Esaslı Lif Hacmi} = (W / w) \times 100 \quad (2.16)$$

$$\% \text{ Hacim Esaslı Lif Hacmi} = [(W / F) / (w / c)] \times 100 \quad (2.17)$$

W: Lif ağırlığı (g)

w: Kompozit ağırlığı (g)

F: Lif yoğunluğu (g/cm³)

c: Kompozit yoğunluğu (g/cm³)

Dikişli kompozit yapılarda, ısıl işlem esnasında Nylon 6.6 ve Kevlar® 129 dikiş iplikleri polyester reçine ile birlikte yapıdan uzaklaşmıştır. Kullanılan nano ve mikro dolgu maddeleri ise, yüksek bozunma sıcaklıklarından dolayı, ısıl işlem sonrasında yapı üzerinde kalmıştır. Bütün bunlar dikkate alınarak, ısıl işlem sonucu ortaya çıkan numune ağırlığı üzerinden gerekli hesaplamalar yapılarak, her bir yapıdaki; toplam, lif ve dikiş ipliği lif hacimleri hesaplanmıştır. Benzer bir düzeltme, nano ve mikro dolgulu numunelere de uygulanmıştır. Reçine ağırlığı üzerinden (%) yapıya aktarılan nano ve mikro dolgu maddeleri, ısıl işlem sonucu ortaya çıkan numune ağırlığı üzerinden gerekli hesaplamalar yapılarak, lif hacmi değerleri belirlenmiştir.

2.8.5. Kompozitteki Boşluk Miktarının Tayini

Kompozit yapılarda boşluklar, üretim esnasında matris malzemede gaz ve buhar oluşumu ile ortaya çıkmaktadır. Boşluk oluşumu, kompozit malzemede istenmeyen bir durumdur [160]. Kompozitteki boşluk miktarları, ASTM D 2734 standardında belirtilen ‘Test Metodu A’ kullanılarak hesaplanmıştır. Boşluk miktarının doğru bir biçimde belirlenebilmesi için, yoğunluk ve lif hacmi testlerinden düzgün sonuçlar elde edilmiş

olmalıdır. Bunun yanı sıra, matris malzeme ve takviye elemanının, üretici firma tarafından verilen teorik yoğunluk değerlerine de ihtiyaç vardır. Buna göre, E-Cam lifinin yoğunluk değeri; 2.57 g/cm^3 , polyester reçinenin yoğunluk değeri ise 1.2 g/cm^3 olarak kabul edilmiştir. Her bir örnekten 3'er tekrarlı hesaplama gerçekleştirilmiştir. Boşluk miktarının hesaplanması için öncelikle teorik yoğunluk (T_d) (2.18) hesaplanmıştır.

$$T_d = 100 / (R / D + r / d) \quad (2.18)$$

T_d : Teorik Yoğunluk (g/cm^3)

R : Kompozitteki Ağırlıkça Reçine Miktarı (%)

D : Reçine Yoğunluğu (g/cm^3)

r : Kompozitteki Ağırlıkça Lif Miktarı (%)

d : Lif Yoğunluğu (g/cm^3)

Kompozit yapıdaki boşluk miktarı aşağıdaki formül (2.19) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$V = 100 (T_d - M_d) / T_d \quad (2.19)$$

V : Boşluk Miktarı (%)

T_d : Teorik Yoğunluk (g/cm^3)

M_d : Ölçülen Yoğunluk (g/cm^3)

2.8.6. Çekme Dayanımı Testi

Kompozit yapıların çekme dayanımı özellikleri ASTM D3039-76 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Çekme dayanımı testi, Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ndeki (TAUM), Shimadzu AG-XD 50 (Japonya) model cihaz kullanılarak yapılmıştır. Test sonuçları Trapezium® yazılımı vasıtasıyla alınmıştır. Şekil 2.143'te, çekme dayanımı test cihazı gösterilmiştir. Standarda göre, Tablo 2.51'de, takviye lifinin türüne bağlı olarak test edilecek kompozit yapıların kalınlık aralığı verilmiştir. Buna göre, tez kapsamında üretilen E-Cam lifi destekli kompozit yapıların tümü, standartta belirtilen kalınlık aralığına uygundur. Tablo 2.52'de, çekme testi numunesinin lif oryantasyonuna bağlı olarak numune boyutları verilmiştir. Buna göre, $0^\circ/90^\circ$ kumaş geometrisine uygun olarak, numune eni; 25.4 mm, numune boyu 227 mm

ve test mesafesi 127 mm olarak belirlenmiştir. Şekil 2.144'te çekme testi numunesinin boyutları gösterilmiştir.



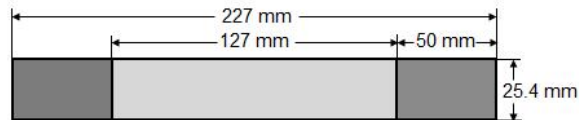
Şekil 2.143. Çekme dayanımı test cihazı (Shimadzu AG-XD 50).

Tablo 2.51. Çekme testi için numune kalınlık aralığı.

Takviye lifi	Kesiksiz lif	Kesikli lif
Bor	0.508–2.54 mm	1.06–5.08 mm
Grafit	0.508–2.54 mm	1.06–5.08 mm
Cam	0.762–3.275 mm	1.524–6.55 mm

Tablo 2.52. Çekme testinde lif oryantasyonuna bağlı numune boyutu.

Lif oryantasyonu	Numune eni (mm)	Test boyu (mm)
0°	12.7	127
90°	25.4	38.1
0°/90°	25.4	127



Şekil 2.144. Çekme testi numune boyutları.

Çekme testi esnasında, kopmanın çene kısmındaki numunede olmasını ve numunenin test esnasında çenelerden kayarak sıyrılmasını önlemek amacıyla, test numunesinin çeneler içinde kalacak kısımları güçlendirilmiştir. Güçlendirme işleminde kullanılan ‘tab’ malzemesinin uzunluğu 38 mm’den küçük olmamalı ve eni numune enine eşit olmalıdır. Kalınlığı ise, test edilecek olan numunenin kalınlığının 1.5 katından 4 katına kadar daha fazla olabilir. Tab olarak, her bir numunenin kendisinden hazırlanan, 25.4 mm eninde ve 50 mm uzunluğunda malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemeler, epoksi reçine (West System Brand® 105-BE, A.B.D.) kullanılarak, çekme testi numunelerine yapıştırılmıştır. ASTM D3039-76 çekme testi standardına uygun olarak, test hızı 2 mm/dakika olarak uygulanmıştır.

2.8.6.1. Çekme Modülünün Hesaplanması

Kuvvet (N)- Uzama (mm) Grafiği

Tez kapsamında yapılan çekme modülü hesaplamaları, ASTM D3039-76 çekme testi standardına göre, aşağıdaki formül (2.20) kullanılarak yapılmıştır.

$$E = (\Delta P / \Delta l)(l / bd) \quad (2.20)$$

Burada;

E : Elastik modül (MPa)

$\Delta P / \Delta l$: Eğrinin lineer bölgedeki kuvvet-uzama oranı

l : Çeneler arası mesafe (mm)

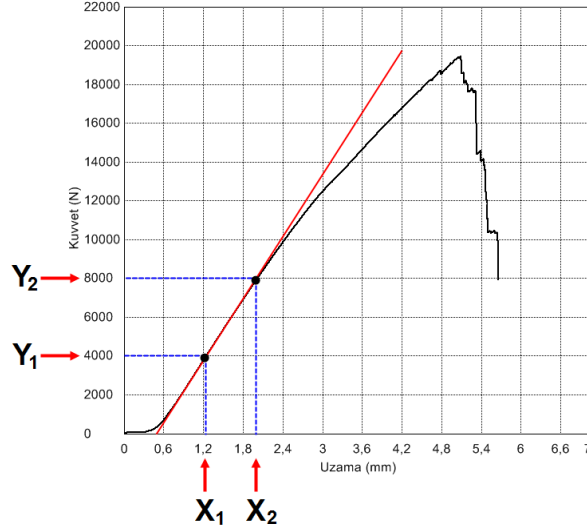
b : Numune eni (mm)

d : Numune kalınlığı (mm)

Elastik modül hesaplanırken, her bir numuneye ait ‘Kuvvet (N)- Uzama (mm)’ grafikleri üzerinden, lineer bölgeye çizilen teğet vasıtasıyla ΔP değerini hesaplamak üzere; iki farklı kuvvet (N) noktası (Y_1, Y_2) ve Δl değerini hesaplamak üzere; bu iki farklı kuvvete (N) karşılık gelen iki uzama (mm) değeri (X_1, X_2) alınmıştır. $\Delta P / \Delta l$ değeri, aşağıda verilen eşitlik (2.21) ile hesaplanmıştır.

$$\left(\frac{\Delta P}{\Delta l} \right) = \left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \right) \quad (2.21)$$

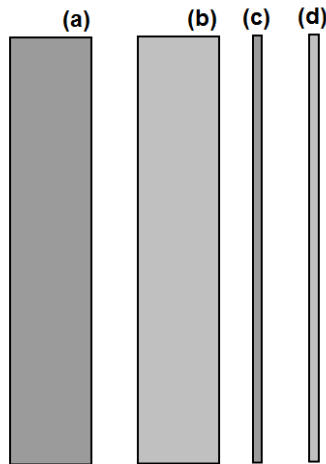
ASTM D3039-76 çekme testi standardına göre, çekme modülünün hesaplanmasında kullanılan ‘Kuvvet (N)- Uzama (mm)’ grafiği ve, (Y_1 , Y_2) ve (X_1 , X_2) değerlerinin seçilmesi, Şekil 2.145’te gösterilmiştir.



Şekil 2.145. Kuvvet-uzama grafiği.

2.8.6.2. Kompozit Yapıların Çekme Testi Sonrası Görüntü Analizi

Dikişsiz, dikişsiz/dolgulu, dikişli ve dikişli/dolgulu kompozit yapıların çekme testi sonrası kırılma görüntülerinin analizi, Şekil 2.146’da şematik olarak gösterildiği biçimde, optik mikroskop ile gerçekleştirilmiştir.

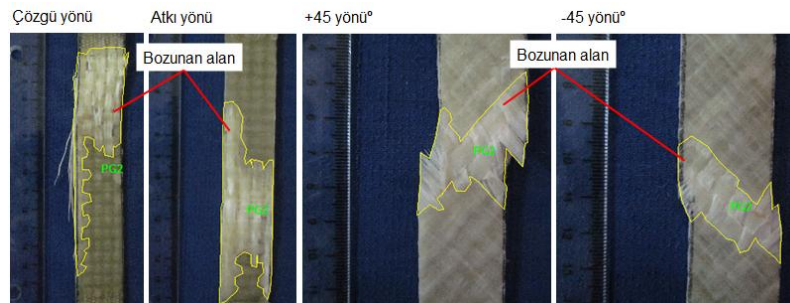


Şekil 2.146. (a); ön-yüz,
(b); arka-yüz,
(c); sağ-kesit,
(d); sol-kesit.

2.8.6.3. Çekme Testi Sonrası Kompozit Yapılara Uygulanan Ölçümler

- Bozunma Alanının Ölçülmesi

Dikişsiz, dikişsiz/dolgulu, dikişli ve dikişli/dolgulu kompozit yapıların çekme testi sonrası kırılma ön yüzeyinde, bozunma alanı ölçümleri görüntü analiz yazılımı (Image Pro-Plus®) vasıtasıyla, dijital fotoğraflar üzerinden yapılmıştır. Bu ölçüm, çözgü yönü, atkı yönü, $+45^\circ$ yönü ve -45° yönünde çekme yükü uygulanan tüm örnekler için yapılmıştır. Şekil 2.147’de, kompozit yapıların çekme testi sonrası ön yüzeyindeki bozunma alanı ölçümüne ait görüntüler verilmiştir.



Şekil 2.147. Çekme testi sonrası yüzeydeki bozunma alanının ölçülmesi.

- Kayma Sonucu Meydana Gelen Yer Değiştirmenin Ölçülmesi

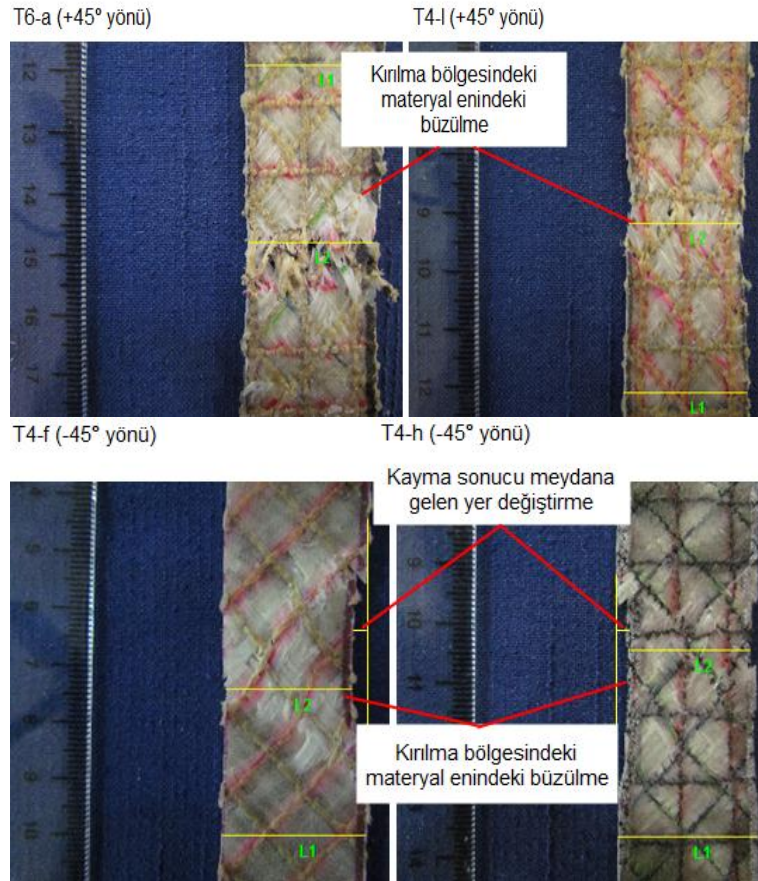
Dikişsiz, dikişsiz/dolgulu, dikişli ve dikişli/dolgulu kompozit yapıların çekme testi sonrası kayma sonucu meydana gelen yer değiştirmenin ölçümleri, görüntü analiz yazılımı (Image Pro-Plus®) vasıtasıyla, dijital fotoğraflar üzerinden yapılmıştır. Bu ölçüm, $+45^\circ$ yönü ve -45° yönünde çekme yükü uygulanan tüm örnekler için yapılmıştır. Şekil 2.148’de, çekme testi sonrası kayma sonucu meydana gelen yer değiştirmenin ölçümlerine ait görüntüler verilmiştir.



Şekil 2.148. Çekme testi sonrası $+45^\circ$ ve -45° numunelerinde kayma sonucu meydana gelen yer değiştirmenin ölçülmesi.

- Kırılma Bölgesindeki Materyal Enindeki Büzülmenin (Shrinkage) Ölçülmesi

Belirlenen iki yön ve dört yön dikişli kompozit yapılarda, $+45^\circ$ ve -45° çekme numunelerinde, kayma esaslı kırılmanın olduğu yerde, materyalin eninde büzülme gerçekleşmiştir. Kırılma bölgesindeki materyal enindeki büzülme, ön-yüzden, sağ ve sol olmak üzere her iki taraftan, görüntü analiz yazılımı (Image Pro-Plus®) vasıtasıyla, dijital fotoğraflar üzerinden ölçülmüştür. Şekil 2.149'da, dikişli $+45^\circ$ ve -45° çekme numunelerinde kırılma bölgesindeki materyal enindeki büzülmenin ölçülmesine ait görüntüler verilmiştir.



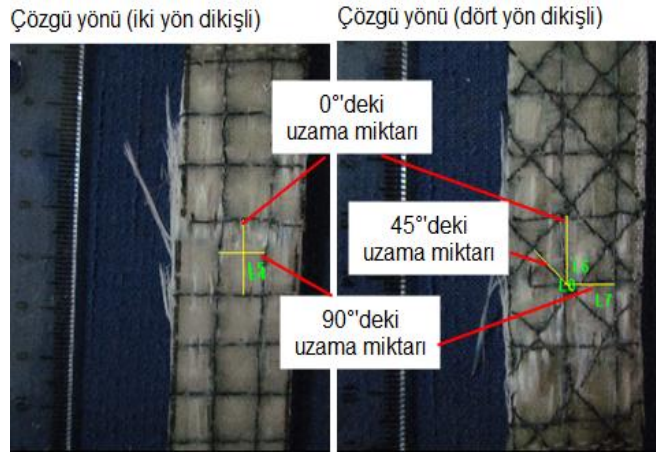
Şekil 2.149. Çekme testi sonrası $+45^\circ$ ve -45° numunelerinde kırılma bölgesindeki materyal enindeki büzülmenin ölçülmesi.

Bazı yapılarda, $+45^\circ$ yönü ve -45° yönünde çekme yükü uygulanan örneklerde, hem kayma sonucu yer değiştirme, hem de materyal eninde büzülme gerçekleşmiştir. Bu durumda, bu örneklerde, her iki ölçüm de yapılmıştır.

- **Çekme Yönünde, Çekme Yönünün Normalinde ve 45°'deki Uzama Miktarının Ölçülmesi**

Belirlenen iki yön ve dört yön dikişli kompozit yapılarda, çözgü ve atkı yönü çekme yükü uygulanan numunelerde, çekme yönündeki uzama miktarı ölçülmüştür. Bu ölçümler; iki yön dikişli yapılarda 0° ve 90°'de, dört yön dikişli yapılarda ise; 0°, 90° ve 45°'de, kırılma bölgesindeki materyal ön yüzünden görüntü analiz yazılımı (Image Pro-Plus®) vasıtasıyla, dijital fotoğraflar üzerinden yapılmıştır.

Şekil 2.150'de, dikişli çözgü ve atkı yönü çekme yükü uygulanan numunelerde uzama miktarının ölçülmesine ait görüntüler verilmiştir.

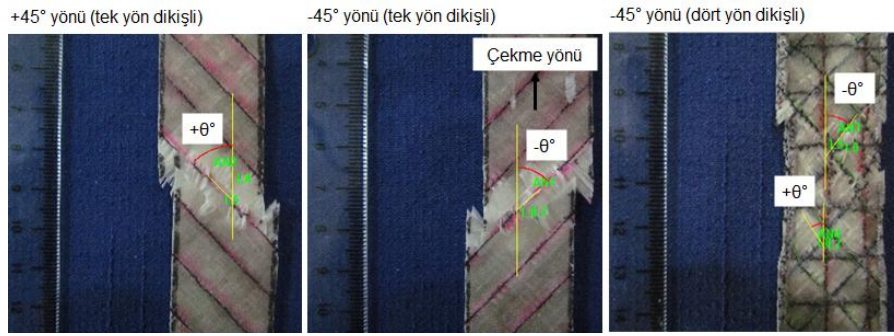


Şekil 2.150. Çekme testi sonrası çözgü ve atkı numunelerinde uzama miktarının ölçülmesi.

- **Şekil Değişiminin Çekme Yönüne θ° Açısının Ölçülmesi**

Dikişsiz, dikişsiz/dolgulu, dikişli ve dikişli/dolgulu kompozit yapıların çekme testi sonrası kırılma ön yüzeyinde meydana gelen şekil değişiminin, çekme yönüne olan θ° açısı ölçümleri, görüntü analiz yazılımı (Image Pro-Plus®) vasıtasıyla, dijital fotoğraflar üzerinden yapılmıştır.

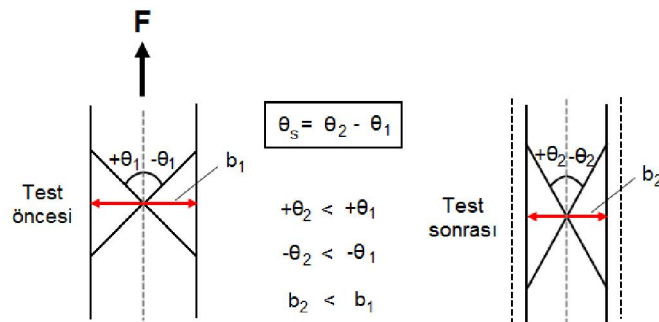
Bu ölçüm, +45° yönü ve -45° yönünde çekme yükü uygulanan tüm örnekler için yapılmıştır. Şekil 2.151'de, çekme testi sonrası kırılma ön yüzeyinde meydana gelen şekil değişiminin, çekme yönüne olan θ° açısı ölçümlerine görüntüler verilmiştir. Burada; tek yön ve dört yön dikişli kompozit yapılar örnek olarak verilmiştir.



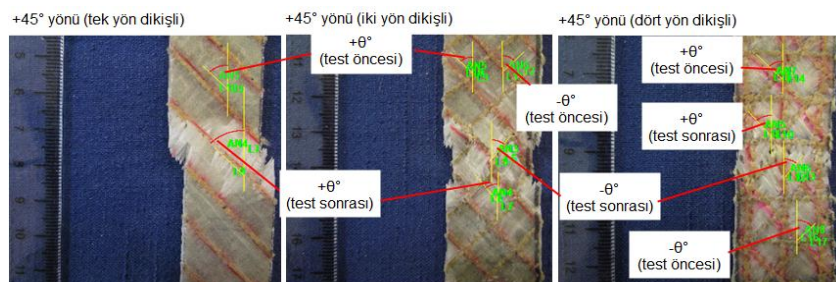
Şekil 2.151. Çekme testi sonrası +45° ve -45° numunelerinde şekil değişiminin çekme yönüne θ° açısının ölçülmesi.

- Kayma Sonucu Yapının İplik Setlerinde Meydana Gelen Açısal Farkın (θ_s) (Skew) Ölçülmesi

Dikişsiz, dikişsiz/dolgu, dikişli ve dikişli/dolgu kompozit yapıların çekme testi sonrası kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal farkın ölçülmesi, görüntü analiz yazılımı (Image Pro-Plus®) vasıtasıyla, dijital fotoğraflar üzerinden yapılmıştır. Bu ölçüm, +45° yönü ve -45° yönünde çekme yükü uygulanan tüm örnekler için yapılmıştır. Şekil 2.152 ve 2.153'te sırasıyla, çekme testi sonrası kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal farkın ölçülmesine ait şematik ve fotoğrafik görüntüler verilmiştir.



Şekil 2.152. Çekme testi sonrası +45° ve -45° numunelerinde kayma sonucu iplik setlerindeki açısal fark.



Şekil 2.153. Çekme testi sonrası +45° ve -45° numunelerinde kayma sonucu iplik setlerindeki açısal fark ölçümü.

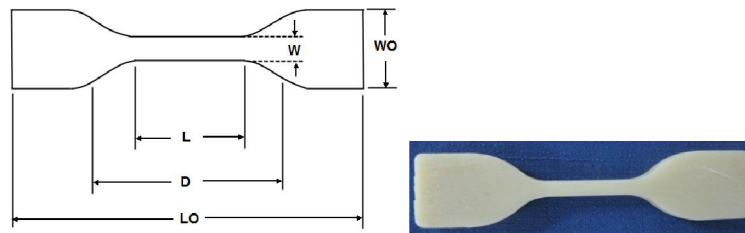
Çekme testi uygulanacak olan kompozit yapıların test numunesi kalınlıkları, numune eni ve numune boyu değerleri, test örneklerinin kesilmesinin ardından ölçülerek belirlenmiştir. Böylece, kesim esnasında gerçekleştirilecek varyasyonlar dikkate alınarak, test esnasında gerçek numune boyutları üzerinden işlem yapılması sağlanmıştır.

2.8.7. Reçine Çekme Dayanımı Testi

Dolgulu polyester reçine yapıların çekme dayanımı özellikleri ASTM D638-3 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Dolgulu polyester reçine yapıların çekme dayanımı testi, Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ndeki (TAUM), Shimadzu AG-XD 50 (Japonya) model cihaz kullanılarak yapılmıştır. Test sonuçları Trapezium® yazılımı vasıtasıyla alınmıştır. ASTM D638-3, plastik malzemelerin çekme dayanımı özelliklerini belirlemede kullanılan en yaygın test metodlarından biridir. Bu test metodunda, kalınlığı <14 mm olan 'köpek kemiği' şeklinde kalıplanmış plastik esaslı malzemelerin çekme dayanımı özellikleri belirlenmektedir. Tez kapsamında üretilen dolgulu polyester reçine yapılar, ilgili standarttaki 'Test Metodu IV^B' ye göre test edilmiştir. Tablo 2.53'te, Test Metodu IV^B'ye göre numune boyutları verilmiştir. Şekil 2.154'te, reçine çekme dayanımı testi numunesinin boyutları gösterilmiştir. ASTM D638-3 reçine çekme testi standardına uygun olarak, test hızı 5 mm/dakika olarak uygulanmıştır.

Tablo 2.53. Test Metodu IV^B'ye göre numune boyutları.

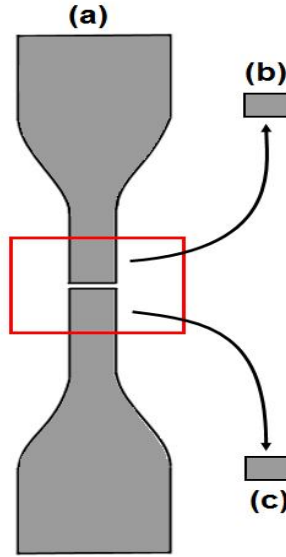
	Boyutlar (mm)
W- Dar kısmın eni	6
L- Dar kısmın boyu	33
WO- Numune eni	19
LO- Numune boyu	115
D- Çeneler arası mesafe	65



Şekil 2.154. Reçine çekme testi numune boyutları.

2.8.7.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapıların Çekme Testi Sonrası Görüntü Analizi

Dolgulu polyester reçine yapıların çekme testi sonrası kırılma görüntülerinin analizi, Şekil 2.155’te şematik olarak gösterildiği biçimde optik mikroskop ile gerçekleştirilmiştir.



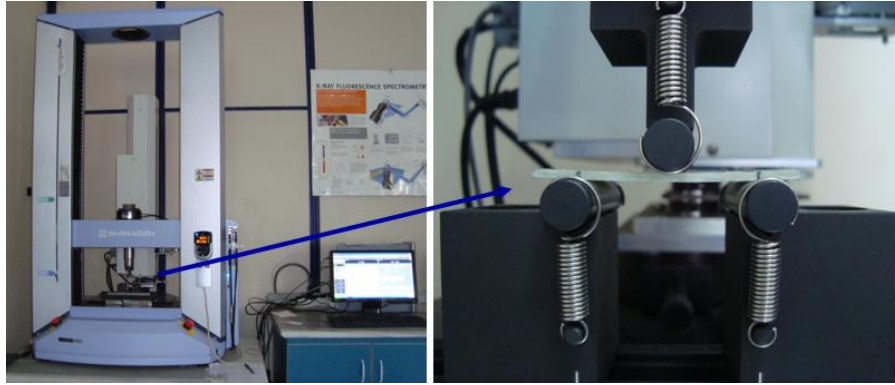
Şekil 2.155. (a); yüzey,
(b); üst-kesit,
(c); alt-kesit.

Reçine çekme dayanımı testi uygulanacak olan yapıların numune kalınlıkları, numune eni ve numune boyu değerleri ölçülerek belirlenmiştir.

2.8.8. Eğilme Dayanımı Testi

Kompozit yapıların eğilme dayanımı özellikleri ASTM D790-90 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Eğilme dayanımı testi, Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi’ndeki (TAUM), Shimadzu AG-XD 50 model cihaz kullanılarak yapılmıştır. Test sonuçları Trapezium® yazılımı vasıtasıyla alınmıştır. Şekil 2.156’da, eğilme dayanımı test cihazı gösterilmiştir. ASTM D790-90 standardında yer alan Test Metodu I’e göre 3-nokta eğilme testi gerçekleştirilmiştir. Buna göre, farklı destek mesafesi/kalınlık oranı ile oluşturulmuş tablolardan, mevcut tez çalışmasına uygun olarak 16/1’lik destek mesafesi/kalınlık oranı esas alınmıştır. Tablo 2.54’te, standartta sembolik numune kalınlıklarına göre tavsiye edilen numune boyutları, destek mesafesi

ve test hızları verilmiştir. Tez kapsamında üretilen kompozit yapıların kalınlıkları 2.4-3.2 mm aralığında olduğundan, bu kalınlık değerlerine uygun olarak numune boyutları, destek mesafesi ve test hızları belirlenmiştir.

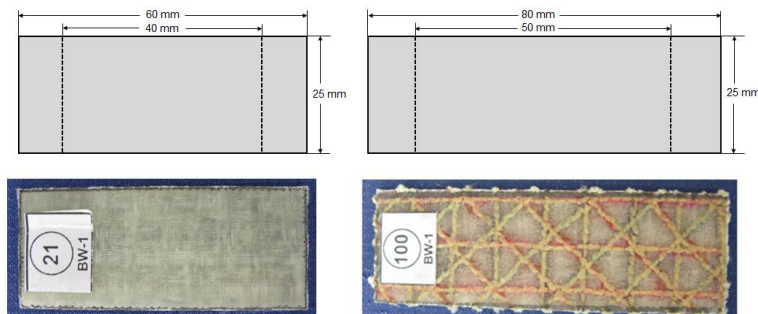


Şekil 2.156. Eğilme dayanımı test cihazı (Shimadzu AG-XD 50).

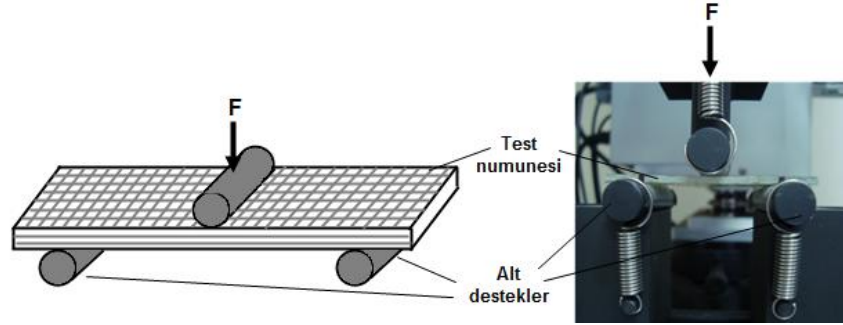
Tablo 2.54. Destek mesafesi/kalınlık oranı 16/1 için numune boyutları ve test hızları.

Sembolik numune kalınlığı (mm)	Numune eni (mm)	Destek mesafesi/kalınlık oranı		
		L (destek mesafesi)/ d (kalınlık)= 16/1		
		Numune boyu (mm)	Destek mesafesi (mm)	Test hızı (mm/dak.)
2.4	25	60	40	1.0
3.2	25	80	50	1.3

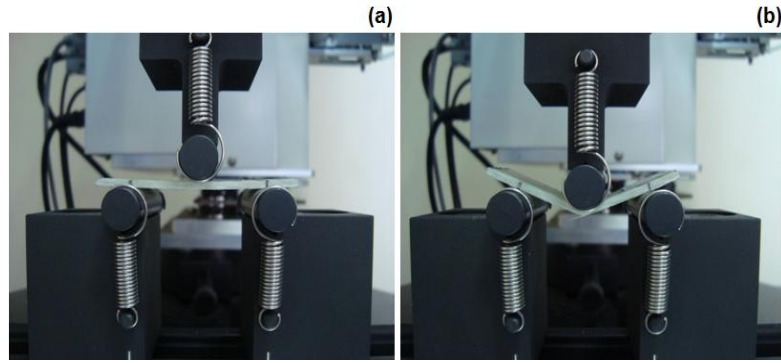
Şekil 2.157'de, eğilme dayanımı test numunesinin boyutları gösterilmiştir. Şekil 2.158'de, eğilme dayanımı yük ve destek birimlerinin şematik ve fotoğrafik görüntüleri verilmiştir. Şekil 2.159'da, eğilme dayanımı testi öncesi ve test sonrasında numune görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.157. Eğilme dayanımı testi numune boyutları.



Şekil 2.158. Eğilme dayanımı yük ve destek birimlerinin şematik ve fotoğrafik görüntüleri.



Şekil 2.159. Eğilme dayanımı test esnasındaki görüntüler, (a); test öncesi, (b); test sonrası.

2.8.8.1. Eğilme Modülünün Hesaplanması

Kuvvet (N)- Uzama (mm) Grafiği

Tez kapsamında yapılan eğilme modülü hesaplamaları, ASTM D790 eğilme dayanımı testi standardına göre, aşağıdaki formül (2.22) kullanılarak yapılmıştır.

$$E = L^3 m / 4 b d^3 \quad (2.22)$$

Burada;

E : Eğilme modülü (Pa, N/m²)

L : Destek mesafesi (m)

m : Eğrinin lineer bölgesindeki kuvvet-uzama oranı (N/m)

b : Numune eni (m)

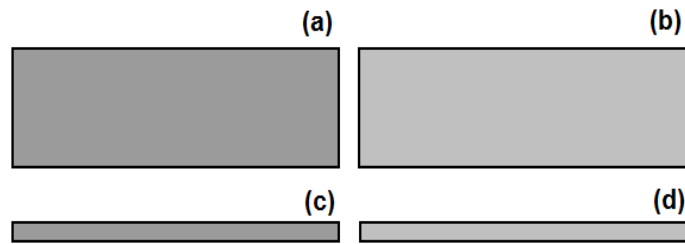
d : Numune kalınlığı (m)

Eğilme modülü hesaplanırken, her bir numuneye ait ‘Kuvvet (N)- Uzama (mm)’ grafikleri üzerinden, lineer bölgeye çizilen teğet vasıtasıyla ΔP değerini hesaplamak üzere; iki farklı kuvvet (N) noktası (Y_1, Y_2) ve Δl değerini hesaplamak üzere; bu iki farklı kuvvete (N) karşılık gelen iki uzama (m) değeri (X_1, X_2) alınmıştır. Buna göre; m değeri, aşağıda verilen eşitlik (2.23) ile hesaplanmıştır.

$$m = \left(\frac{\Delta P}{\Delta l} \right) = \left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \right) \quad (2.23)$$

2.8.8.2. Kompozit Yapıların Eğilme Testi Sonrası Görüntü Analizi

Dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/dolgulu, makine dikişli, el dikişli ve dikişli/dolgulu kompozit yapıların eğilme testi sonrası kırılma görüntülerinin analizi, Şekil 2.160’te şematik olarak gösterildiği biçimde, optik mikroskop ile gerçekleştirilmiştir.



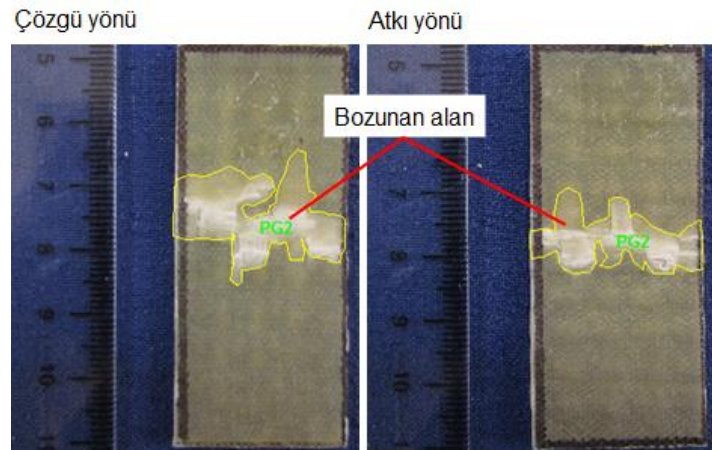
Şekil 2.160. Eğilme testi görüntü analizinin şematik gösterimi (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit.

2.8.8.3. Eğilme Testi Sonrası Kompozit Yapılara Uygulanan Ölçümler

- Bozunma Alanının Ölçülmesi

Dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/dolgulu, makine dikişli, el dikişli ve dikişli/dolgulu kompozit yapıların eğilme testi sonrası kırılma ön yüzeyinde, bozunma alanı ölçümleri görüntü analiz yazılımı (Image Pro-Plus®) vasıtasıyla, dijital fotoğraflar üzerinden yapılmıştır.

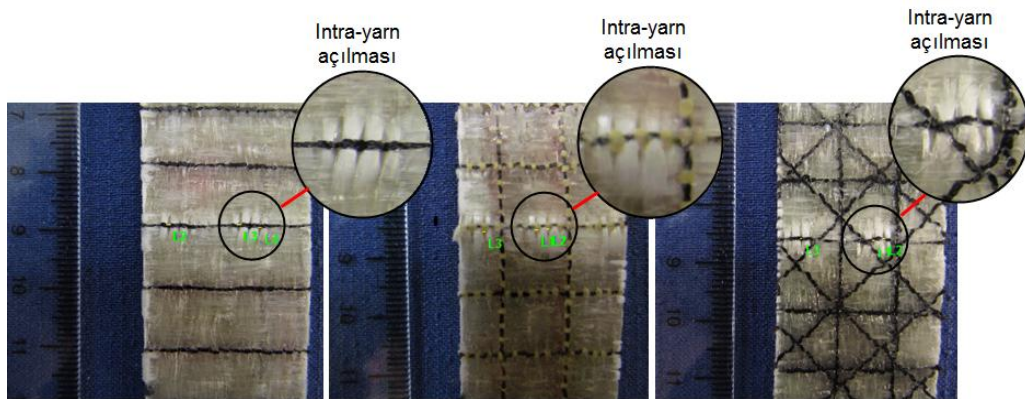
Bu ölçüm, çözümlü yönü ve atkı yönü, eğme yükü uygulanan tüm örnekler için yapılmıştır. Şekil 2.161’de, kompozit yapıların eğilme testi sonrası ön yüzeyindeki bozunma alanı ölçümüne görüntüler verilmiştir.



Şekil 2.161. Eğilme dayanımı testi sonrası yüzeydeki bozunma alanının ölçülmesi.

- Eğilme Numunelerin Alt Yüzeyinde Meydana Gelen İplikler Arası Intra-Yarn Açılışının Ölçülmesi

Makine dikişli kompozit yapıların, eğilme testi sonrası alt yüzeyinde, iki dikiş hattı arasındaki ipliklerde, eğme yükünün normali doğrultusundaki açılma, görüntü analiz yazılımı (Image Pro-Plus®) vasıtasıyla, dijital fotoğraflar üzerinden yapılmıştır. Şekil 2.162'de, kompozit yapıların eğilme testi sonrası alt yüzeyindeki iplikler arası açılmanın ölçümüne ait görüntüler verilmiştir.

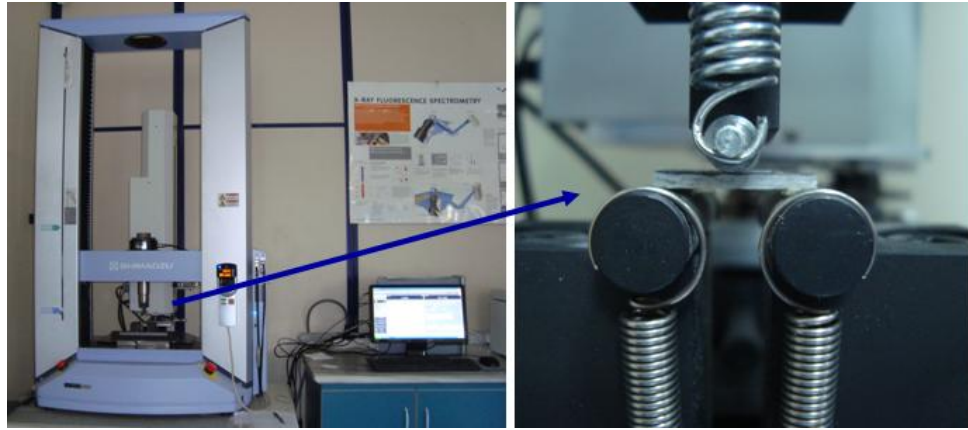


Şekil 2.162. Eğilme dayanımı testi sonrası iplikler arası açılmanın ölçülmesi.

2.8.9. Katlararası Ayrılma Dayanımı Testi

Kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı özellikleri ASTM D2344 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Katlararası ayrılma dayanımı testi, Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ndeki (TAUM), Shimadzu AG-XD 50

model cihaz kullanılarak yapılmıştır. Test sonuçları Trapezium® yazılımı vasıtasıyla alınmıştır. Şekil 2.163'te, katlararası ayrılma dayanımı test cihazı gösterilmiştir.



Şekil 2.163. Katlararası ayrılma dayanımı test cihazı (Shimadzu AG-XD 50).

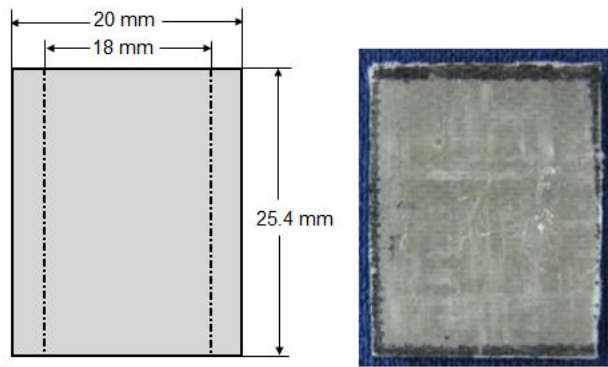
ASTM D2344 standardına göre, test edilecek numunelerin tavsiye edilen kalınlık aralığı 2.0-6.0 mm olmalıdır. Bu durumda, tez çalışması kapsamında üretilen kompozit yapılar, kalınlık bakımından bu testi yapmak için uygundur. Bu test metodu, yapının katlararası kayma davranışı hakkında bilgi vermektedir. Test numunesi, destek mesafesi/kalınlık oranı 4/1 olacak biçimde, oldukça küçük bir destek mesafesi ile 3- nokta eğme prensibine göre yüke maruz bırakılmaktadır. Bu test metodunda, destek mesafesi/kalınlık oranı çok düşük olduğundan, uzama değerinin ölçümü mümkün değildir. Bu sebeple, modül hesaplanamamaktadır.

ASTM D2344'e göre destek mesafesi/kalınlık oranı 4/1 için olması gereken numune boyutları Tablo 2.55'te verilmiştir. Mevcut cihaz ve üretilen kompozit numuneler göz önüne alınarak, numune boyutları yeniden belirlenmiştir.

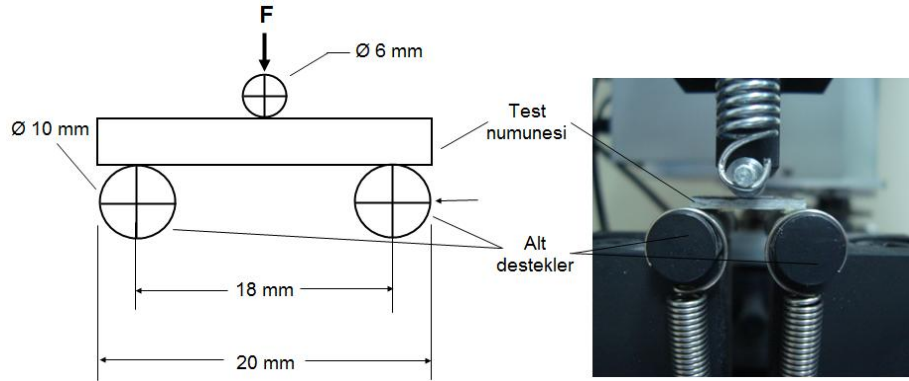
Tablo 2.55. Destek mesafesi/kalınlık oranı 4/1 için numune boyutları ve test hızı.

Destek mesafesi/kalınlık oranı				
L (destek mesafesi)/ d (kalınlık)= 4/1				
	Numune eni (mm)	Numune boyu (mm)	Destek mesafesi (mm)	Test hızı (mm/dak.)
ASTM D2344	12	$L + 2d$	$L = d \times 4$	1.0
Mevcut durum	25.4	20	18	1.0

Standarda göre, yükleme biriminin çapı 6.0 mm, destek birimlerinin çapları ise 3.0 mm olmalıdır. Ancak, mevcut test cihazının destek birimlerinin çapları 10 mm olduğundan, sadece yükleme birimi modifiye edilerek 6.0 mm çapına uygun hale getirilmiştir. Şekil 2.164 ve 2.165'te sırasıyla, katlararası ayrılma dayanımı testinde kullanılan numune boyutları, yük ve destek birimlerinin şematik ve fotoğrafik görüntüleri verilmiştir. Şekil 2.166'da, katlararası ayrılma dayanımı testi öncesi ve test sonrasında numune görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.164. Katlararası ayrılma dayanımı testi numune boyutları.



Şekil 2.165. Katlararası ayrılma dayanımı yük ve destek birimlerinin şematik ve fotoğrafik görüntüleri.

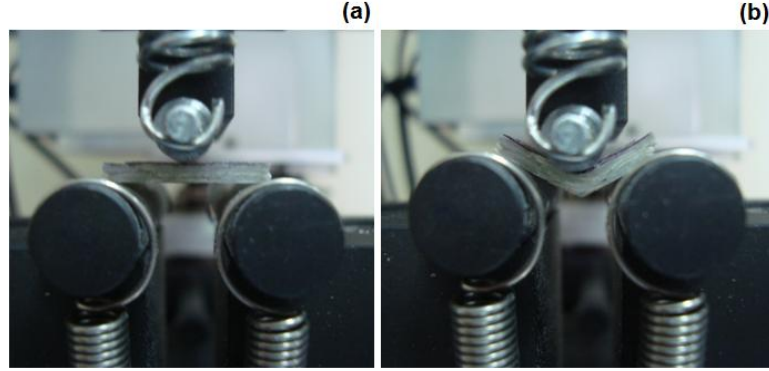
Katlararası ayrılma dayanımını hesaplamak için aşağıdaki formül (2.24) kullanılmıştır.

$$F^{sbs} = 0.75 \times \frac{P_m}{b \times h} \quad (2.24)$$

Burada;

F^{sbs} : Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)

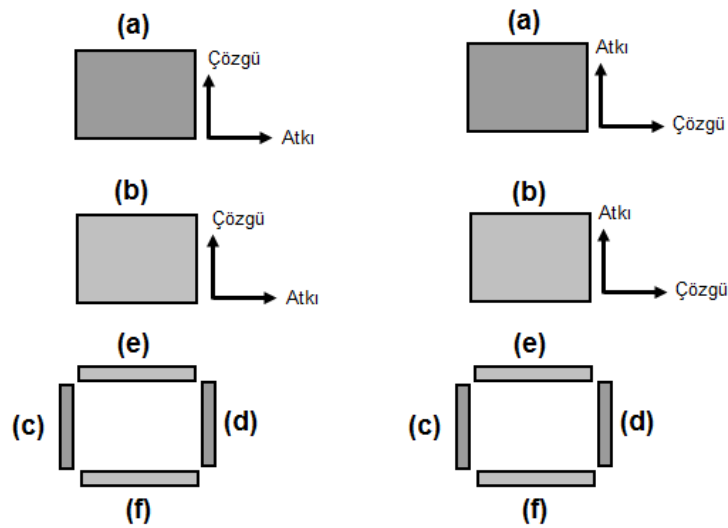
- P_m : Maksimum kuvvet (N)
 b : Numune eni (mm)
 h : Numune kalınlığı (mm)



Şekil 2.166. Katlararası ayrılma dayanımı test esnasındaki görüntüler, (a); test öncesi, (b); test sonrası.

2.8.9.1. Kompozit Yapıların Katlararası Ayrılma Dayanımı Testi Sonrası Görüntü Analizi

Dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/dolgu, makine dikişli, el dikişli ve dikişli/dolgu kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası kırılma görüntülerinin analizi, optik mikroskop ile, Şekil 2.167’de şematik olarak gösterildiği biçimde yapılmıştır.



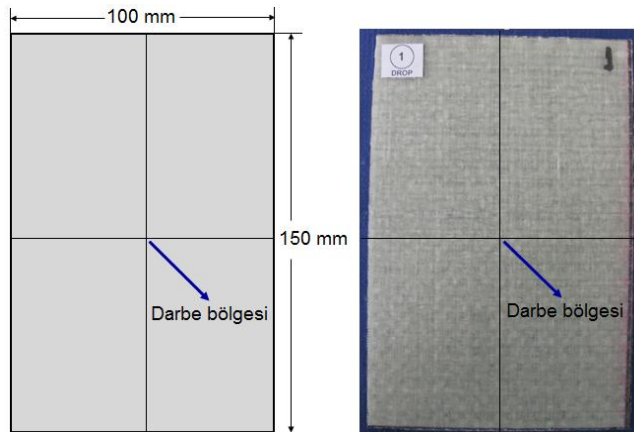
Şekil 2.167. Katlararası ayrılma dayanımı testi görüntü analizinin şematik gösterimi, (a); ön yüz, (b); arka yüz (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit.

2.8.10. Düşük Hızda Darbe (Drop) Testi

Kompozit yapıların düşük hızdaki darbe özellikleri, drop (düşürme) testi ile ASTM D7136/D7136M- 07 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Drop test, Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Laboratuvarındaki, CEAST Fractovis Plus (Belçika) model cihaz kullanılarak yapılmıştır. Cihaz, yüksek hızlı veri alma sistemi DAS 16000 sayesinde 10 ms’de (mili-saniye) 20.000 örnek alabilmektedir. Mevcut kuvvet sensörü ile 0-40 kN arasındaki temas kuvvetleri tespit edilebilmektedir. Ayrıca, kuvvet sensörünün ucuna farklı geometrilerdeki (küre, konik ve kare) darbe uçları bağlanabilmektedir. Şekil 2.168’de, drop test cihazının görüntüsü verilmiştir. ASTM D7136/D7136M- 07 standardına uygun olarak, numune eni 100 mm, numune boyu ise 150 mm olarak belirlenmiştir. Şekil 2.169’da, drop test numune boyutları şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2.168. Drop test cihazı (CEAST Fractovis Plus).

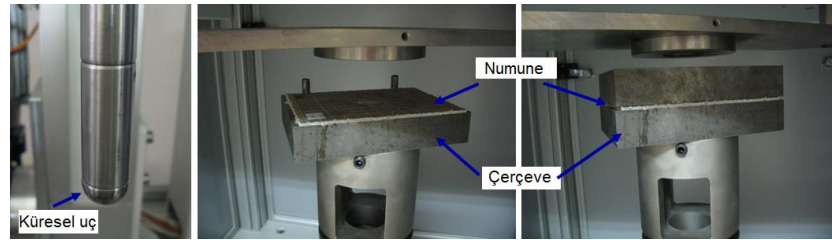


Şekil 2.169. Drop test numune boyutları.

Tablo 2.56’da, drop test koşulları verilmiştir. Tez kapsamında test edilen tüm numunelerde 19.45 J sabit enerji seviyesi ve yarı- küresel uç geometrisine sahip vurma ucu kullanılmıştır. Vurma kütlesi 5.45 kg’dır. Şekil 2.170’te, vurma ucu ve test edilecek drop numunesinin yerleştirildiği çerçeve gösterilmiştir.

Tablo 2.56. Drop test koşulları.

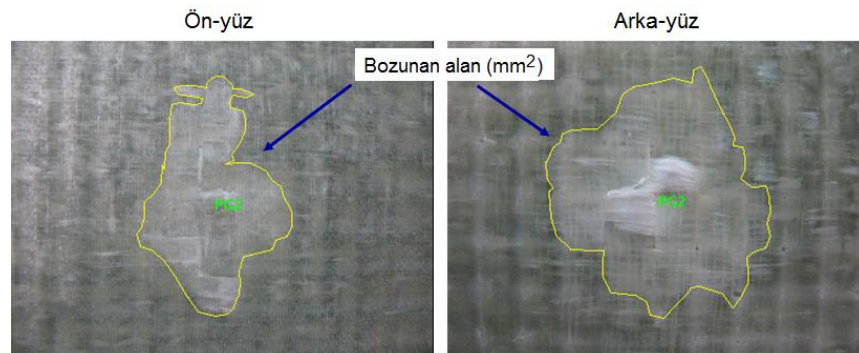
	Birim	Değer
Numune eni	(mm)	100
Numune boyu	(mm)	150
Vurma ucu geometrisi	-	Yarı- küresel
Vurma ucu kütlesi	(kg)	5.45
Vurma ucu çapı	(mm)	20
Enerji seviyesi	(J)	19.45
Hız	(m/s)	2.672
Düşürme yüksekliği	(m)	0.364



Şekil 2.170. Vurma ucu ve drop test numune çerçevesi.

2.8.10.1. Drop Test Bozunan Alan Ölçüm Yöntemi

Drop test sonrası, test numunesinin ön ve arka yüzeyindeki bozunan alan (mm^2) ölçümü, görüntü analiz yazılımı (Image Pro-Plus[®]) vasıtasıyla, dijital fotoğraflar üzerinden yapılmıştır. Şekil 2.171’de, drop test numunelerinin, ön ve arka yüzeyindeki bozunan alan ölçümüne ait örnek verilmiştir.



Şekil 2.171. Drop test numunelerinde test sonrası bozunan alan ölçümü.

2.8.11. Optik Mikroskop Analizi

Üretilen kompozit yapıların görüntü analizleri, optik mikroskop (Olympus SZ61, Japonya) ve Bs200Doc görüntü işleme yazılımı vasıtasıyla yapılmıştır. Optik mikroskop görüntülerinin yanı sıra, her bir kompozit yapı dijital fotoğraf makinesi ile görüntülenmiştir.

2.8.12. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Analizi

Kompozit yapıların, SEM kesit görüntüleri, LEO 440[®] model cihaz kullanılarak alınmıştır. Elektron iletkenliğini sağlamak amacıyla, kompozit yapıların yüzeyi altın ile kaplanmıştır. Kalıplanan dolgulu polyester reçine yapıların SEM analizleri, FEI Quanta250 FEG model cihaz kullanılarak yapılmış ve dolgu maddelerinin reçine içerisindeki dağılımları incelenmiştir. SEM analizi yapılacak olan numuneler küçük parçalar halinde kesilmiştir. Kesilen bu parçalar, 2500'lük zımpara kâğıdı ile zımparalanmıştır. Uygun parlatma keçelerine püskürtülen 9, 6, 3 ve 1 mikronluk parlatma solüsyonları yardımıyla sırasıyla parlatılmış ve ardından herhangi bir kaplama işlemi yapılmaksızın numune tutucular üzerindeki çift taraflı karbon banda tutturularak SEM analizi gerçekleştirilmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Kumaş ve Önşekil Test Sonuçları

3.1.1. Önşekil Kalınlık ve Ağırlıkları

Tez kapsamında üretilen önşekillerde; dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano dolgulu, makine dikişli ve dikişli/nano dolgulu yapıların her birinden 3'er adet önşekil ve kompozit üretimi (35 × 35 cm), dikişsiz/mikro dolgulu ve el dikişli yapıların ise her birinden 1'er adet önşekil ve kompozit üretimi (35 × 35 cm) yapılmıştır.

Buna bağlı olarak, kalınlık ve ağırlık değerleri, 2'şer tekrarlı üretilen önşekillerin her biri için ayrı ayrı verilmiştir.

Üretilen önşekillerin kalınlık ve ağırlık değerleri, her bir numune için ortalama değer olarak ifade edilmiştir.

3.1.1.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Önşekiller

Tablo 3.1'de, E-cam dikişsiz ve dikişsiz/oryantasyonlu önşekillerin kalınlık ve ağırlık değerleri verilmiştir.

Tablo 3.1. E-cam önşekillerin (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) kalınlık ve ağırlık değerleri.

Kod	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)
2400 TEX -[0/90°]- DİKİŞSİZ [T1-a]		
1-1	3.326	412.30
1-2	3.275	413.98

Tablo 3.1'in devamı

2400 TEX –ORYANTASYONLU [1: 0/90°, 2: ±45°, 3: ±45°, 4: 0/90°] [T1-b]		
6-1	3.547	441.23
6-2	3.518	431.80
2400 TEX –ORYANTASYONLU [1: ±45°, 2: 0/90°, 3: 0/90°, 4: ±45°] [T1-c]		
11-1	3.588	443.49
11-2	3.532	442.85

3.1.1.2. Dikişsiz/Dolgulu Önşekiller

Dikişsiz/Nano Dolgulu Önşekiller

Tablo 3.2'de, E-cam dikişsiz/nano dolgulu önşekillerin kalınlık ve ağırlık değerleri verilmiştir.

Tablo 3.2. E-cam önşekillerin (dikişsiz/nano) kalınlık ve ağırlık değerleri.

Kod	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Silika (nano) [T2-a]		
26-1	3.312	434.79
26-2	3.318	436.58
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Silika (nano) [T2-b]		
16-1	3.324	409.31
16-2	3.307	410.28
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Silika (nano) [T2-c]		
21-1	3.362	412.01
21-2	3.412	429.85
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Karbon (nano) [T2-d]		
31-1	3.369	412.38
31-2	3.275	412.27

Dikişsiz/Mikro Dolgulu Önşekiller

Tablo 3.3'te, E-cam dikişsiz/mikro dolgulu önşekillerin kalınlık ve ağırlık değerleri verilmiştir.

Tablo 3.3. E-cam önşekillerin (dikişsiz/mikro) kalınlık ve ağırlık değerleri.

Kod	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Silisyum Karbür (mikro) [T3-a25]		
36-1	3.271	438.70
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Silisyum Karbür (mikro) [T3-a]		
37-1	3.166	437.29

Tablo 3.3'ün devamı.

2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Silisyum Karbür (mikro) [T3-a75]		
38-1	3.234	436.55
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Kalsiyum Silikat (mikro) [T3-b25]		
39-1	3.170	437.29
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Kalsiyum Silikat (mikro) [T3-b]		
40-1	3.377	437.41
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Kalsiyum Silikat (mikro) [T3-b75]		
41-1	3.305	436.03
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Bor Karbür (mikro) [T3-c]		
42-1	2.966	437.83
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Titanyum Borür (mikro) [T3-d]		
43-1	3.278	438.43
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Karbon (mikro) [T3-e]		
44-1	3.293	430.21

3.1.1.3. Dikişli Önşekiller

Makine Dikişli Önşekiller

Tablo 3.4'te, E-cam makine dikişli önşekillerin (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kalınlık ve ağırlık değerleri verilmiştir.

Tablo 3.4. E-cam önşekillerin (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği) kalınlık ve ağırlık değerleri.

Kod	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-a]		
45-1	3.141	447.34
45-2	3.044	426.25
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-b]		
50-1	3.175	442.57
50-2	3.084	446.11
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-c]		
55-1	3.159	445.07
55-2	2.993	433.22
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN- (sıkı-6 adım/cm) [T4-d]		
60-1	2.906	434.05
60-2	2.931	432.47
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN- (sıkı-6 adım/cm) [T4-e]		
65-1	2.945	418.72
65-2	2.964	415.20
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN- (sıkı-6 adım/cm) [T4-f]		
70-1	2.982	423.25
70-2	2.996	426.03

Tablo 3.5'te, E-cam makine dikişli önşekillerin (Kevlar®129 dikiş ipliği) kalınlık ve ağırlık değerleri verilmiştir.

Tablo 3.5. E-cam önşekillerin (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği) kalınlık ve ağırlık değerleri.

Kod	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-g]		
75-1	3.302	448.44
75-2	3.069	424.96
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-h]		
80-1	3.341	447.99
80-2	3.273	428.20
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-i]		
85-1	3.459	457.54
85-2	3.179	430.13
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN - (sıkı-6 adım/cm) [T4-j]		
90-1	3.189	430.04
90-2	3.234	429.54
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN - (sıkı-6 adım/cm) [T4-k]		
95-1	3.387	438.25
95-2	3.356	437.58
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN - (sıkı-6 adım/cm) [T4-l]		
100-1	3.502	443.31
100-2	3.765	459.48

El Dikişli Önşekiller

Tablo 3.6'da, E-cam el dikişli önşekillerin kalınlık ve ağırlık değerleri verilmiştir.

Tablo 3.6. E-cam önşekillerin (el dikişli) kalınlık ve ağırlık değerleri.

Kod	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN [T5-a]		
110-1	3.612	444.18
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN [T5-b]		
111-1	4.529	555.23
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN [T5-c]		
112-1	3.844	449.37
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → E-CAM 600 TEX - TEK YÖN [T5-d]		
113-1	4.175	455.33
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → E-CAM 600 TEX - İKİ YÖN [T5-e]		
114-1	4.176	463.88
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → E-CAM 600 TEX - DÖRT YÖN [T5-f]		
115-1	5.576	592.94
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KARBON - TEK YÖN [T5-g]		
116-1	3.684	440.33
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KARBON - İKİ YÖN [T5-h]		
117-1	3.509	442.23
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KARBON - DÖRT YÖN [T5-i]		
118-1	3.732	444.00

3.1.1.4. Dikişli/Nano Dolgulu Önşekiller

Tablo 3.7’de, E-cam dikişli/nano dolgulu önşekillerin kalınlık ve ağırlık değerleri verilmiştir.

Tablo 3.7. E-cam önşekillerin (dikişli/nano) kalınlık ve ağırlık değerleri.

Kod	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN- (sıkı-6 adım/cm) → %5 Silika (nano) [T6-a]		
105-1	3.537	446.57
105-2	3.517	442.12
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN → %5 Silika (nano) [T6-b]		
119-1	3.745	424.41
119-2	3.676	425.41

3.1.2. Kumaştan İplik Çekme (Pull-Out) Test Sonuçları

3.1.2.1. Tekli İplik Çekme Test Sonuçları

2400 tex E-cam Kumaş

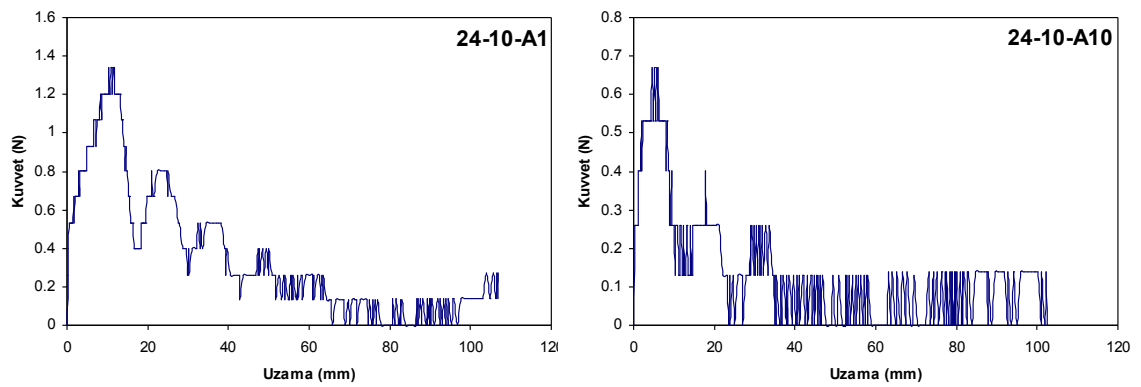
Tablo 3.8’de, 2400 tex E-Cam kumaşa tekli ardıl iplik çekme test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.1’de, 2400 tex E-cam kumaşa ait 10 cm test boyu için tekli ardıl iplik çekimi grafikleri verilmiştir. Şekil 3.2’de, 2400 tex E-cam kumaşa ait 20 cm test boyu için tekli ardıl iplik çekimi grafikleri verilmiştir. Şekil 3.3’te, 2400 tex E-cam kumaştan tekli iplik çekilmesi testi esnasındaki görüntüler verilmiştir. Şekil 3.4’te, 2400 tex E-cam kumaştan 2’li iplik çekilmesi testi esnasındaki görüntüler verilmiştir. Şekil 3.5’te, 2400 tex E-cam kumaştan 3’li iplik çekilmesi testi esnasındaki görüntüler verilmiştir.

Tablo 3.8. 2400 tex E-cam kumaşa ait tekli ardıl iplik çekme test sonuçları.

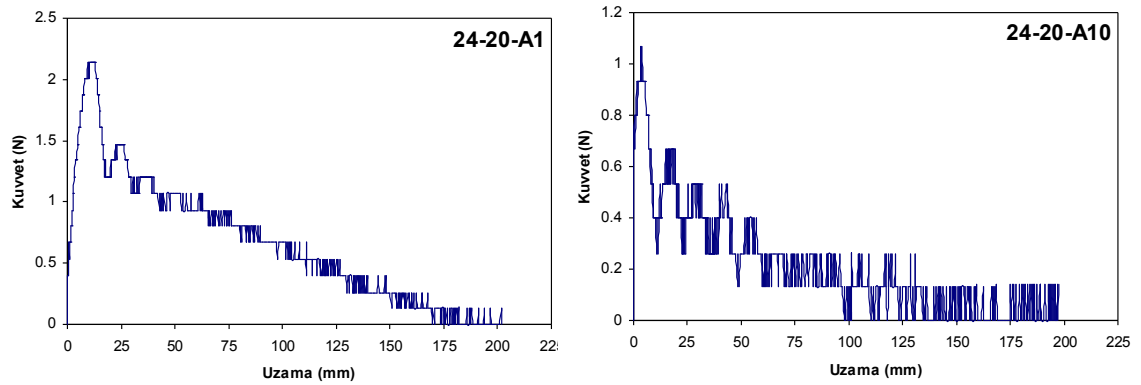
Kumaş uzunluğu	Kod	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
10 cm	24-10-A1	3	3	1.34
	24-10-A2	0	0	0.53
	24-10-A3	0	0	0.53
	24-10-A4	0	0	0.67
	24-10-A5	0	0	0.53
	24-10-A6	0	0	0.53
	24-10-A7	0	0	0.40
	24-10-A8	0	0	0.53
	24-10-A9	0	0	0.53
	24-10-A10	0	0	0.67

Tablo 3.8'in devamı.

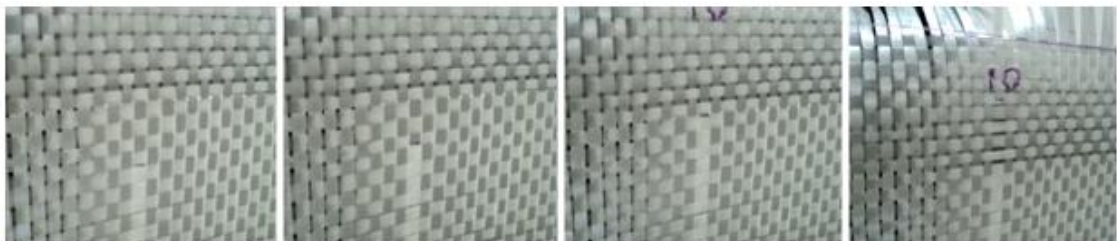
20 cm	24-20-A1	4	4	2.14
	24-20-A2	0	0	1.34
	24-20-A3	0	0	1.47
	24-20-A4	0	0	0.93
	24-20-A5	0	0	1.34
	24-20-A6	0	0	1.07
	24-20-A7	0	0	1.74
	24-20-A8	0	0	0.93
	24-20-A9	0	0	1.20
	24-20-A10	0	0	1.07



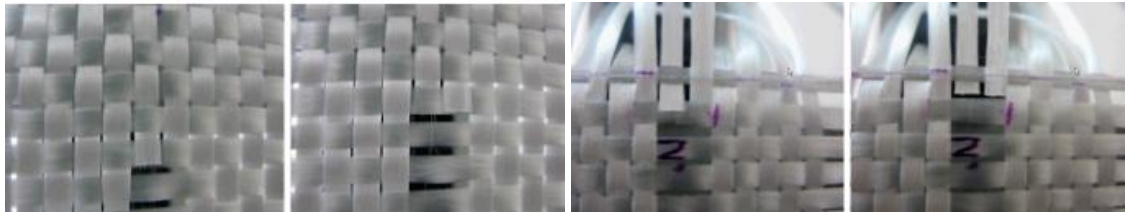
Şekil 3.1. 2400 tex E-cam kumaşa ait 10 cm test boyu için tekli ardıl iplik çekimi grafikleri.



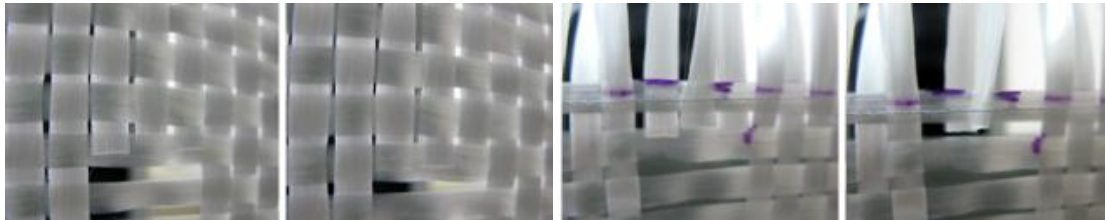
Şekil 3.2. 2400 tex E-cam kumaşa ait 20 cm test boyu için tekli ardıl iplik çekimi grafikleri.



Şekil 3.3. 2400 tex E-cam kumaştan tekli iplik çekilmesi testi esnasındaki görüntüler.



Şekil 3.4. 2400 tex E-cam kumaştan 2'li iplik çekilmesi testi esnasındaki görüntüler.



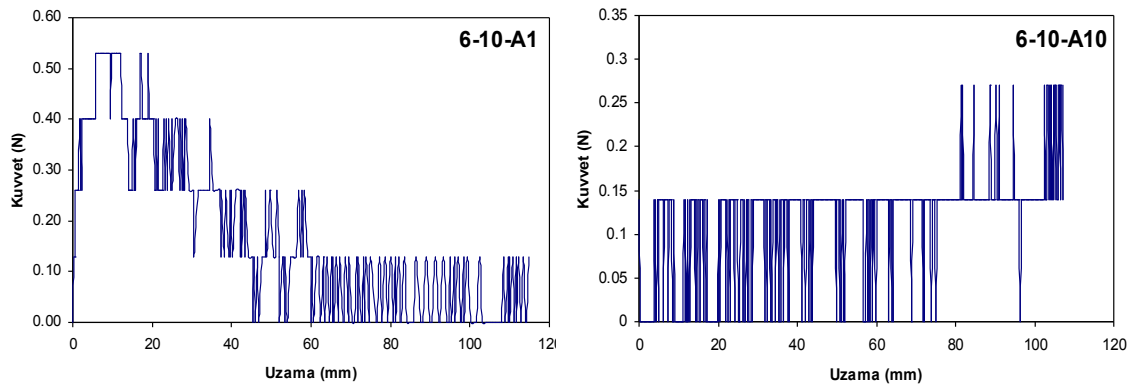
Şekil 3.5. 2400 tex E-cam kumaştan 3'li iplik çekilmesi testi esnasındaki görüntüler.

600 tex E-cam Kumaş

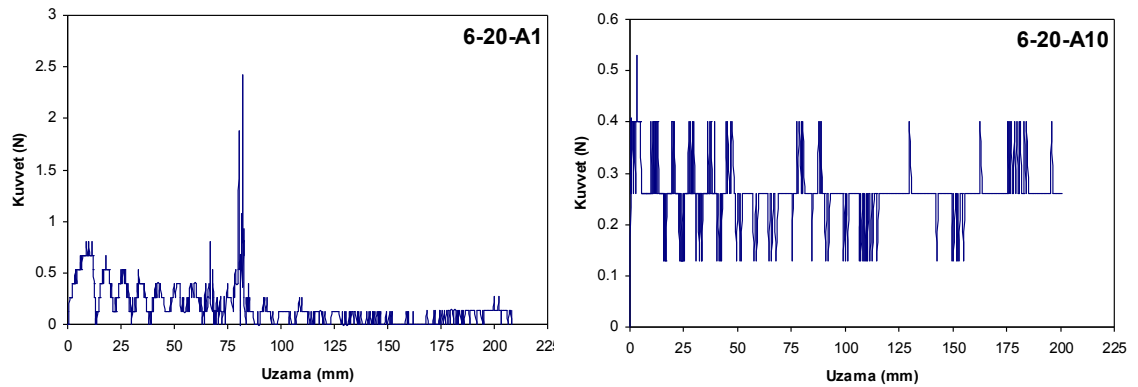
Tablo 3.9'da, 600 tex E-Cam kumaşa tekli ardıl iplik çekme test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.6'da, 600 tex E-cam kumaşa ait 10 cm test boyu için tekli ardıl iplik çekimi grafikleri verilmiştir. Şekil 3.7'de, 600 tex E-cam kumaşa ait 20 cm test boyu için tekli ardıl iplik çekimi grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.9. 600 tex E-cam kumaşa ait tekli ardıl iplik çekme test sonuçları.

Kumaş uzunluğu	Kod	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
10 cm	6-10-A1	5	2	0.67
	6-10-A2	0	0	0.40
	6-10-A3	0	0	0.26
	6-10-A4	0	0	0.26
	6-10-A5	0	0	0.27
	6-10-A6	0	0	0.14
	6-10-A7	0	0	0.26
	6-10-A8	0	0	0.14
	6-10-A9	0	0	0.26
	6-10-A10	0	0	0.27
20 cm	6-20-A1	4	4	2.42
	6-20-A2	0	0	0.53
	6-20-A3	0	0	0.67
	6-20-A4	0	0	0.41
	6-20-A5	0	0	0.41
	6-20-A6	0	0	0.41
	6-20-A7	0	0	0.53
	6-20-A8	0	0	0.40
	6-20-A9	0	0	0.40
	6-20-A10	0	0	0.53



Şekil 3.6. 600 tex E-cam kumaşa ait 10 cm test boyu için tekli ardıl iplik çekimi grafikleri.



Şekil 3.7. 600 tex E-cam kumaşa ait 20 cm test boyu için tekli ardıl iplik çekimi grafikleri.

3.1.2.2. Çoklu İplik Çekme Test Sonuçları

2400 tex E-cam Kumaş

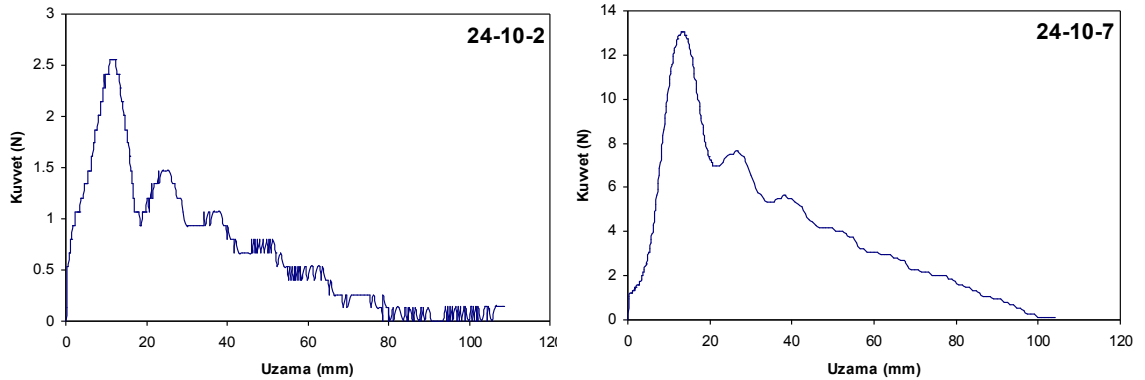
Tablo 3.10'da, 2400 tex E-Cam kumaşın çoklu iplik çekme test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.8 ve 3.9'da sırasıyla, 2400 tex E-cam kumaşa ait 10 cm ve 20 cm test boyu için çoklu iplik çekimi grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.10. 2400 tex E-cam kumaşın çoklu iplik çekme test sonuçları.

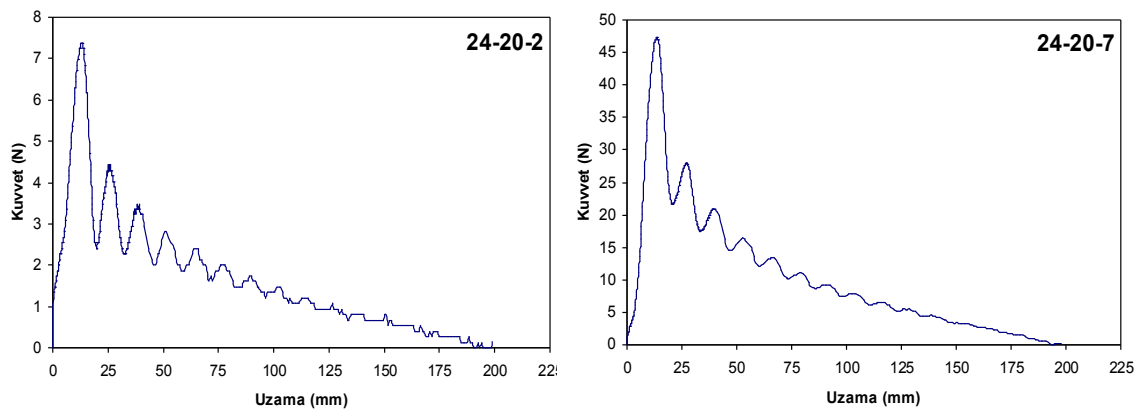
Kumaş uzunluğu	Kod	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
10 cm	24-10-2	4	5	2.55
	24-10-3	3	5	5.23
	24-10-4	10	5	7.51
	24-10-5	10	3	7.11
	24-10-6	8	3	14.22
	24-10-7	9	3	13.02

Tablo 3.10'un devamı.

20 cm	24-20-2	1	3	7.38
	24-20-3	4	3	12.08
	24-20-4	7	3	18.12
	24-20-5	8	4	25.36
	24-20-6	6	4	21.74
	24-20-7	8	3	47.38



Şekil 3.8. 2400 tex E-cam kumaşa ait 10 cm test boyu için çoklu iplik çekimi grafikleri.



Şekil 3.9. 2400 tex E-cam kumaşa ait 20 cm test boyu için çoklu iplik çekimi grafikleri.

600 tex E-cam Kumaş

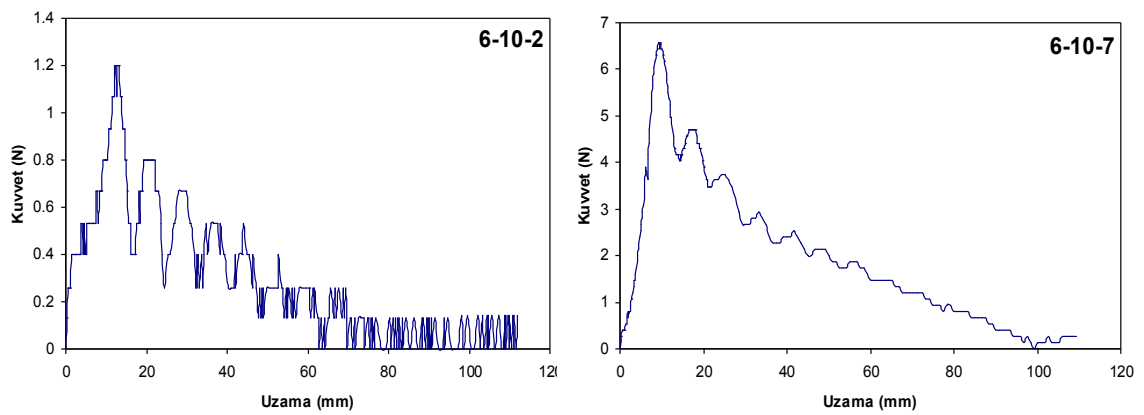
Tablo 3.11'de, 600 tex E-Cam kumaşın çoklu iplik çekme test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.10 ve 3.11'de sırasıyla, 600 tex E-cam kumaşa ait 10 cm ve 20 cm test boyu için çoklu iplik çekimi grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.11. 600 tex E-cam kumaşın çoklu iplik çekme test sonuçları.

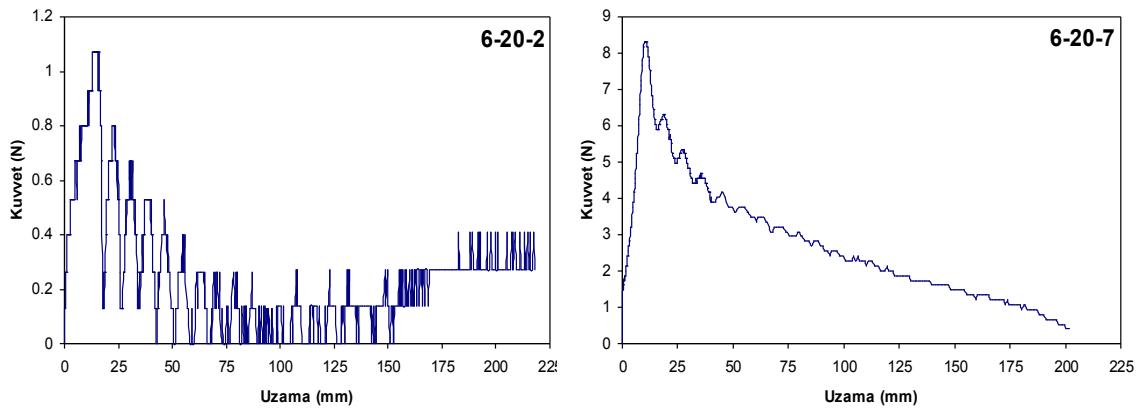
Kumaş uzunluğu	Kod	Kumaş hareket miktarı (mm)	Krimpten dolayı iplik uzaması (mm)	İplik çekme kuvveti (N)
10 cm	6-10-2	9	2	1.20

Tablo 3.11'in devamı.

	6-10-3	9	2	2.01
	6-10-4	8	2	2.81
	6-10-5	9	1	4.29
	6-10-6	8	1	4.69
	6-10-7	8	0	6.57
20 cm	6-20-2	8	2	1.07
	6-20-3	7	3	2.55
	6-20-4	8	2	4.02
	6-20-5	10	2	5.50
	6-20-6	12	2	7.65
	6-20-7	9	1	8.45



Şekil 3.10. 600 tex E-cam kumaşa ait 10 cm test boyu için çoklu iplik çekimi grafikleri.



Şekil 3.11. 600 tex E-cam kumaşa ait 20 cm test boyu için çoklu iplik çekimi grafikleri.

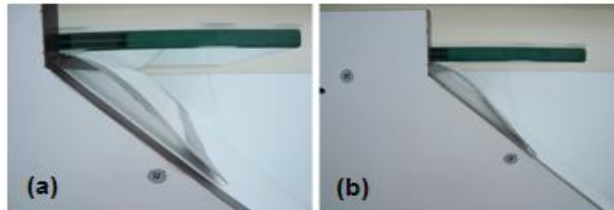
3.1.3. Kumaş ve Önşekil Eğilme Rijitliği Test Sonuçları

3.1.3.1. Tek Kat ve Çok Katlı Dikişsiz E-Cam Kumaşlar

Tablo 3.12'de, tek kat-açılı ve çok katlı 600 tex ve 2400 tex E-cam kumaşa ait eğilme rijitliği test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.12'de, 600 tex E-cam tek kat kumaşlara ait eğilme rijitliği test görüntüleri verilmiştir.

Tablo 3.12. 600 tex ve 2400 tex E-cam tek kat-açılı ve çok katlı kumaş için eğilme rijitliği test sonuçları.

Kumaş	Kumaş kat sayısı	Açı (°)	Uygun ortalama sarkma uzunluğu, l (m)		Eğilme rijitliği, G (mN.m)	
			Çözü	Atkı	Çözü	Atkı
E-cam 600 tex	1	0 (çözü)	0.114	-	0.545	-
	1	45	0.099	-	0.357	-
	1	90 (atkı)	0.12	-	0.636	-
	8	-	0.206	-	12.864	-
E-cam 2400 tex	1	-	0.142	0.183	2.809	6.012
	2	-	0.14	0.173	5.383	10.159
	3	-	0.146	0.167	9.159	13.707
	4	-	0.148	0.164	12.721	17.309
	5	-	0.155	0.163	18.266	21.242
	6	-	0.152	0.163	20.671	25.491
	7	-	0.151	0.157	23.643	26.575
	8	-	0.148	0.155	25.442	29.225
	9	-	0.155	0.156	32.878	33.518
	10	-	0.151	0.165	33.775	44.068
	11	-	0.153	0.167	38.649	50.259
	12	-	0.157	0.171	45.556	58.863
	1	0 (çözü)	0.159	-	3.943	-
	1	15	0.143	-	2.868	-
	1	30	0.134	-	2.360	-
	1	45	0.145	-	2.991	-
	1	60	0.151	-	3.377	-
	1	75	0.163	-	4.248	-
	1	90 (atkı)	0.173	-	5.079	-



Şekil 3.12. 600 tex E-cam tek kat kumaş eğilme rijitliği görüntüleri, (a); tek kat-0/90°, (b); tek kat-45°.

3.1.3.2. Çok Katlı Dikişsiz ve Dikişli E-Cam Öncekilleri

Eğilme rijitliği testi, geliştirilen çok katlı dikişsiz ve dikişli E-cam öncekillerin yalnızca **çözü** yönüne uygulanmıştır.

2400 tex E- Cam Öncekilleri

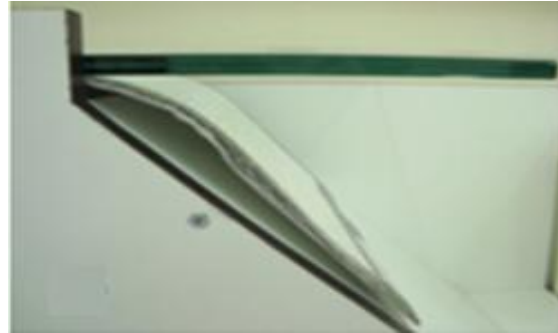
Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Öncekilleri

Tablo 3.13'te, 2400 tex E-cam dikişsiz ve dikişsiz/oryantasyonlu öncekillerin eğilme rijitliği test sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.13. 2400 tex E-cam önşekillerin (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) eğilme rijitliği test sonuçları.

Kod	Uygun ortalama sarkma uzunluğu, l (m)	Eğilme rijitliği, G (mN.m)
2400 TEX -[0/90°]- DİKİŞSİZ [T1-a]		
1	0.204	33.313
2400 TEX - ORYANTASYONLU [1: 0/90°, 2: ±45°, 3: ±45°, 4: 0/90°] [T1-b]		
6	0.207	34.805
2400 TEX - ORYANTASYONLU [1: ±45°, 2: 0/90°, 3: 0/90°, 4: ±45°] [T1-c]		
11	0.203	32.826

Şekil 3.13'te, 2400 tex E-cam dikişsiz ve önşeklin eğilme rijitliği test görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.13. 2400 tex E-cam önşekillerin (dikişsiz) eğilme rijitliği görüntüsü [T1-a].

Dikişli Önşekiller

Makine Dikişli Önşekiller

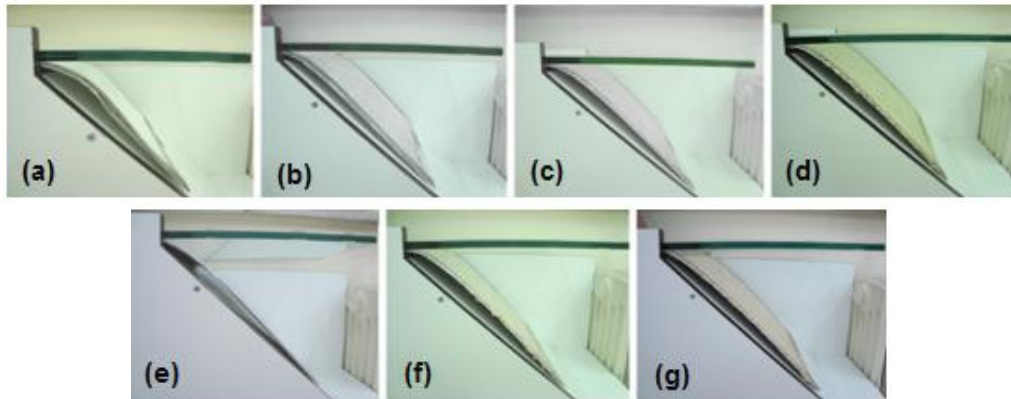
Tablo 3.14'te, 2400 tex E-cam makine dikişli önşekillerin eğilme rijitliği test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.14'te, 2400 tex E-cam makine dikişli önşekillerin (Kevlar® 129 dikiş ipliği) eğilme rijitliği test görüntüleri verilmiştir.

Tablo 3.14. 2400 tex E-cam önşekillerin (makine dikişli) eğilme rijitliği test sonuçları.

Kod	Uygun ortalama sarkma uzunluğu, l (m)	Eğilme rijitliği, G (mN.m)
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-a]		
45	0.276	82.5
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-b]		
50	0.301	107.011
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-c]		
55	0.336	148.849

Tablo 3.14'ün devamı.

2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-d]		
60	0.287	92.763
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-e]		
65	0.331	142.303
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-f]		
70	0.344	159.737
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN – (gevşek-2 adım/cm) [T4-g]		
75	0.286	91.797
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN – (gevşek-2 adım/cm) [T4-h]		
80	0.295	100.738
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN – (gevşek-2 adım/cm) [T4-i]		
85	0.338	151.523
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-j]		
90	0.319	127.380
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-k]		
95	0.330	141.017
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-l]		
100	0.340	154.229



Şekil 3.14. 2400 tex E-cam önşekiller (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği), (a); [T1-a], (b); [T4-g], (c); [T4-h], (d); [T4-i], (e); [T4-j], (f); [T4-k], (g); [T4-l].

El Dikişli Önşekiller

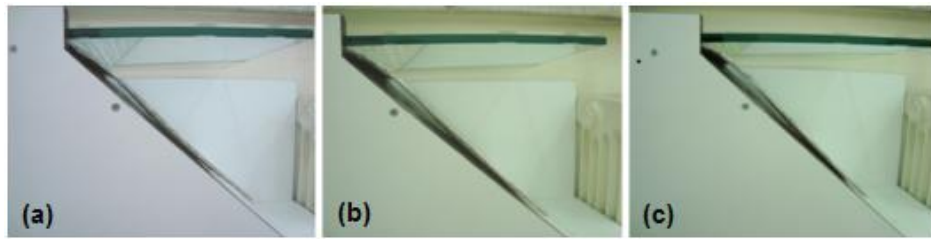
Tablo 3.15'te, 2400 tex E-cam el dikişli önşekillerin eğilme rijitliği test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.15'te, 2400 tex E-cam el dikişli önşekillerin eğilme rijitliği test görüntüleri verilmiştir.

Tablo 3.15. 2400 tex E-cam önşekillerin (el dikişli) eğilme rijitliği test sonuçları.

Kod	Uygun ortalama sarkma uzunluğu, l (m)	Eğilme rijitliği, G (mN.m)
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN [T5-a]		
110	0.264	72.201

Tablo 3.15'in devamı.

2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR®129- İKİ YÖN [T5-b]		
111	0.299	104.892
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR®129- DÖRT YÖN [T5-c]		
112	0.30	105.948
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX- TEK YÖN [T5-d]		
113	0.262	70.572
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - İKİ YÖN [T5-e]		
114	0.28	86.140
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - DÖRT YÖN [T5-f]		
115	0.302	108.081
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON- TEK YÖN [T5-g]		
116	0.26	68.968
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON - İKİ YÖN [T5-h]		
117	0.268	75.532
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON - DÖRT YÖN [T5-i]		
118	0.268	75.532



Şekil 3.15. 2400 tex E-cam önşekillerin (el dikişli), (a); [T5-a], (b); [T5-b], (c); [T5-c].

600 tex E- Cam Önşekiller

Dikişsiz Önşekiller

Tablo 3.16'da, 600 tex E-cam dikişsiz önşekillerin eğilme rijitliği test sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.16. 600 tex E-cam önşekillerin (dikişsiz) eğilme rijitliği test sonuçları.

Kod	Uygun ortalama sarkma uzunluğu, l (m)	Eğilme rijitliği, G (mN.m)
600 TEX -[0/90°]- DİKİŞSİZ		
124	0.206	12.864

El Dikişli Önşekiller

Tablo 3.17'de, 600 tex E-cam el dikişli önşekillerin eğilme rijitliği test sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.17. 600 tex E-cam önşekillerin (el dikişli) eğilme rijitliği test sonuçları.

Kod	Uygun ortalama sarkma uzunluğu, l (m)	Eğilme rijitliği, G (mN.m)
600 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR®129- TEK YÖN		
125	0.237	19.589
600 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR®129- İKİ YÖN		
126	0.25	22.992
600 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR®129- DÖRT YÖN		
127	0.255	24.399
600 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - TEK YÖN		
128	0.235	19.097
600 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - İKİ YÖN		
129	0.243	21.114
600 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - DÖRT YÖN		
130	0.26	25.863

3.2. Kompozit Yoğunlukları ve Lif Hacmi

3.2.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar

Tablo 3.18’de, Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların yoğunluk değerleri verilmiştir. Dolgulu polyester reçine yapılarda, her bir yapı türünden birer adet üretilmiştir.

Tablo 3.18. Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların yoğunluk değerleri.

	Kod	Kalınlık (mm)	Yoğunluk	
			Teorik yoğunluk T_d (g/cm^3)	Ölçülen yoğunluk M_d (g/cm^3)
Polyester/Nano	T0-a	7.380	1.215	1.305
	T0-b	5.340	1.231	1.343
	T0-c	7.410	1.247	1.327
	T0-d	7.570	1.228	1.182
Polyester/Mikro	T0-e	6.800	1.228	1.367
	T0-f	6.380	1.232	1.434
	T0-g	2.960	1.246	1.513
	T0-h	8.400	1.236	1.249

3.2.2. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar

Tablo 3.19’da E-cam/Polyester dikişsiz ve dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri verilmiştir. Dikişsiz kompozit yapılarda, lif hacmi değerinin dikiş ipliği ile ilgili kısmı boş bırakılmıştır. Toplam lif hacmi ifadesi, kompozit yapıdaki E-cam lifini temsil etmektedir.

Tablo 3.19. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) yoğunluk ve lif hacmi değerleri.

Kod	Kalınlık (mm)	Yoğunluk		Lif hacmi						Boşluk miktarı (%)
		Teorik yoğunluk T_d (g/cm ³)	Ölçülen yoğunluk M_d (g/cm ³)	Toplam (%)		Lif (%)		Dikiş ipliği (%)		
				Ağırlık esash	Hacim esash	Ağırlık esash	Hacim esash	Ağırlık esash	Hacim esash	
2400 TEX -[0/90°]- DİKİŞSİZ [T1-a]										
Ortalama	2.430	2.067	1.998	78.689	61.186	-	-	-	-	3.344
S.Sapma	0.088	0.009	0.054	0.462	2.003	-	-	-	-	2.203
% CV	3.638	0.423	2.696	0.587	3.273	-	-	-	-	65.897
2400 TEX –ORYANTASYONLU [1: 0/90°. 2: ±45°. 3: ±45°. 4: 0/90°] [T1-b]										
Ortalama	2.602	2.057	1.952	78.155	59.353	-	-	-	-	5.110
S.Sapma	0.025	0.003	0.071	0.164	2.033	-	-	-	-	3.585
% CV	0.976	0.149	3.631	0.209	3.426	-	-	-	-	70.151
2400 TEX –ORYANTASYONLU [1: ±45°. 2: 0/90°. 3: 0/90°. 4: ±45°] [T1-c]										
Ortalama	2.647	2.060	2.006	78.298	61.115	-	-	-	-	2.601
S.Sapma	0.053	0.006	0.027	0.336	0.547	-	-	-	-	1.587
% CV	2.015	0.308	1.323	0.429	0.896	-	-	-	-	61.010

3.2.3. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

3.2.3.1. Dikişsiz/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Tablo 3.20’de E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri verilmiştir.

Tablo 3.20. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) yoğunluk ve lif hacmi değerleri.

Kod	Kalınlık (mm)	Yoğunluk		Lif hacmi						Boşluk miktarı (%)
		Teorik yoğunluk T_d (g/cm ³)	Ölçülen yoğunluk M_d (g/cm ³)	Toplam (%)		Lif (%)		Dikiş ipliği (%)		
				Ağırlık esash	Hacim esash	Ağırlık esash	Hacim esash	Ağırlık esash	Hacim esash	
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Silika (nano) [T2-a]										
Ortalama	2.545	1.996	1.949	74.162	56.232	-	-	-	-	2.360
S.Sapma	0.143	0.013	0.016	0.760	0.899	-	-	-	-	0.731
% CV	5.612	0.657	0.814	1.025	1.599	-	-	-	-	30.969
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Silika (nano) [T2-b]										
Ortalama	2.483	2.024	1.806	74.717	52.400	-	-	-	-	10.266
S.Sapma	0.028	0.156	0.052	8.870	4.757	-	-	-	-	9.295
% CV	1.111	7.703	2.872	11.871	9.079	-	-	-	-	90.542
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Silika (nano) [T2-c]										
Ortalama	2.477	2.050	1.869	75.998	55.256	-	-	-	-	8.728
S.Sapma	0.061	0.085	0.010	4.890	3.278	-	-	-	-	4.233
% CV	2.455	4.142	0.535	6.435	5.933	-	-	-	-	48.494
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Karbon (nano) [T2-d]										
Ortalama	2.395	2.066	1.914	77.509	57.696	-	-	-	-	7.278
S.Sapma	0.031	0.045	0.054	2.551	1.020	-	-	-	-	4.524
% CV	1.299	2.200	2.815	3.291	1.768	-	-	-	-	62.156

3.2.3.2. Dikişsiz/Mikro Dolgulu Kompozit Yapılar

Tablo 3.21’de E-cam/Polyester dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri verilmiştir.

Tablo 3.21. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/mikro) yoğunluk ve lif hacmi değerleri.

Kod	Kalınlık (mm)	Yoğunluk		Lif hacmi						Boşluk miktarı (%)
		Teorik yoğunluk T_d (g/cm ³)	Ölçülen yoğunluk M_d (g/cm ³)	Toplam (%)		Lif (%)		Dikiş ipliği (%)		
				Ağırlık esaslı	Hacim esaslı	Ağırlık esaslı	Hacim esaslı	Ağırlık esaslı	Hacim esaslı	
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Silisyum Karbür (mikro) [T3-a25]										
Ortalama	2.298	2.045	1.940	76.933	58.067	-	-	-	-	5.140
S.Sapma	0.149	0.004	0.068	0.212	2.171	-	-	-	-	3.198
% CV	6.485	0.187	3.518	0.275	3.739	-	-	-	-	62.219
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Silisyum Karbür (mikro) [T3-a]										
Ortalama	2.466	2.104	1.930	79.585	59.731	-	-	-	-	8.230
S.Sapma	0.022	0.053	0.055	2.782	1.807	-	-	-	-	4.291
% CV	0.910	2.510	2.855	3.496	3.025	-	-	-	-	52.133
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Silisyum Karbür (mikro) [T3-a75]										
Ortalama	2.481	2.060	2.038	76.665	60.803	-	-	-	-	1.035
S.Sapma	0.054	0.003	0.019	0.144	0.651	-	-	-	-	0.856
% CV	2.195	0.123	0.939	0.188	1.070	-	-	-	-	82.691
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Kalsiyum Silikat (mikro) [T3-b25]										
Ortalama	2.393	2.073	1.903	78.461	58.104	-	-	-	-	8.173
S.Sapma	0.059	0.007	0.030	0.365	0.680	-	-	-	-	1.753
% CV	2.476	0.328	1.597	0.465	1.170	-	-	-	-	21.451
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Kalsiyum Silikat (mikro) [T3-b]										
Ortalama	2.439	2.062	1.869	77.321	56.213	-	-	-	-	9.326
S.Sapma	0.051	0.013	0.105	0.697	2.727	-	-	-	-	5.618
% CV	2.090	0.608	5.644	0.901	4.851	-	-	-	-	60.242
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Kalsiyum Silikat (mikro) [T3-b75]										
Ortalama	2.403	1.980	1.886	71.933	52.791	-	-	-	-	4.758
S.Sapma	0.083	0.022	0.026	1.355	1.697	-	-	-	-	0.574
% CV	3.458	1.113	1.393	1.884	3.215	-	-	-	-	12.072
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Bor Karbür (mikro) [T3-c]										
Ortalama	2.328	2.077	2.008	78.164	61.062	-	-	-	-	3.332
S.Sapma	0.037	0.000	0.023	0.024	0.693	-	-	-	-	1.121
% CV	1.579	0.021	1.149	0.031	1.134	-	-	-	-	33.639
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Titanyum Borür (mikro) [T3-d]										
Ortalama	2.458	2.051	1.900	76.724	56.717	-	-	-	-	7.349
S.Sapma	0.069	0.012	0.090	0.696	2.528	-	-	-	-	4.677
% CV	2.825	0.603	4.761	0.907	4.457	-	-	-	-	63.646
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Karbon (mikro) [T3-e]										
Ortalama	2.465	2.033	1.954	75.712	57.568	-	-	-	-	3.867
S.Sapma	0.072	0.010	0.050	0.551	1.100	-	-	-	-	2.883
% CV	2.929	0.473	2.555	0.728	1.910	-	-	-	-	74.545

3.2.4. Dikişli Kompozit Yapılar

3.2.4.1. Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Tablo 3.22’de E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri verilmiştir.

Tablo 3.22. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli) yoğunluk ve lif hacmi değerleri.

Kod	Kalınlık (mm)	Yoğunluk		Lif hacmi						Boşluk miktarı (%)
		Teorik yoğunluk T_d (g/cm ³)	Ölçülen yoğunluk M_d (g/cm ³)	Toplam (%)		Lif (%)		Dikiş ipliği (%)		
				Ağırlık esash	Hacim esash	Ağırlık esash	Hacim esash	Ağırlık esash	Hacim esash	
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN – (gevşek-2 adım/cm) [T4-a]										
Ortalama	2.469	2.081	2.017	79.829	62.668	79.431	62.356	0.397	0.312	3.083
S.Sapma	0.042	0.007	0.084	0.360	2.871	0.358	2.857	0.002	0.014	3.727
% CV	1.718	0.331	4.156	0.451	4.581	0.451	4.581	0.451	4.581	120.912
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN – (gevşek-2 adım/cm) [T4-b]										
Ortalama	2.585	2.058	1.979	78.973	60.797	78.191	60.195	0.782	0.602	3.842
S.Sapma	0.014	0.011	0.047	0.594	1.405	0.588	1.391	0.006	0.014	2.434
% CV	0.547	0.536	2.356	0.752	2.312	0.752	2.312	0.752	2.312	63.340
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN – (gevşek-2 adım/cm) [T4-c]										
Ortalama	2.658	2.022	1.974	77.540	59.553	76.237	58.552	1.304	1.001	2.354
S.Sapma	0.002	0.009	0.026	0.507	0.577	0.499	0.567	0.009	0.010	1.656
% CV	0.080	0.447	1.339	0.654	0.969	0.654	0.969	0.654	0.969	70.356
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-d]										
Ortalama	2.354	2.075	2.000	79.754	62.074	79.122	61.581	0.633	0.493	3.617
S.Sapma	0.023	0.002	0.083	0.131	2.604	0.130	2.583	0.001	0.021	4.012
% CV	0.991	0.120	4.174	0.165	4.195	0.165	4.195	0.165	4.195	110.911
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-e]										
Ortalama	2.537	2.029	1.950	77.896	59.091	76.654	58.149	1.242	0.942	3.924
S.Sapma	0.001	0.003	0.028	0.141	0.872	0.139	0.858	0.002	0.014	1.324
% CV	0.028	0.125	1.411	0.181	1.476	0.181	1.476	0.181	1.476	33.749
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-f]										
Ortalama	2.737	1.995	1.949	76.794	58.249	74.746	56.696	2.048	1.553	2.277
S.Sapma	0.028	0.003	0.029	0.198	0.717	0.192	0.698	0.005	0.019	1.604
% CV	1.008	0.171	1.477	0.258	1.231	0.258	1.231	0.258	1.231	70.460
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN – (gevşek-2 adım/cm) [T4-g]										
Ortalama	2.537	2.066	1.913	79.341	59.049	78.648	58.533	0.692	0.515	7.437
S.Sapma	0.093	0.003	0.064	0.149	2.035	0.147	2.017	0.001	0.018	3.063
% CV	3.679	0.135	3.363	0.187	3.446	0.187	3.446	0.187	3.446	41.182
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN – (gevşek-2 adım/cm) [T4-h]										
Ortalama	2.784	2.033	1.919	78.226	58.409	76.888	57.410	1.338	0.999	5.630
S.Sapma	0.048	0.001	0.029	0.073	0.823	0.072	0.809	0.001	0.014	1.465
% CV	1.727	0.065	1.494	0.093	1.410	0.093	1.410	0.093	1.410	26.022
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN – (gevşek-2 adım/cm) [T4-i]										
Ortalama	2.945	1.978	1.893	75.966	55.948	73.782	54.340	2.184	1.608	4.305
S.Sapma	0.045	0.002	0.007	0.138	0.225	0.134	0.218	0.004	0.006	0.393
% CV	1.513	0.118	0.379	0.182	0.402	0.182	0.402	0.182	0.402	9.118
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-j]										
Ortalama	2.655	2.029	1.922	77.724	58.118	76.636	57.305	1.088	0.814	5.286
S.Sapma	0.054	0.007	0.025	0.386	1.051	0.381	1.036	0.005	0.015	0.924
% CV	2.051	0.343	1.315	0.497	1.808	0.497	1.808	0.497	1.808	17.479
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-k]										
Ortalama	2.910	1.970	1.886	75.375	55.314	73.322	53.807	2.053	1.507	4.261
S.Sapma	0.007	0.015	0.012	0.909	0.579	0.885	0.563	0.025	0.016	1.153
% CV	0.243	0.773	0.618	1.206	1.047	1.206	1.047	1.206	1.047	27.061

Tablo 3.22'nin devamı.

2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR®129- DÖRT YÖN- (sıkı-6 adım/cm) [T4-l]										
Ortalama	3.066	1.979	1.874	77.309	56.376	73.846	53.851	3.463	2.526	5.303
S.Sapma	0.073	0.008	0.016	0.499	0.629	0.477	0.601	0.022	0.028	0.846
% CV	2.376	0.420	0.839	0.646	1.116	0.646	1.116	0.646	1.116	15.961

3.2.4.2. El Dikişli Kompozit Yapılar

Tablo 3.23'te E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri verilmiştir.

Tablo 3.23. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli) yoğunluk ve lif hacmi değerleri.

Kod	Kalınlık (mm)	Yoğunluk		Lif hacmi						Boşluk miktarı (%)
		Teorik yoğunluk T_d (g/cm ³)	Ölçülen yoğunluk M_d (g/cm ³)	Toplam (%)		Lif (%)		Dikiş ipliği (%)		
				Ağırlık esaslı	Hacim esaslı	Ağırlık esaslı	Hacim esaslı	Ağırlık esaslı	Hacim esaslı	
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR®129- TEK YÖN [T5-a]										
Ortalama	2.707	2.055	1.910	78.378	58.247	78.043	57.998	0.336	0.249	7.055
S.Sapma	0.047	0.005	0.069	0.276	2.127	0.275	2.118	0.001	0.009	3.354
% CV	1.741	0.251	3.615	0.352	3.652	0.352	3.652	0.352	3.652	47.537
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR®129- İKİ YÖN [T5-b]										
Ortalama	3.309	2.036	1.974	77.681	59.667	77.019	59.159	0.662	0.509	3.045
S.Sapma	0.099	0.005	0.039	0.279	1.391	0.277	1.379	0.002	0.012	1.672
% CV	2.979	0.250	1.973	0.359	2.331	0.359	2.331	0.359	2.331	54.904
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR®129- DÖRT YÖN [T5-c]										
Ortalama	2.843	2.018	1.961	77.553	59.188	76.025	58.022	1.528	1.166	2.793
S.Sapma	0.079	0.003	0.039	0.182	1.279	0.178	1.253	0.004	0.025	1.805
% CV	2.789	0.160	1.976	0.234	2.160	0.234	2.160	0.234	2.160	64.607
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → E-CAM 600 TEX- TEK YÖN [T5-d]										
Ortalama	2.824	2.058	1.990	78.222	60.565	76.423	59.172	1.799	1.393	3.317
S.Sapma	0.017	0.007	0.019	0.361	0.373	0.352	0.365	0.008	0.009	1.176
% CV	0.599	0.329	0.931	0.461	0.616	0.461	0.616	0.461	0.616	35.451
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → E-CAM 600 TEX - İKİ YÖN [T5-e]										
Ortalama	2.851	2.074	1.997	79.059	61.446	75.502	58.681	3.558	2.765	3.696
S.Sapma	0.088	0.004	0.019	0.199	0.500	0.190	0.478	0.009	0.023	1.029
% CV	3.093	0.183	0.946	0.251	0.814	0.251	0.814	0.251	0.814	27.844
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → E-CAM 600 TEX - DÖRT YÖN [T5-f]										
Ortalama	3.765	2.039	1.962	77.176	58.915	69.435	53.006	7.741	5.909	3.770
S.Sapma	0.058	0.002	0.036	0.097	1.102	0.088	0.992	0.010	0.111	1.704
% CV	1.529	0.088	1.810	0.126	1.871	0.126	1.871	0.126	1.871	45.207
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KARBON- TEK YÖN [T5-g]										
Ortalama	2.731	2.045	1.962	77.520	56.569	77.287	56.399	0.233	0.170	4.052
S.Sapma	0.099	0.013	0.029	0.671	0.872	0.669	0.869	0.002	0.003	0.988
% CV	3.634	0.611	1.503	0.866	1.541	0.866	1.541	0.866	1.541	24.375
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KARBON - İKİ YÖN [T5-h]										
Ortalama	2.615	2.053	1.967	77.959	59.681	77.530	59.353	0.429	0.328	4.191
S.Sapma	0.075	0.014	0.075	0.775	2.478	0.771	2.464	0.004	0.014	3.586
% CV	2.863	0.705	3.824	0.994	4.152	0.994	4.152	0.994	4.152	85.562

Tablo 3.23'ün devamı.

2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KARBON - DÖRT YÖN [T5-i]										
Ortalama	2.649	2.071	1.948	78.895	59.795	77.870	59.018	1.026	0.777	5.946
S.Sapma	0.067	0.002	0.031	0.125	0.854	0.124	0.843	0.002	0.011	1.588
% CV	2.513	0.115	1.578	0.159	1.428	0.159	1.428	0.159	1.428	26.700

3.2.5. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Tablo 3.24'te E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri verilmiştir.

Tablo 3.24. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) yoğunluk ve lif hacmi değerleri.

Kod	Kalınlık (mm)	Yoğunluk		Lif hacmi						Boşluk miktarı (%)
		Teorik yoğunluk T_d (g/cm ³)	Ölçülen yoğunluk M_d (g/cm ³)	Toplam (%)		Lif (%)		Dikiş ipliği (%)		
				Ağırlık esash	Hacim esash	Ağırlık esash	Hacim esash	Ağırlık esash	Hacim esash	
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN- (sıkı-6 adım/cm) → %5 Silika (nano) [T6-a]										
Ortalama	3.177	1.872	1.823	68.818	48.246	65.735	47.228	3.083	1.018	2.652
S.Sapma	0.027	0.011	0.014	0.757	1.705	0.723	1.633	0.034	0.073	0.967
% CV	0.846	0.575	0.750	1.100	3.534	1.100	3.458	1.100	7.134	36.468
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN → %5 Silika (nano) [T6-b]										
Ortalama	2.838	1.942	1.894	73.540	49.469	70.245	48.206	3.295	1.263	2.482
S.Sapma	0.021	0.005	0.025	0.351	0.396	0.335	0.371	0.016	0.025	1.065
% CV	0.723	0.275	1.314	0.477	0.801	0.477	0.769	0.477	2.009	42.900

3.3. Çekme Dayanımı Test Sonuçları

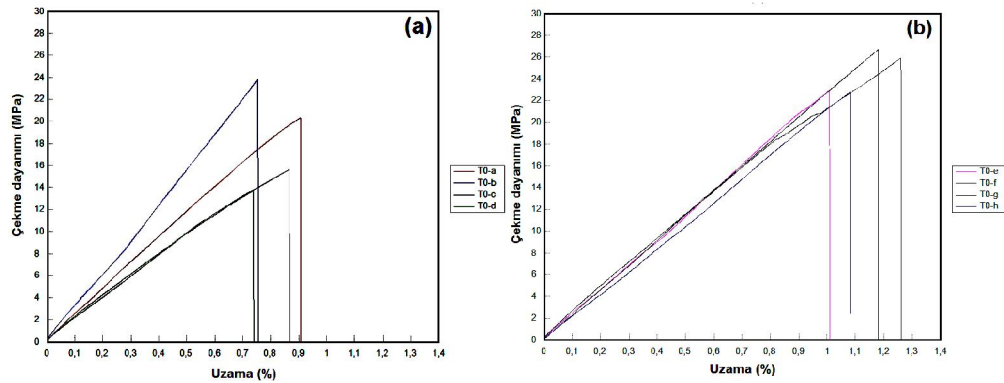
3.3.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar

Tablo 3.25'te, Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.25. Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların çekme dayanımı test sonuçları.

	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
Polyester/Nano	T0-a	773.93	0.59	20.32	0.91	2.30
	T0-b	676.80	0.49	23.82	0.75	2.90
	T0-c	619.71	0.56	15.63	0.87	1.95
	T0-d	540.77	0.48	13.69	0.74	1.85
Polyester/Mikro	T0-e	828.89	0.65	22.91	1.01	2.26
	T0-f	853.15	0.82	25.92	1.26	2.26
	T0-g	415.87	0.77	26.66	1.18	2.22
	T0-h	990.19	0.70	22.76	1.08	2.09

Şekil 3.16'da, Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



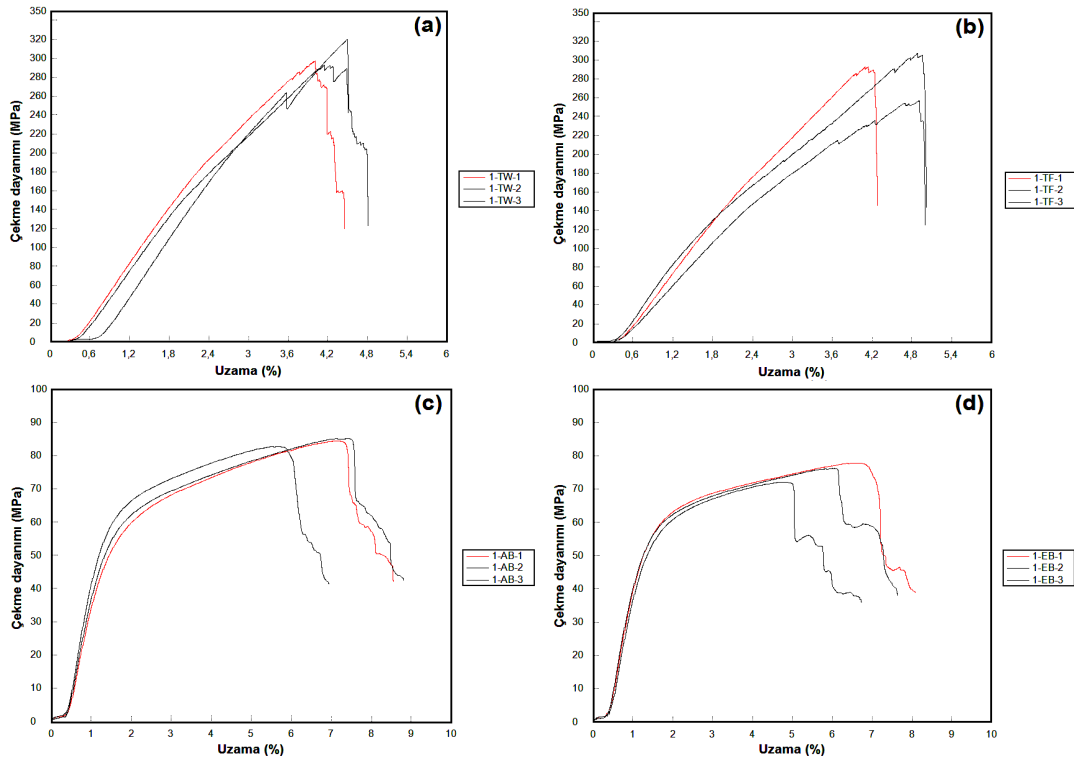
Şekil 3.16. Çekme testi dayanım-uzama grafikleri, (a); Polyester/Nano dolgulu, (b); Polyester/Mikro dolgulu.

3.3.2. Dikişsiz Kompozit Yapılar

Tablo 3.26'da, E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapıların çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.17'de, E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapıların çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir. Kompozit yapıların çekme testi dayanım-uzama grafiklerinde, her bir grafik üzerinde, test tekrarlarına ait eğriler farklı renklerde ifade edilerek, ilgili eğrinin tanımı kodlar vasıtasıyla grafik üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 3.26. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX -[0/90°]- DİKİŞSİZ [T1-a]						
Çözgü	Ortalama	19626.57	5.31	303.37	4.22	9.99
	S.Sapma	819.57	0.31	14.65	0.25	0.13
	% CV	4.18	5.88	4.83	6.04	1.32
Atkı	Ortalama	17890.70	5.85	285.32	4.63	8.52
	S.Sapma	1796.15	0.63	25.90	0.46	0.55
	% CV	10.04	10.82	9.08	9.96	6.44
+ 45°	Ortalama	5313.86	8.32	84.10	6.61	5.93
	S.Sapma	149.71	1.05	1.19	0.92	0.63
	% CV	2.82	12.63	1.42	13.90	10.57
- 45°	Ortalama	4529.03	7.52	75.35	5.85	6.18
	S.Sapma	150.74	1.16	2.89	0.96	0.20
	% CV	3.33	15.48	3.84	16.42	3.31



Şekil 3.17. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz) çekme testi dayanım-uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); - 45° [T1-a].

3.3.3. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

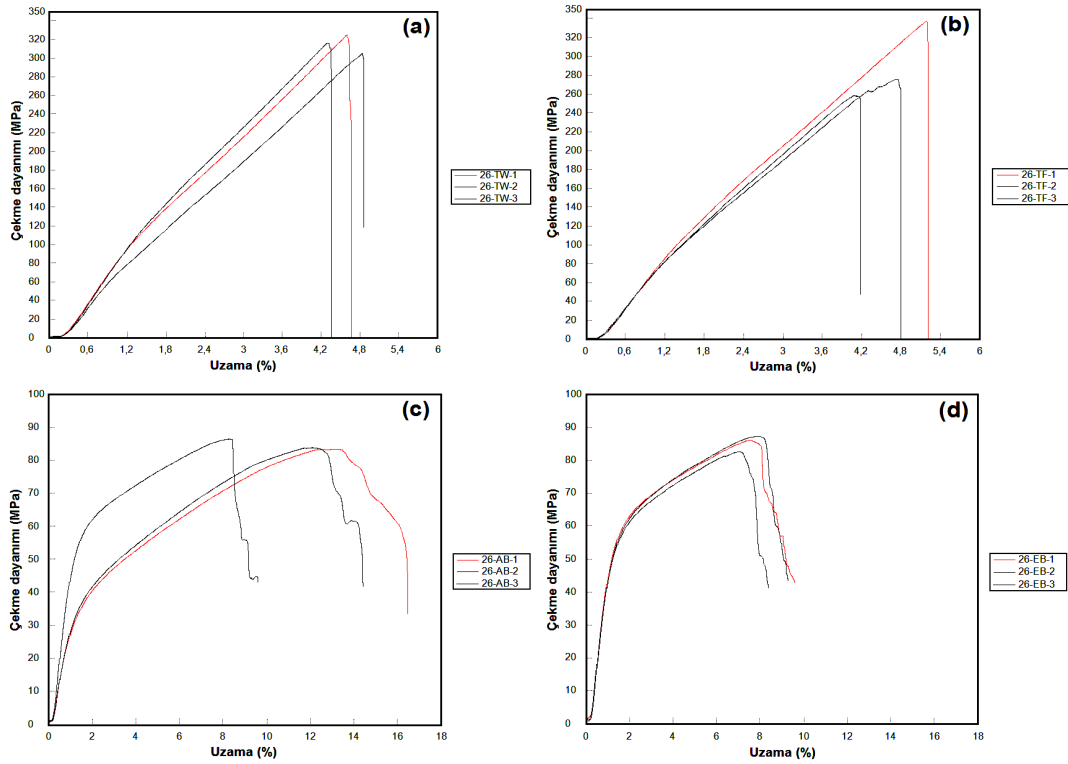
Dikişsiz/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Tablo 3.27’de, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların (%2.5-silika) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.27. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%2.5-silika) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Silika (nano) [T2-a]						
Çözgü	Ortalama	21832.93	5.74	315.34	4.58	9.17
	S.Sapma	475.26	0.33	10.24	0.26	0.93
	% CV	2.18	5.76	3.25	5.71	10.18
Atkı	Ortalama	19484.40	5.85	290.42	4.67	8.50
	S.Sapma	3443.95	0.70	41.26	0.55	0.32
	% CV	17.68	11.95	14.21	11.76	3.77
+ 45°	Ortalama	5464.82	14.23	84.46	11.20	4.15
	S.Sapma	213.40	3.21	1.61	2.57	1.19
	% CV	3.91	22.53	1.91	22.93	28.59
- 45°	Ortalama	5434.16	9.48	85.29	7.50	5.86
	S.Sapma	160.13	0.54	2.37	0.48	0.12
	% CV	2.95	5.75	2.78	6.37	2.00

Şekil 3.18’de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%2.5-silika) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.18. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%2.5-silika) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45°, (d); - 45° [T2-a].

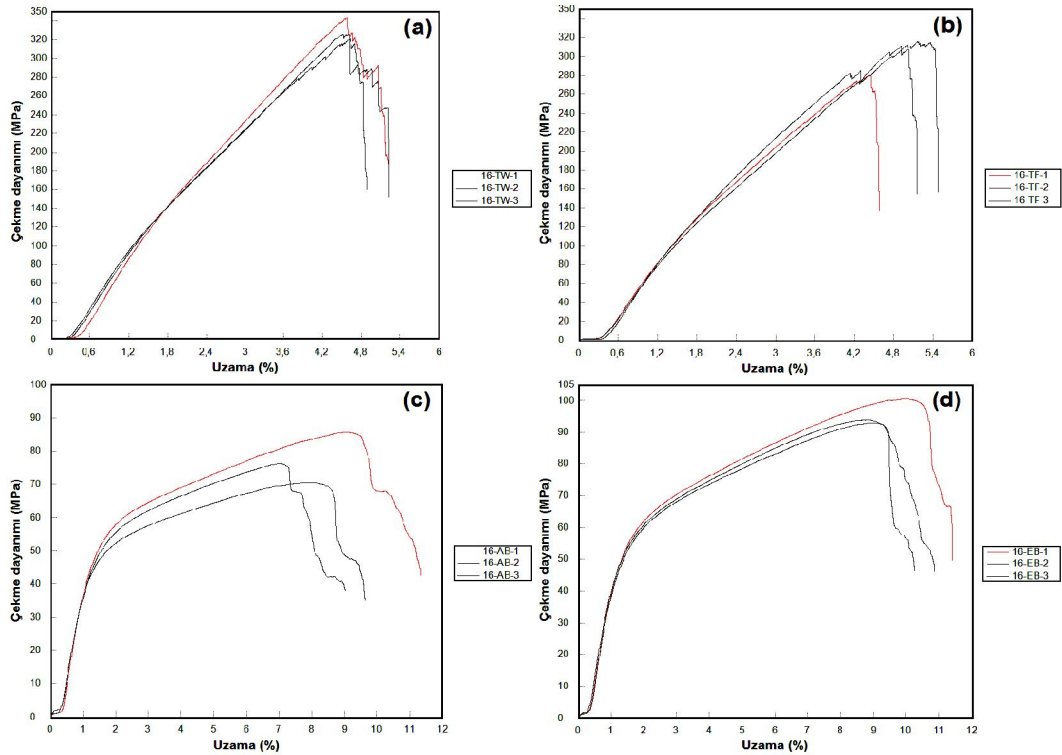
Tablo 3.28’de, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların (%5-silika) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.19’da, E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%5-silika) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.28. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%5-silika) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Silika (nano) [T2-b]						
Çözgü	Ortalama	19784.67	5.71	329.88	4.57	10.06
	S.Sapma	1941.56	0.03	11.90	0.06	0.46
	% CV	9.81	0.46	3.61	1.21	4.61
Atkı	Ortalama	19144.23	6.06	302.26	4.85	9.01
	S.Sapma	1264.10	0.44	19.49	0.37	0.33
	% CV	6.60	7.20	6.45	7.65	3.70

Tablo 3.28'in devamı.

+ 45°	Ortalama	4926.16	10.34	77.48	8.04	5.39
	S.Sapma	429.17	1.23	7.65	1.05	0.25
	% CV	8.71	11.93	9.87	13.11	4.69
- 45°	Ortalama	6140.16	11.72	95.75	9.31	5.72
	S.Sapma	328.61	0.77	4.06	0.60	0.14
	% CV	5.35	6.54	4.24	6.45	2.54



Şekil 3.19. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%5-nano-silika) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45°, (d); - 45° [T2-b].

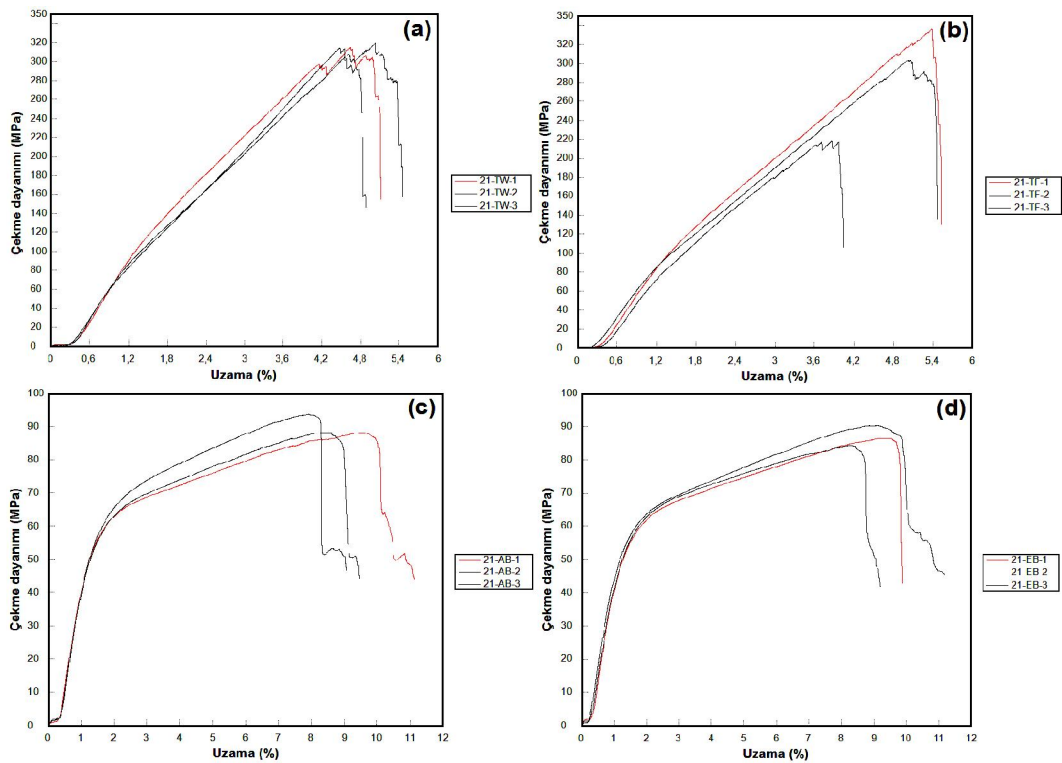
Tablo 3.29'da, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların (%7.5-silika) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.20'de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%7.5-silika) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.29. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%7.5-silika) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Silika (nano) [T2-c]						
Çözgü	Ortalama	19626.03	5.91	316.18	4.71	10.01
	S.Sapma	592.21	0.37	2.78	0.28	0.64
	% CV	3.02	6.33	0.88	6.03	6.43

Tablo 3.29'un devamı.

Atkı	Ortalama	18226.57	6.06	285.82	4.76	9.38
	S.Sapma	3727.11	1.03	60.74	0.80	0.49
	% CV	20.45	17.02	21.25	16.71	5.19
+ 45°	Ortalama	5756.45	10.86	90.01	8.65	5.92
	S.Sapma	296.60	1.29	3.18	0.83	0.17
	% CV	5.15	11.85	3.53	9.54	2.92
- 45°	Ortalama	5711.90	11.44	86.97	8.96	5.69
	S.Sapma	142.10	0.62	3.12	0.58	0.17
	% CV	2.49	5.39	3.58	6.50	2.96



Şekil 3.20. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%7.5-silika) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); - 45° [T2-c].

Tablo 3.30'da, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların (%5-nano-karbon) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir.

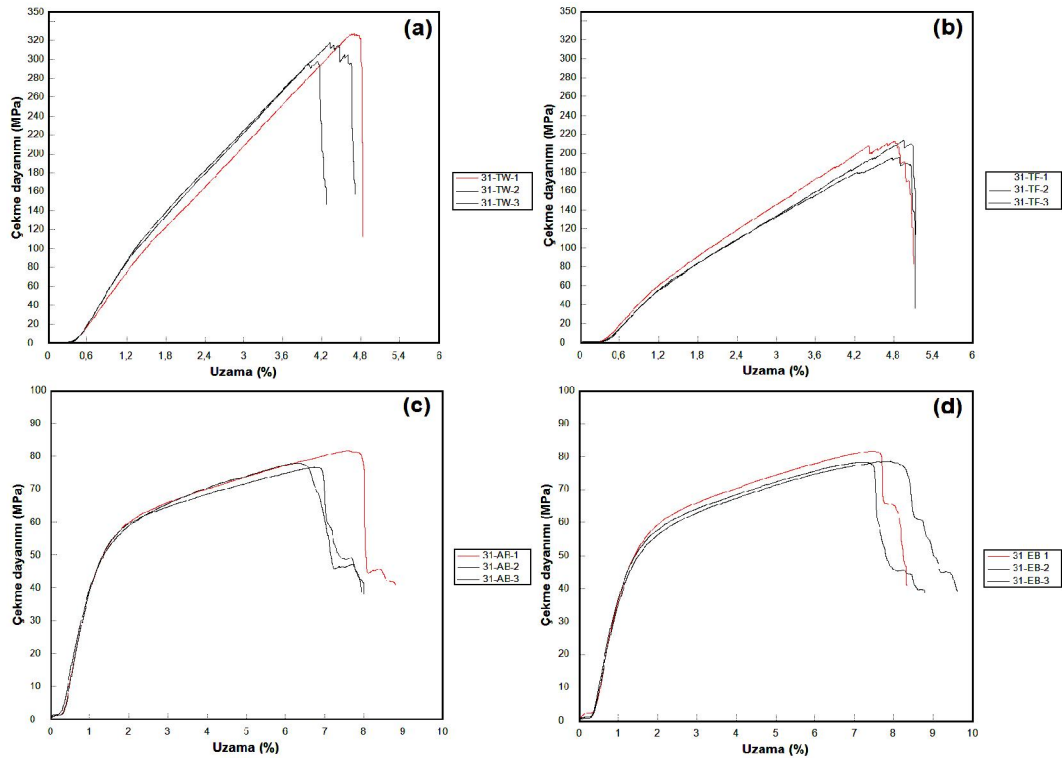
Tablo 3.30. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%5-karbon) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Karbon (nano) [T2-d]						
Çözüğü	Ortalama	19485.90	5.54	314.24	4.39	10.45
	S.Sapma	1646.74	0.31	14.99	0.29	1.03
	% CV	8.45	5.51	4.77	6.63	9.88

Tablo 3.30'un devamı.

Atkı	Ortalama	18356.63	6.11	207.23	4.88	9.80
	S.Sapma	399.26	0.02	9.77	0.07	0.28
	% CV	2.17	0.36	4.71	1.48	2.88
+ 45°	Ortalama	4728.96	8.87	78.61	6.83	5.50
	S.Sapma	189.93	1.13	2.71	0.73	0.27
	% CV	4.02	12.69	3.45	10.68	4.93
- 45°	Ortalama	4938.80	9.66	79.54	7.53	5.44
	S.Sapma	126.79	0.55	1.85	0.36	0.11
	% CV	2.57	5.73	2.33	4.85	2.05

Şekil 3.21'de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%5-karbon) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.21. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano/%5-karbon) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45°, (d); - 45° [T2-d].

3.3.4. Dikişli Kompozit Yapılar

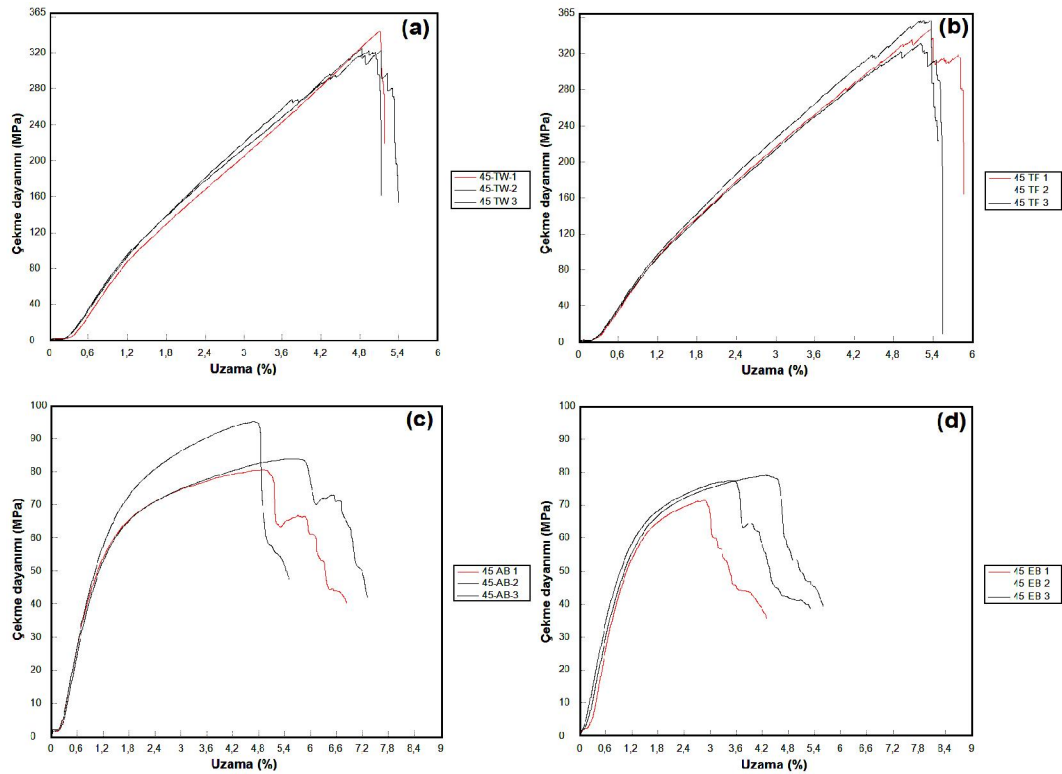
Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Tablo 3.31'de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil

3.22’de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.31. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN– (gevşek-2 adım/cm) [T4-a]						
Çözgü	Ortalama	20775.87	6.22	330.35	4.95	10.31
	S.Sapma	417.67	0.17	11.76	0.13	0.28
	% CV	2.01	2.80	3.56	2.72	2.75
Atkı	Ortalama	21787.80	6.70	345.04	5.32	10.34
	S.Sapma	727.38	0.17	12.53	0.08	0.17
	% CV	3.34	2.56	3.63	1.58	1.61
+ 45°	Ortalama	5498.11	6.47	86.49	5.09	6.40
	S.Sapma	352.45	0.68	7.64	0.49	0.10
	% CV	6.41	10.58	8.83	9.67	1.55
– 45°	Ortalama	4919.47	4.57	75.92	3.55	6.34
	S.Sapma	251.97	0.93	4.02	0.71	0.20
	% CV	5.12	20.34	5.29	19.94	3.08

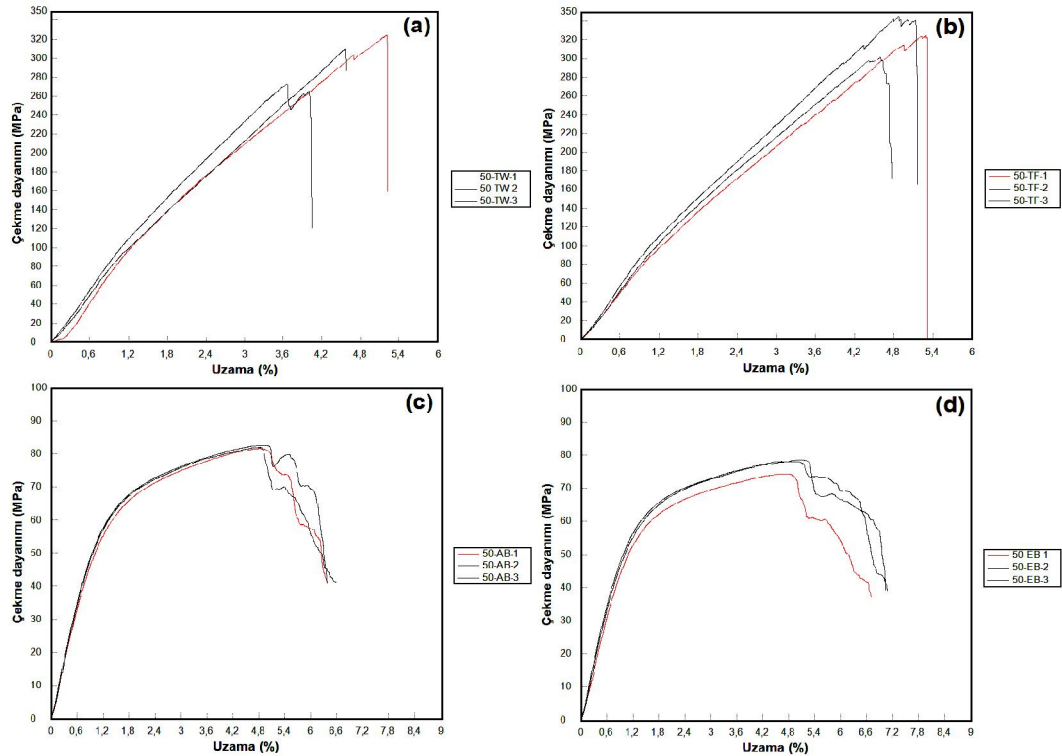


Şekil 3.22. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-a].

Tablo 3.32’de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.23’te, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.32. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-b]						
Çözü	Ortalama	1992.00	5.63	302.20	4.47	9.43
	S.Sapma	1816.95	0.97	26.89	0.78	0.70
	% CV	9.09	17.15	8.90	17.51	7.44
Atkı	Ortalama	21248.13	6.23	323.65	4.92	8.99
	S.Sapma	1399.80	0.42	21.36	0.35	0.71
	% CV	6.59	6.76	6.60	7.19	7.91
+ 45°	Ortalama	5564.51	6.32	82.06	4.85	5.68
	S.Sapma	138.92	0.07	0.52	0.08	0.27
	% CV	2.50	1.08	0.63	1.55	4.75
- 45°	Ortalama	5110.86	6.13	77.00	4.84	5.60
	S.Sapma	133.03	0.42	2.24	0.19	0.27
	% CV	2.60	6.83	2.91	3.88	4.75

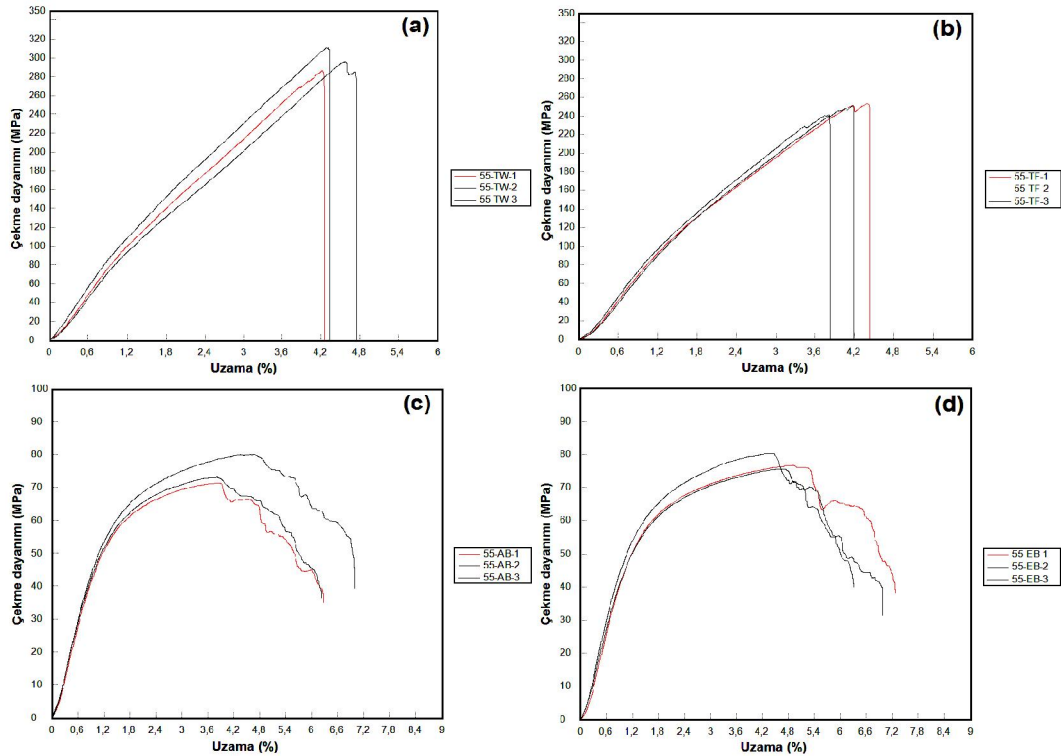


Şekil 3.23. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45°, (d); - 45° [T4-b].

Tablo 3.33'te, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.24'te, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.33. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-c]						
Çözüğü	Ortalama	20487.00	5.51	297.84	4.36	9.37
	S.Sapma	606.11	0.19	12.20	0.19	0.39
	% CV	2.96	3.36	4.10	4.34	4.13
Atkı	Ortalama	16178.40	5.27	248.53	4.13	8.90
	S.Sapma	1405.06	0.26	6.59	0.30	0.20
	% CV	8.68	4.84	2.65	7.15	2.28
+ 45°	Ortalama	5065.82	5.33	74.78	4.09	5.37
	S.Sapma	246.35	0.55	4.55	0.43	0.15
	% CV	4.86	10.40	6.09	10.54	2.78
- 45°	Ortalama	5232.45	5.97	77.53	4.65	5.31
	S.Sapma	172.13	0.29	2.34	0.25	0.29
	% CV	3.29	4.82	3.02	5.41	5.53

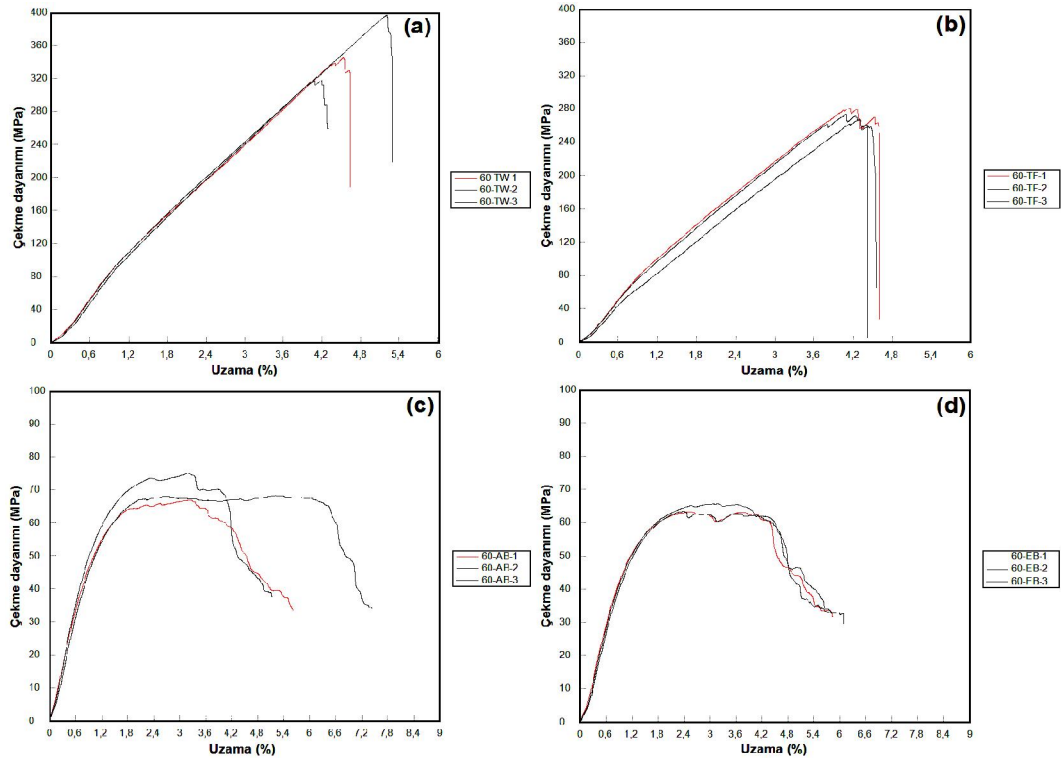


Şekil 3.24. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); - 45° [T4-c].

Tablo 3.34'te, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.25'te, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.34. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN- (sıkı-6 adım/cm) [T4-d]						
Çözü	Ortalama	20112.43	5.77	353.14	4.65	10.46
	S.Sapma	3174.35	0.59	39.98	0.51	0.10
	% CV	15.78	10.14	11.32	11.05	0.97
Atkı	Ortalama	16667.90	5.17	273.88	4.17	9.17
	S.Sapma	553.91	0.05	7.04	0.09	0.13
	% CV	3.32	1.03	2.57	2.14	1.39
+ 45°	Ortalama	4212.96	5.07	69.96	3.88	5.78
	S.Sapma	294.55	1.47	4.37	1.15	0.41
	% CV	6.99	28.97	6.25	29.69	7.16
- 45°	Ortalama	4184.55	3.53	64.09	2.69	5.71
	S.Sapma	85.01	0.50	1.35	0.44	0.09
	% CV	2.03	14.20	2.11	16.17	1.63

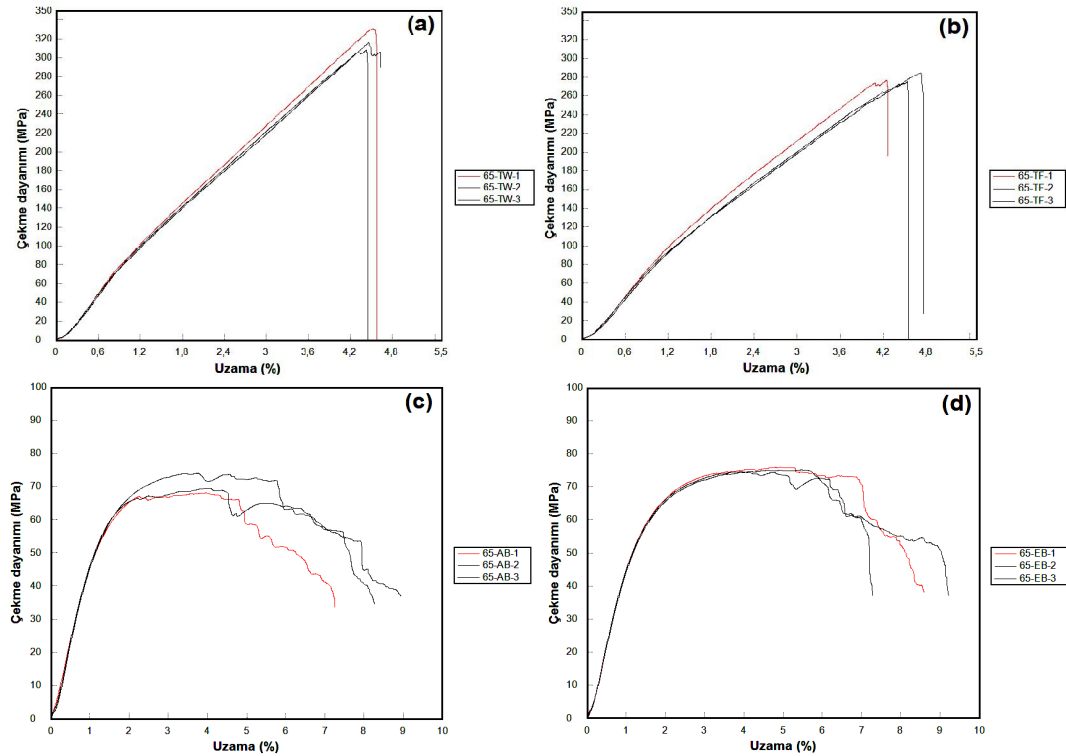


Şekil 3.25. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45°, (d); - 45° [T4-d].

Tablo 3.35’te, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.26’da, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.35. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN– (sıkı-6 adım/cm) [T4-e]						
Çözgü	Ortalama	21670.73	5.71	318.11	4.47	9.84
	S.Sapma	1491.02	0.12	11.58	0.05	0.15
	% CV	6.88	2.07	3.64	1.18	1.52
Atkı	Ortalama	18462.47	5.65	278.87	4.51	9.08
	S.Sapma	364.36	0.33	5.22	0.24	0.26
	% CV	1.97	5.85	1.87	5.36	2.88
+ 45°	Ortalama	4549.18	5.05	70.47	3.91	5.24
	S.Sapma	348.08	0.17	3.11	0.16	0.17
	% CV	7.65	3.36	4.41	4.19	3.33
– 45°	Ortalama	4994.83	6.18	75.29	4.80	5.14
	S.Sapma	185.25	1.03	0.71	0.78	0.09
	% CV	3.71	16.68	0.94	16.32	1.79

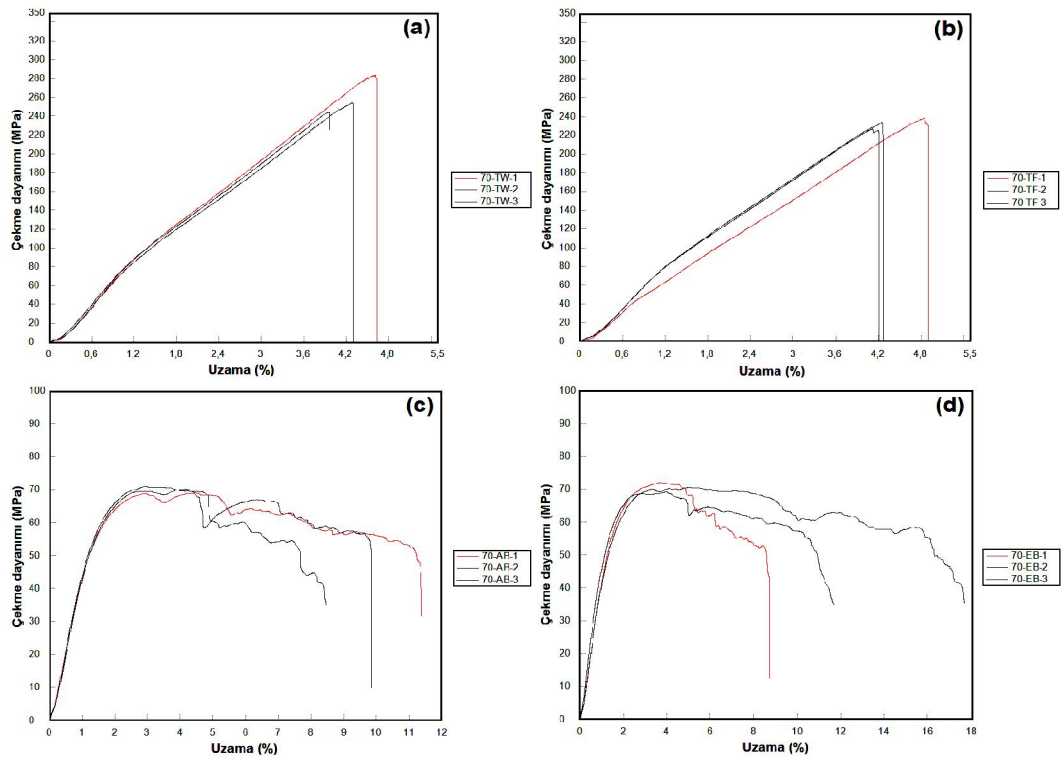


Şekil 3.26. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-e].

Tablo 3.36’da, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.27’de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.36. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN– (sıkı-6 adım/cm) [T4-f]						
Çözgü	Ortalama	19509.50	5.51	260.81	4.28	8.41
	S.Sapma	1378.56	0.39	20.57	0.33	0.17
	% CV	7.07	7.01	7.89	7.75	2.04
Atkı	Ortalama	16421.50	5.60	233.09	4.41	7.47
	S.Sapma	1299.57	0.37	5.78	0.40	0.46
	% CV	7.91	6.70	2.48	8.95	6.11
+ 45°	Ortalama	4881.13	5.25	70.06	3.87	4.75
	S.Sapma	18.48	0.26	1.02	0.81	0.08
	% CV	0.38	5.04	1.46	20.89	1.71
– 45°	Ortalama	5102.15	5.49	70.60	4.23	4.50
	S.Sapma	433.67	0.92	1.40	0.71	0.23
	% CV	8.50	16.71	1.98	16.75	5.17

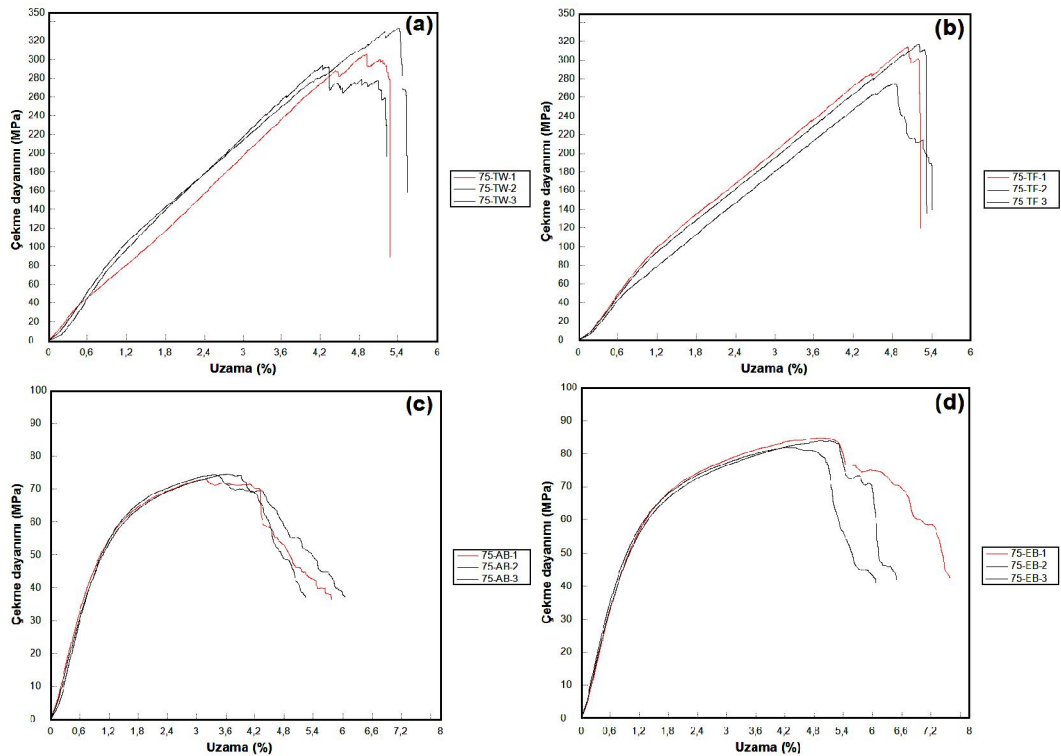


Şekil 3.27. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-f].

Tablo 3.37’de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.28’de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.37. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/ tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-g]						
Çözüğü	Ortalama	20549.93	6.16	310.82	4.85	9.32
	S.Sapma	1349.75	0.75	20.41	0.59	0.46
	% CV	6.57	12.15	6.57	12.15	4.94
Atkı	Ortalama	20243.63	6.36	301.92	5.02	9.05
	S.Sapma	1554.37	0.30	23.47	0.20	0.23
	% CV	7.68	4.74	7.77	3.90	2.53
+ 45°	Ortalama	4880.15	4.34	73.89	3.40	5.64
	S.Sapma	120.14	0.31	0.72	0.22	0.21
	% CV	2.46	7.20	0.98	6.35	3.77
- 45°	Ortalama	5278.86	6.18	83.47	4.77	5.85
	S.Sapma	171.42	0.52	1.39	0.46	0.21
	% CV	3.25	8.46	1.67	9.65	3.56

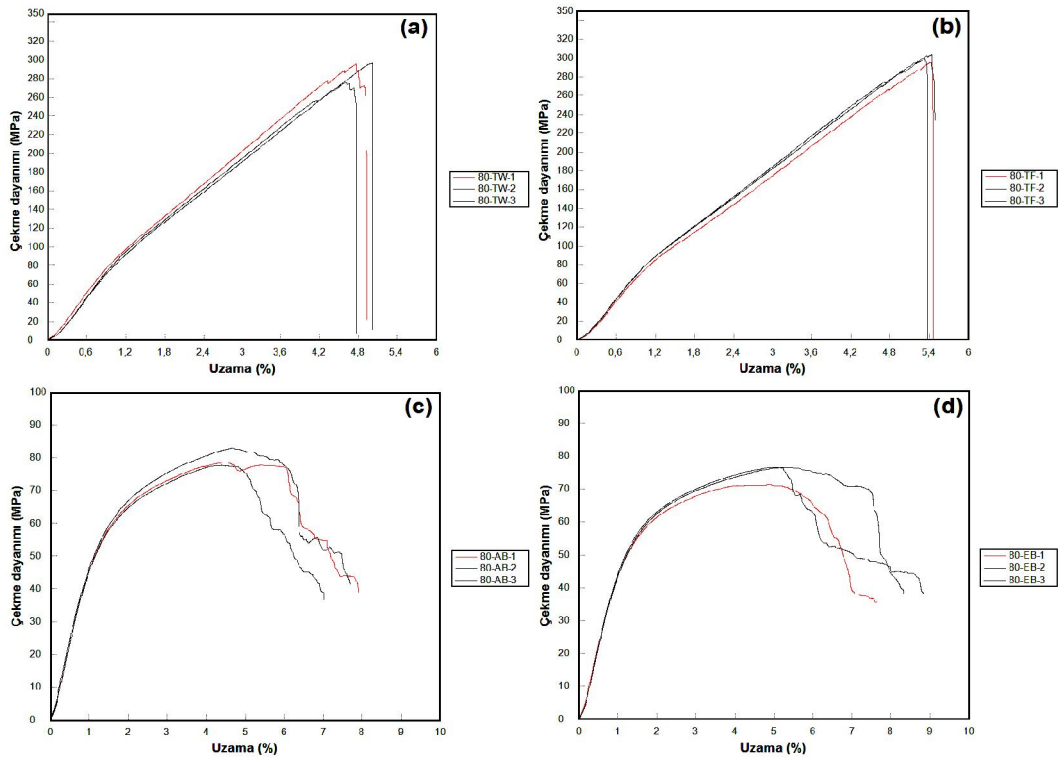


Şekil 3.28. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45°, (d); - 45° [T4-g].

Tablo 3.38’de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.29’da, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.38. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR®129- İKİ YÖN– (gevşek-2 adım/cm) [T4-h]						
Çözüğü	Ortalama	20893.00	6.03	289.36	4.79	8.87
	S.Sapma	1334.99	0.21	11.68	0.21	0.22
	% CV	6.39	3.42	4.04	4.41	2.47
Atkı	Ortalama	22058.27	6.83	299.46	5.39	8.31
	S.Sapma	654.61	0.02	4.26	0.06	0.26
	% CV	2.97	0.30	1.42	1.10	3.15
+ 45°	Ortalama	5781.63	5.89	79.66	4.52	5.10
	S.Sapma	193.05	0.07	2.89	0.16	0.06
	% CV	3.34	1.25	3.63	3.44	1.13
- 45°	Ortalama	5308.30	6.70	74.93	5.06	5.02
	S.Sapma	432.92	0.39	3.07	0.17	0.16
	% CV	8.16	5.78	4.10	3.28	3.27

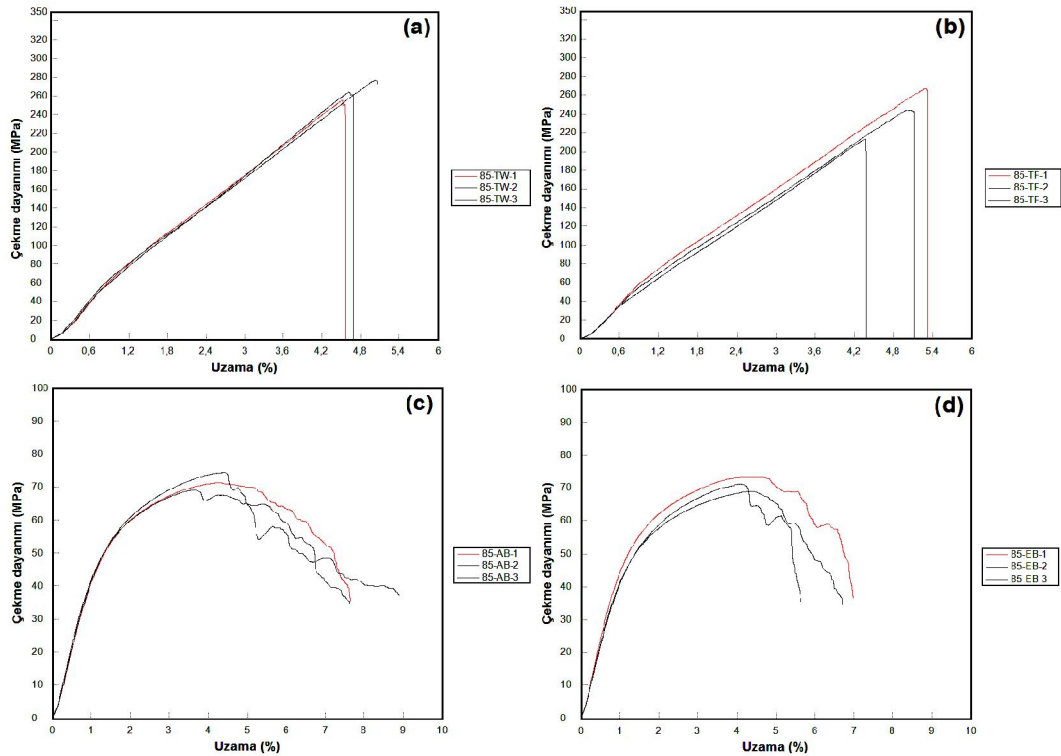


Şekil 3.29. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); - 45° [T4-h].

Tablo 3.39’da, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların(dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.30’da, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.39. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-i]						
Çözüğü	Ortalama	19840.27	5.88	265.55	4.72	7.75
	S.Sapma	1038.06	0.27	10.72	0.27	0.55
	% CV	5.23	4.53	4.04	5.78	7.06
Atkı	Ortalama	18376.80	6.19	241.35	4.89	7.43
	S.Sapma	1580.00	0.59	27.17	0.47	0.39
	% CV	8.60	9.51	11.26	9.61	5.30
+ 45°	Ortalama	5528.70	5.34	71.61	4.14	4.75
	S.Sapma	318.84	0.52	2.68	0.40	0.11
	% CV	5.77	9.79	3.74	9.74	2.26
- 45°	Ortalama	5333.14	5.35	71.18	4.20	4.76
	S.Sapma	51.77	0.25	2.12	0.13	0.25
	% CV	0.97	4.68	2.97	3.10	5.15

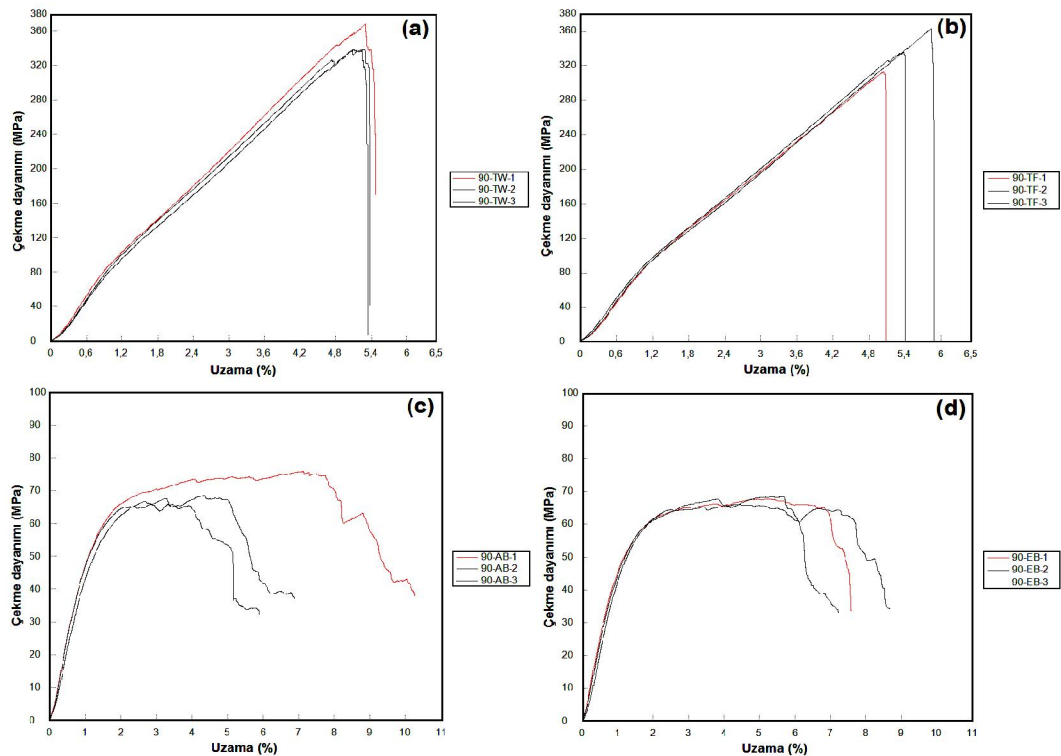


Şekil 3.30. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); - 45° [T4-i].

Tablo 3.40'ta, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.31'de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.40. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR [®] 129- TEK YÖN– (sıkı-6 adım/cm) [T4-j]						
Çözüğü	Ortalama	23933.17	6.68	348.89	5.24	9.79
	S.Sapma	1236.94	0.12	17.01	0.10	0.47
	% CV	5.17	1.77	4.88	1.99	4.81
Atkı	Ortalama	22659.00	6.94	336.81	5.42	9.12
	S.Sapma	1052.83	0.52	25.06	0.40	0.04
	% CV	4.65	7.42	7.44	7.42	0.49
+ 45°	Ortalama	4693.23	5.93	70.36	4.70	5.20
	S.Sapma	377.22	2.85	4.81	2.25	0.30
	% CV	8.04	48.01	6.84	47.92	5.67
- 45°	Ortalama	4508.35	6.43	67.38	5.01	5.02
	S.Sapma	72.32	0.69	1.15	0.51	0.10
	% CV	1.60	10.74	1.71	10.24	2.02

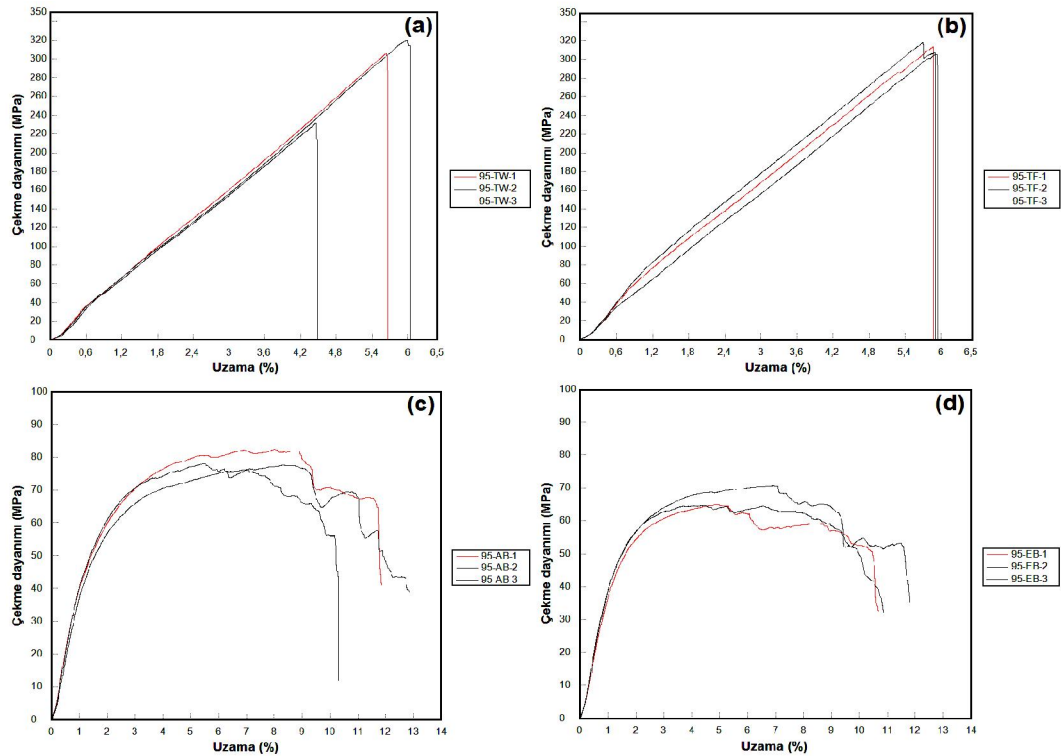


Şekil 3.31. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); - 45° [T4-j].

Tablo 3.41’de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.32’de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.41. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN– (sıkı-6 adım/cm) [T4-k]						
Çözgü	Ortalama	21563.43	6.73	285.86	5.37	7.58
	S.Sapma	4337.36	1.01	47.65	0.80	0.06
	% CV	20.11	15.06	16.67	14.95	0.85
Atkı	Ortalama	23167.93	7.25	312.26	5.83	6.35
	S.Sapma	1011.37	0.25	6.46	0.11	1.13
	% CV	4.37	3.41	2.07	1.88	17.74
+ 45°	Ortalama	5916.58	9.34	79.29	7.30	4.36
	S.Sapma	339.90	1.91	2.68	1.56	0.22
	% CV	5.74	20.48	3.38	21.40	4.99
– 45°	Ortalama	4998.63	6.95	66.80	5.44	4.27
	S.Sapma	453.28	1.65	3.37	1.29	0.21
	% CV	9.07	23.81	5.05	23.75	4.99

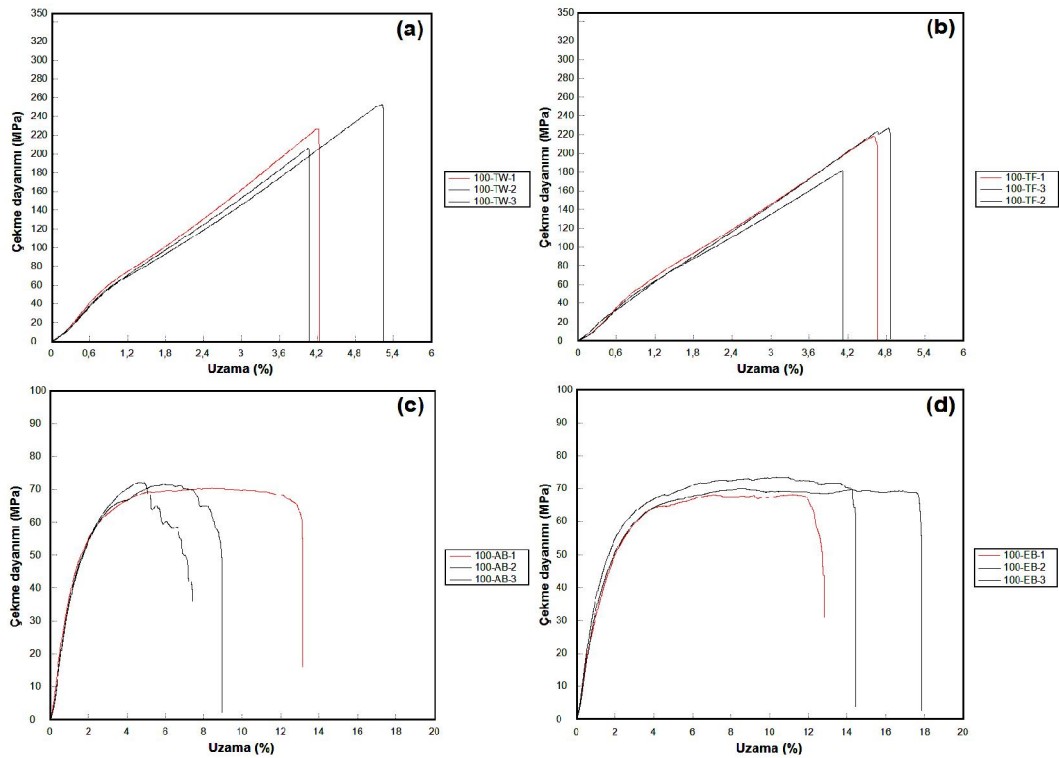


Şekil 3.32. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-k].

Tablo 3.42’de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.33’te, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.42. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR®129- DÖRT YÖN– (sıkı-6 adım/cm) [T4-I]						
Çözgü	Ortalama	16902.40	5.57	228.50	4.49	6.54
	S.Sapma	1234.01	0.62	23.46	0.63	0.34
	% CV	7.30	11.14	10.27	14.13	5.19
Atkı	Ortalama	15727.03	5.72	208.87	4.52	5.87
	S.Sapma	1472.96	0.44	23.79	0.36	1.27
	% CV	9.37	7.69	11.39	8.08	21.59
+ 45°	Ortalama	5548.13	8.12	71.37	6.39	4.02
	S.Sapma	239.85	2.79	0.91	1.89	0.06
	% CV	4.32	34.31	1.27	29.55	1.53
– 45°	Ortalama	5807.20	12.93	70.53	10.29	3.70
	S.Sapma	383.59	1.90	2.58	1.36	0.50
	% CV	6.61	14.71	3.66	13.26	13.45



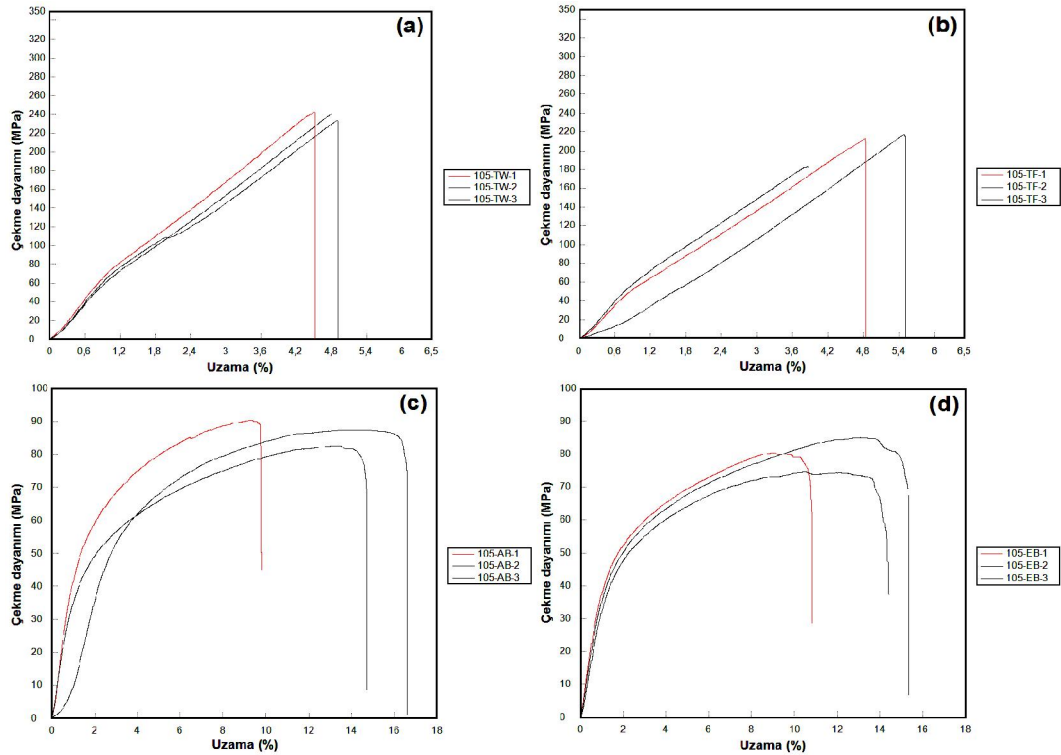
Şekil 3.33. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); – 45° [T4-I].

3.3.5. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Tablo 3.43 ve Şekil 3.34'te sırasıyla, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların (makine dikişli/ dört yön/ Kevlar[®]129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) çekme dayanımı test sonuçları ve çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.43. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®]129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR [®] 129- DÖRT YÖN (sıkı-6 adım/cm) → %5 Silika (nano) [T6-a]						
Çözüğü	Ortalama	19339.00	5.91	238.79	4.74	7.32
	S.Sapma	152.93	0.20	4.78	0.20	0.33
	% CV	0.79	3.40	2.00	4.23	4.47
Atkı	Ortalama	16597.53	5.98	204.08	4.72	5.51
	S.Sapma	1323.38	1.06	18.55	0.82	1.42
	% CV	7.97	17.77	9.09	17.36	25.72
+ 45°	Ortalama	7119.03	16.11	86.78	12.16	3.76
	S.Sapma	310.34	3.56	3.91	2.43	1.01
	% CV	4.36	22.09	4.51	19.98	26.88
- 45°	Ortalama	6530.50	13.84	80.09	10.89	3.74
	S.Sapma	671.86	2.40	5.22	2.07	0.40
	% CV	10.29	17.32	6.52	18.97	10.72

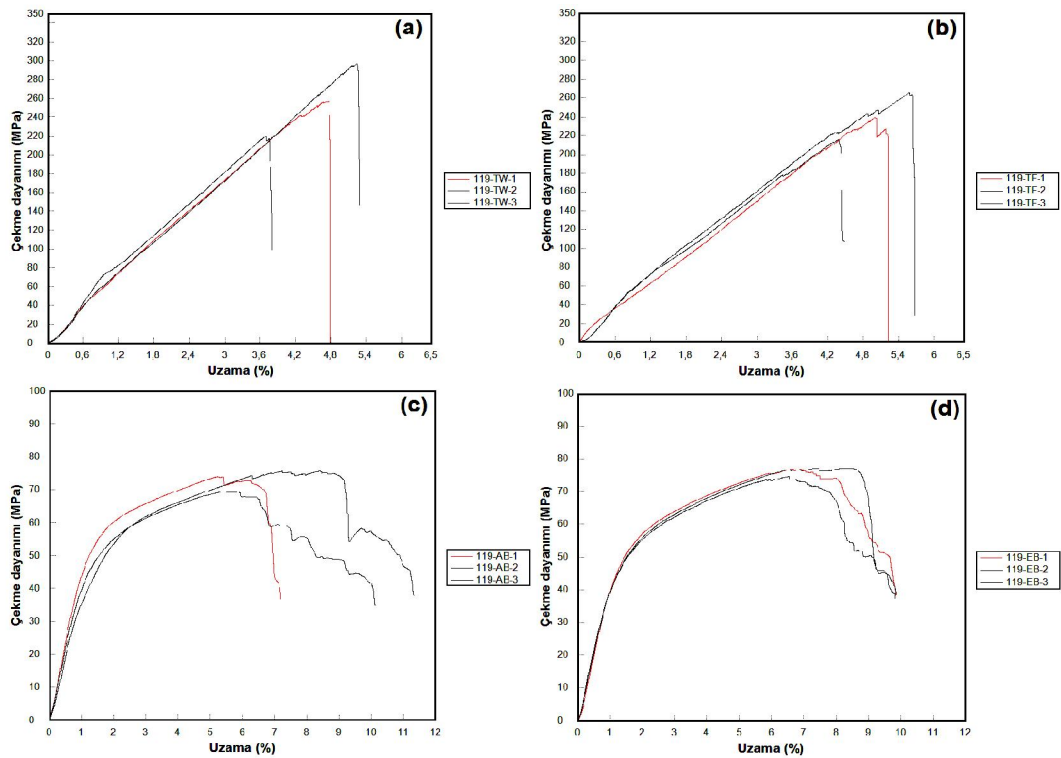


Şekil 3.34. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®]129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45°, (d); - 45° [T6-a].

Tablo 3.44 ve Şekil 3.35’te sırasıyla, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların (el dikişli/dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği) çekme dayanımı test sonuçları ve çekme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.44. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği/%5- silika) çekme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR®129- DÖRT YÖN → %5 Silika (nano) [T6-b]						
Çözgü	Ortalama	17941.20	5.77	258.15	4.57	8.00
	S.Sapma	4726.67	1.00	38.49	0.79	0.44
	% CV	26.35	17.40	14.91	17.34	5.52
Atkı	Ortalama	16968.43	6.05	240.21	4.99	7.36
	S.Sapma	2492.53	0.56	24.81	0.60	0.38
	% CV	14.69	9.31	10.33	12.05	5.15
+ 45°	Ortalama	5377.54	8.05	73.09	6.38	4.42
	S.Sapma	344.38	2.16	3.11	1.78	0.36
	% CV	6.40	26.86	4.26	27.86	8.23
- 45°	Ortalama	5619.39	9.15	76.22	7.30	4.41
	S.Sapma	135.34	1.20	1.31	0.98	0.06
	% CV	2.41	13.14	1.71	13.41	1.41



Şekil 3.35. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği/%5- silika) çekme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü, (c); + 45° , (d); - 45° [T6-b].

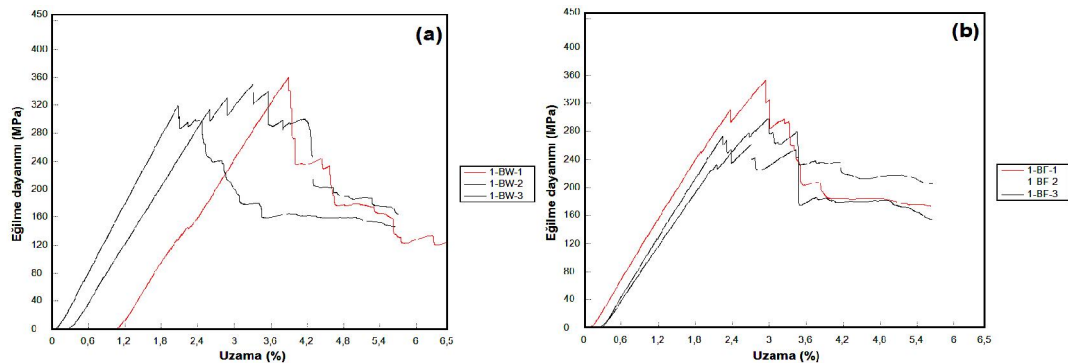
3.4. Eğilme Dayanımı Test Sonuçları

3.4.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar

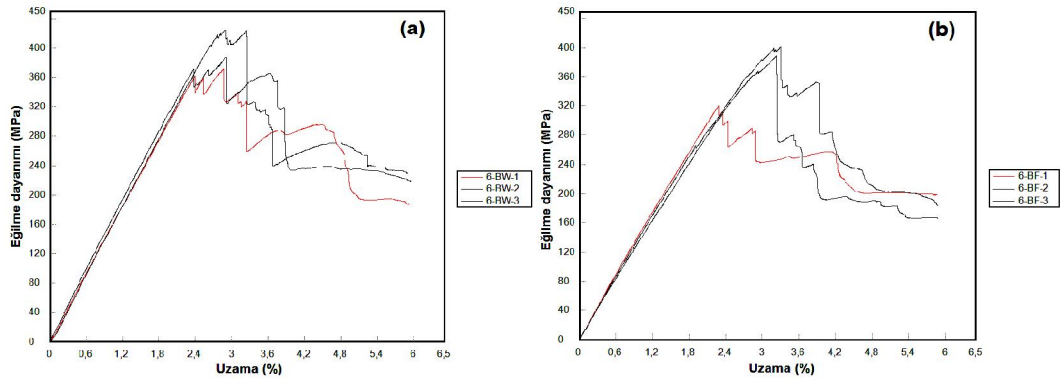
Tablo 3.45'te, E-cam/Polyester dikişsiz ve dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapıların eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.36'da, E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapıların eğilme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir. Şekil 3.37 ve 3.38'de, E-cam/Polyester dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapıların eğilme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.45. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) eğilme dayanımı test sonuçları.

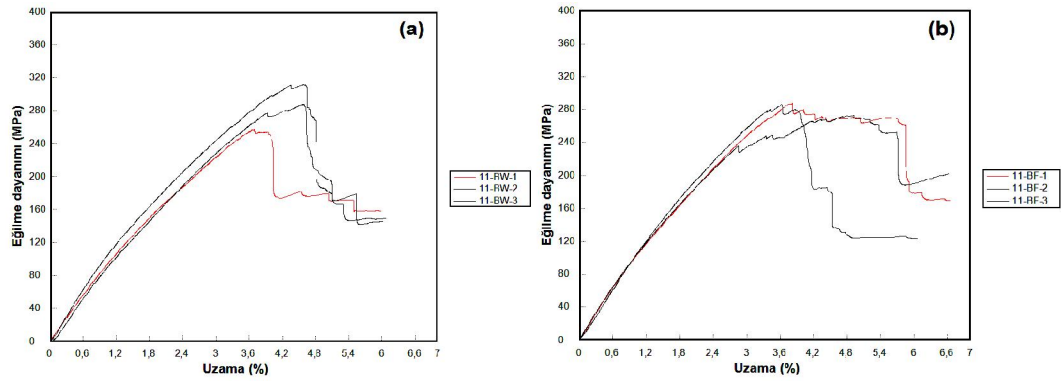
Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)
2400 TEX -[0/90°]- DİKİŞSİZ [T1-a]						
Çözüğü	Ortalama	888.77	3.31	343.48	3.10	14.46
	S.Sapma	54.10	1.00	21.25	0.93	1.59
	% CV	6.19	30.03	6.19	30.03	10.99
Atkı	Ortalama	797.22	2.92	308.10	2.73	13.79
	S.Sapma	104.52	0.45	40.39	0.42	0.95
	% CV	13.11	15.33	13.11	15.33	6.91
2400 TEX -ORYANTASYONLU [1: 0/90°, 2: ±45°, 3: ±45°, 4: 0/90°] [T1-b]						
Çözüğü	Ortalama	1113.54	2.96	394.73	2.89	16.06
	S.Sapma	76.25	0.02	27.03	0.02	0.26
	% CV	6.85	0.58	6.85	0.58	1.61
Atkı	Ortalama	1044.55	3.02	370.27	2.94	14.06
	S.Sapma	121.49	0.58	43.07	0.57	0.57
	% CV	11.63	19.25	11.63	19.25	4.07
2400 TEX -ORYANTASYONLU [1: ±45°, 2: 0/90°, 3: 0/90°, 4: ±45°] [T1-c]						
Çözüğü	Ortalama	833.11	4.31	285.37	4.28	8.81
	S.Sapma	79.48	0.52	27.23	0.51	0.72
	% CV	9.54	12.01	9.54	12.01	8.14
Atkı	Ortalama	824.42	4.16	282.39	4.12	9.57
	S.Sapma	23.68	0.70	8.11	0.70	0.63
	% CV	2.87	16.88	2.87	16.88	6.57



Şekil 3.36. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz) eğilme testi dayanım-uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü [T1-a].



Şekil 3.37. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/oryantasyonlu) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T1-b].



Şekil 3.38. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/oryantasyonlu) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T1-c].

3.4.2. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Dikişsiz/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

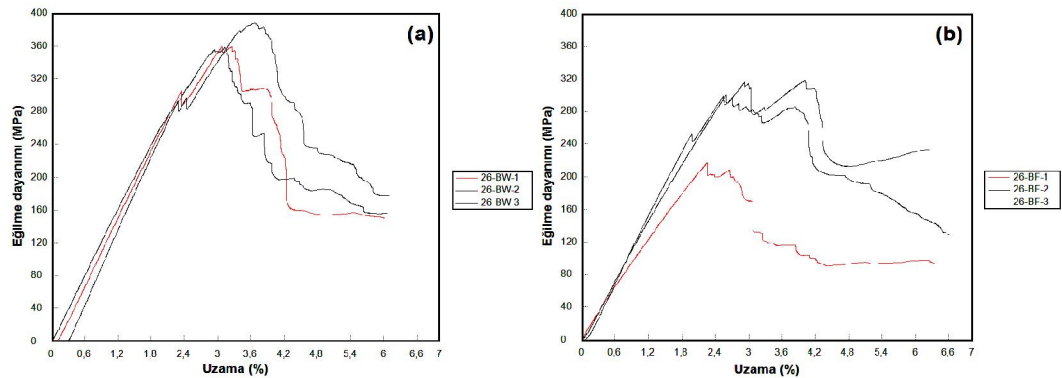
Tablo 3.46’da, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.39, 3.40, 3.41 ve 3.42’de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.46. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) eğilme dayanımı test sonuçları.

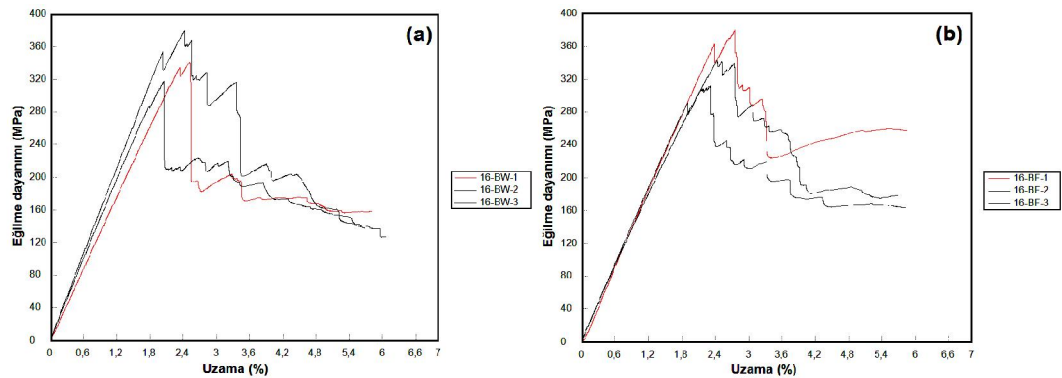
Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Silika (nano) [T2-a]						
Çözgü	Ortalama	1075.41	3.32	368.64	3.29	14.33
	S.Sapma	49.51	0.33	16.97	0.33	0.89
	% CV	4.60	9.93	4.60	9.93	6.23
Atkı	Ortalama	796.62	2.99	278.74	2.96	12.22
	S.Sapma	141.38	0.94	54.04	0.93	2.19
	% CV	17.75	31.37	19.39	31.37	17.94

Tablo 3.46'nın devamı.

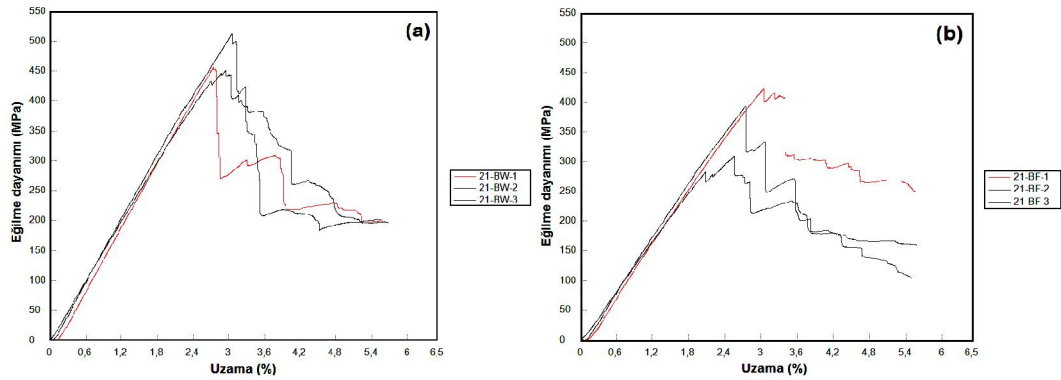
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Silika (nano) [T2-b]						
Çözgü	Ortalama	902.95	2.48	346.18	2.33	16.23
	S.Sapma	81.97	0.27	31.43	0.25	1.40
	% CV	9.08	10.69	9.08	10.69	8.65
Atkı	Ortalama	899.82	2.67	344.98	2.51	15.50
	S.Sapma	89.54	0.25	34.33	0.23	0.45
	% CV	9.95	9.25	9.95	9.25	2.92
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Silika (nano) [T2-c]						
Çözgü	Ortalama	1167.25	3.20	472.86	2.92	17.70
	S.Sapma	83.36	0.17	33.77	0.16	0.77
	% CV	7.14	5.33	7.14	5.33	4.33
Atkı	Ortalama	925.43	3.05	374.90	2.78	15.35
	S.Sapma	145.07	0.27	58.77	0.25	0.87
	% CV	15.68	8.82	15.68	8.82	5.69
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Karbon (nano) [T2-d]						
Çözgü	Ortalama	1019.47	3.01	434.50	2.67	17.67
	S.Sapma	101.47	0.31	43.25	0.28	0.26
	% CV	9.95	10.42	9.95	10.42	1.47
Atkı	Ortalama	862.50	3.12	367.60	2.78	15.78
	S.Sapma	124.91	0.44	53.24	0.39	1.12
	% CV	14.48	14.14	14.48	14.14	7.07



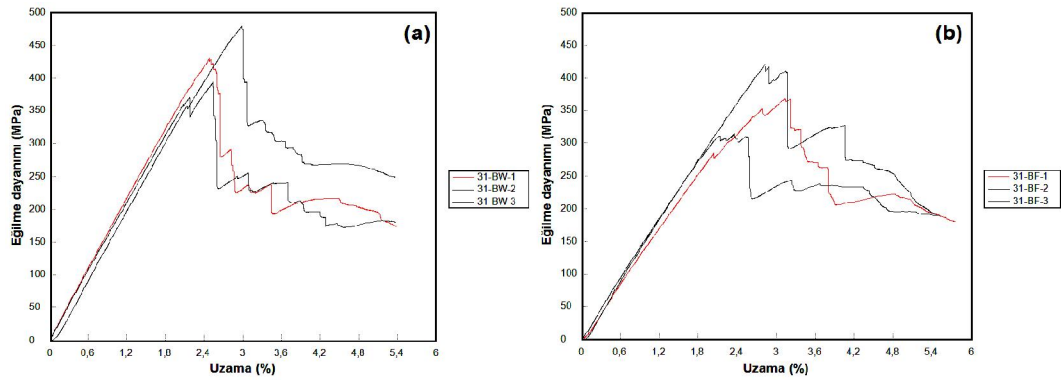
Şekil 3.39. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-a].



Şekil 3.40. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-b].



Şekil 3.41. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözü yönü, (b); atkı yönü [T2-c].



Şekil 3.42. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözü yönü, (b); atkı yönü [T2-d].

3.4.3. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

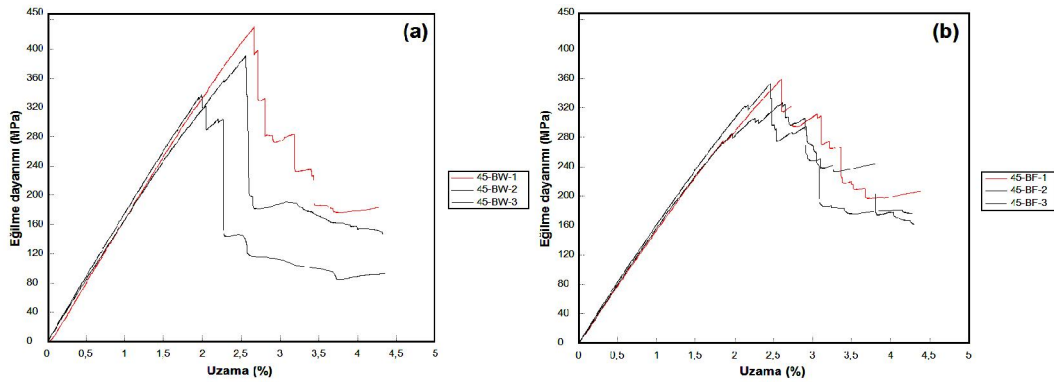
Tablo 3.47’de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.43, 3.44, 3.45’te, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.47. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme dayanımı test sonuçları.

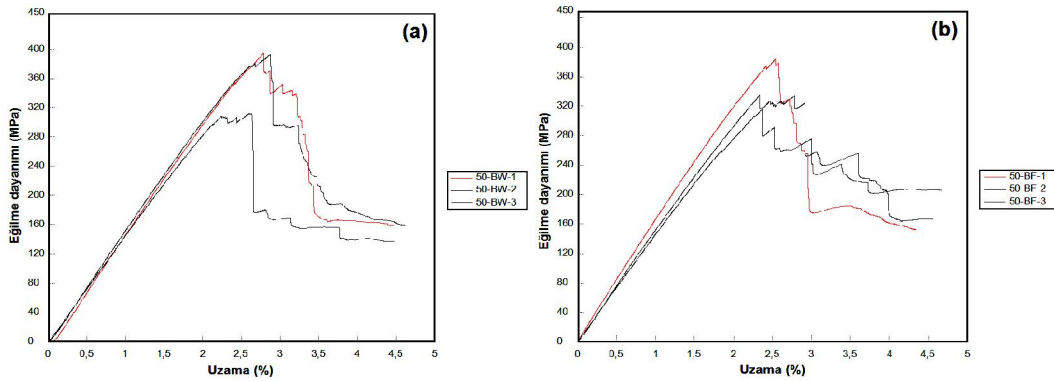
Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN– (gevşek-2 adım/cm) [T4-a]						
Çözgü	Ortalama	794.06	4.04	381.45	2.42	17.00
	S.Sapma	113.92	0.56	54.73	0.34	0.54
	% CV	14.35	13.80	14.35	13.80	3.21

Tablo 3.47'nin devamı.

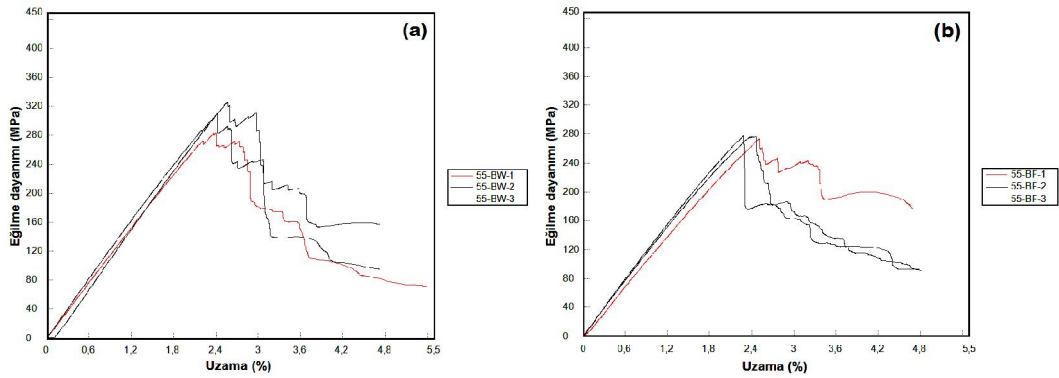
Atkı	Ortalama	722.26	4.27	346.96	2.56	15.32
	S.Sapma	35.57	0.14	17.09	0.08	0.30
	% CV	4.93	3.23	4.93	3.23	1.94
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-b]						
Çözüğü	Ortalama	810.33	4.46	366.63	2.76	15.15
	S.Sapma	105.16	0.22	47.58	0.14	0.65
	% CV	12.98	4.93	12.98	4.93	4.32
Atkı	Ortalama	775.97	4.13	351.09	2.55	15.26
	S.Sapma	62.76	0.36	28.40	0.22	1.02
	% CV	8.09	8.61	8.09	8.61	6.69
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-c]						
Çözüğü	Ortalama	719.90	3.87	306.15	2.47	13.22
	S.Sapma	50.19	0.14	21.35	0.09	0.64
	% CV	6.97	3.68	6.97	3.68	4.83
Atkı	Ortalama	650.07	3.80	276.46	2.42	12.20
	S.Sapma	5.53	0.18	2.35	0.12	0.73
	% CV	0.85	4.76	0.85	4.76	6.01



Şekil 3.43. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü [T4-a].



Şekil 3.44. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü [T4-b].



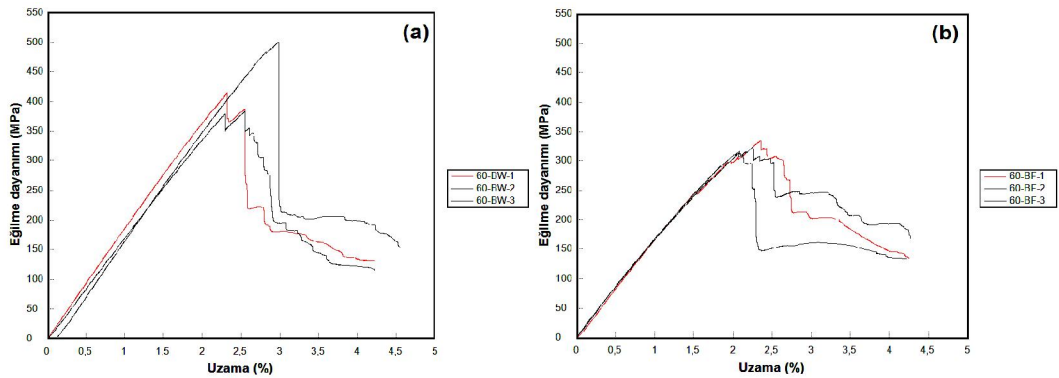
Şekil 3.45. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-c].

Tablo 3.48’de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir.

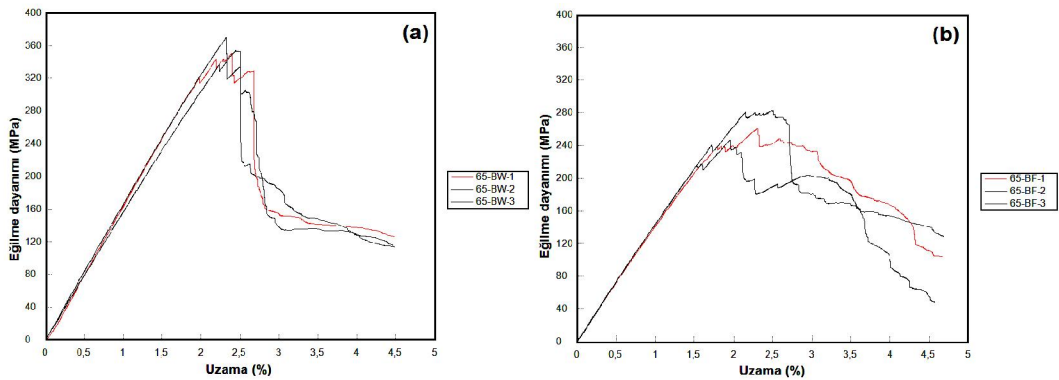
Şekil 3.46, 3.47 ve 3.48’de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.48. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme dayanımı test sonuçları.

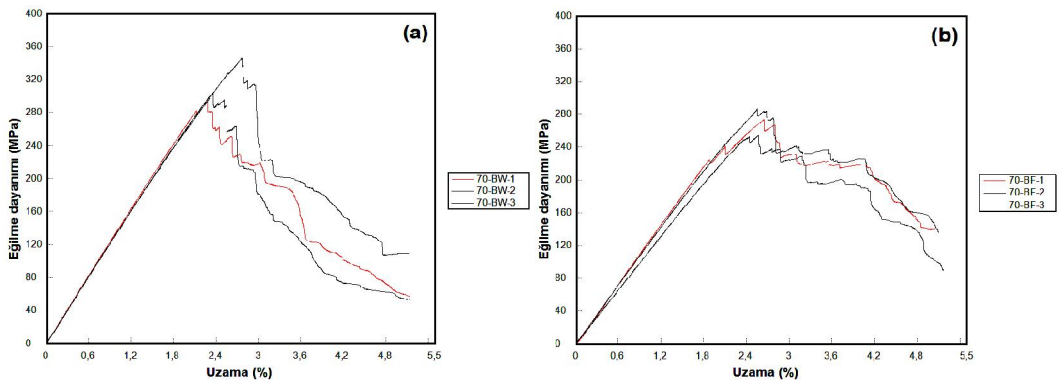
Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN– (sıkı-6 adım/cm) [T4-d]						
Çözgü	Ortalama	809.30	4.60	432.25	2.61	18.11
	S.Sapma	113.20	0.59	60.46	0.33	0.89
	% CV	13.99	12.75	13.99	12.75	4.93
Atkı	Ortalama	607.43	3.92	324.43	2.23	16.21
	S.Sapma	17.65	0.24	9.43	0.14	0.27
	% CV	2.91	6.20	2.91	6.20	1.64
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN– (sıkı-6 adım/cm) [T4-e]						
Çözgü	Ortalama	769.10	3.93	358.76	2.39	16.22
	S.Sapma	22.20	0.11	10.36	0.07	0.69
	% CV	2.89	2.76	2.89	2.76	4.25
Atkı	Ortalama	564.66	3.70	263.39	2.25	13.97
	S.Sapma	38.36	0.44	17.89	0.27	0.23
	% CV	6.79	12.00	6.79	12.00	1.66
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN– (sıkı-6 adım/cm) [T4-f]						
Çözgü	Ortalama	794.80	3.73	313.92	2.47	13.29
	S.Sapma	71.41	0.40	28.21	0.26	0.12
	% CV	8.99	10.63	8.99	10.63	0.90
Atkı	Ortalama	687.56	3.92	271.57	2.59	11.86
	S.Sapma	40.71	0.07	16.08	0.05	0.28
	% CV	5.92	1.75	5.92	1.75	2.33



Şekil 3.46. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-d].



Şekil 3.47. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-e].

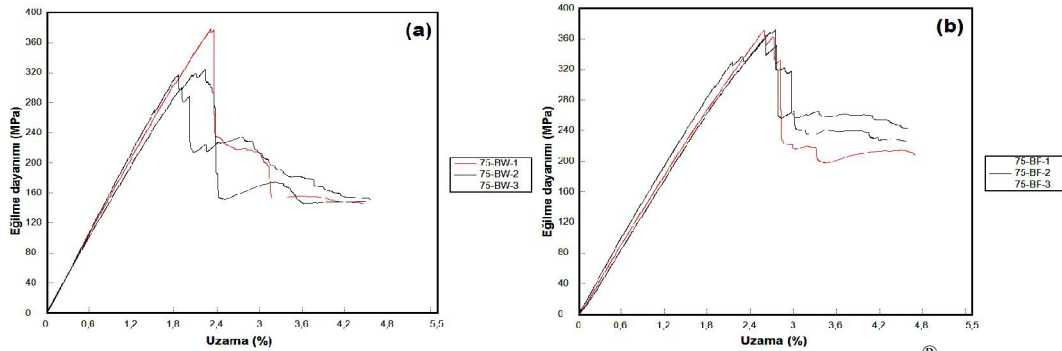


Şekil 3.48. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-f].

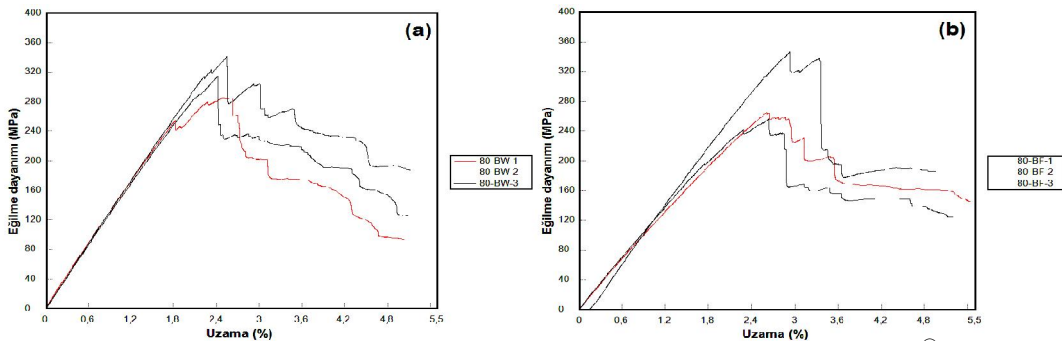
Tablo 3.49’da, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (Kevlar[®]129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.49, 3.50 ve 3.51’de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar[®]129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.49. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme dayanımı test sonuçları.

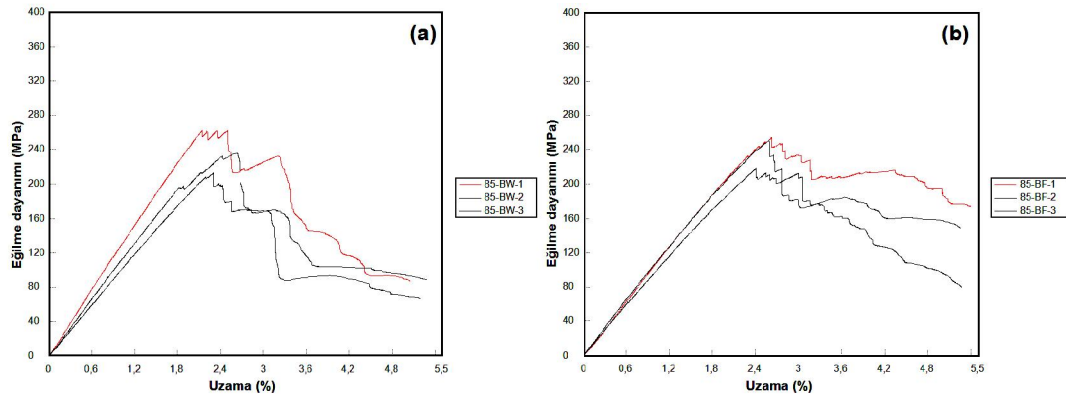
Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-g]						
Çözü	Ortalama	768.17	3.42	340.12	2.14	17.17
	S.Sapma	76.21	0.40	33.74	0.25	0.99
	% CV	9.92	11.53	9.92	11.53	5.74
Atkı	Ortalama	831.07	4.24	367.97	2.65	15.44
	S.Sapma	14.37	0.14	6.37	0.08	0.75
	% CV	1.30	3.18	1.73	3.18	4.84
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-h]						
Çözü	Ortalama	830.29	3.68	313.67	2.49	14.28
	S.Sapma	72.99	0.09	27.57	0.06	0.18
	% CV	8.79	2.49	8.79	2.49	1.28
Atkı	Ortalama	682.26	3.63	241.21	2.54	11.69
	S.Sapma	56.82	0.16	20.09	0.11	1.43
	% CV	8.33	4.45	8.33	4.45	12.26
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-i]						
Çözü	Ortalama	670.84	3.54	237.17	2.47	11.10
	S.Sapma	70.19	0.23	24.82	0.16	1.41
	% CV	10.46	6.44	10.46	6.44	12.69
Atkı	Ortalama	682.26	3.63	241.21	2.54	10.20
	S.Sapma	56.82	0.16	20.09	0.11	0.72
	% CV	8.33	4.45	8.33	4.45	7.09



Şekil 3.49. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözü yönü, (b); atkı yönü [T4-g].



Şekil 3.50. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözü yönü, (b); atkı yönü [T4-h].

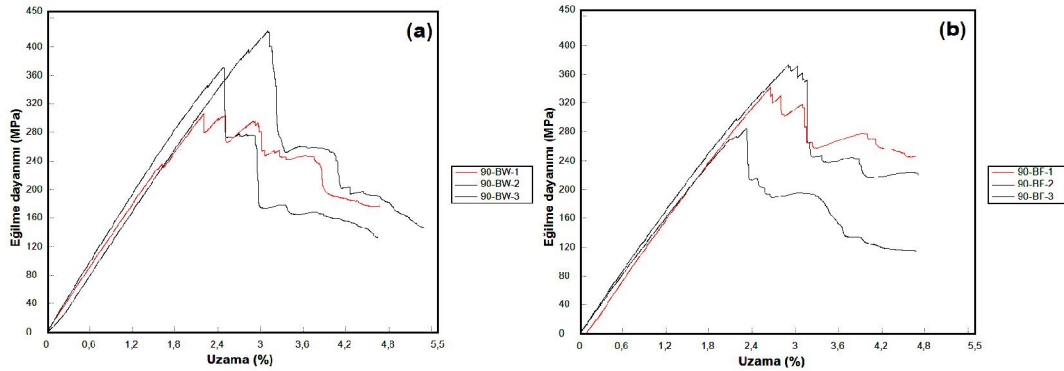


Şekil 3.51. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar[®]129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-i].

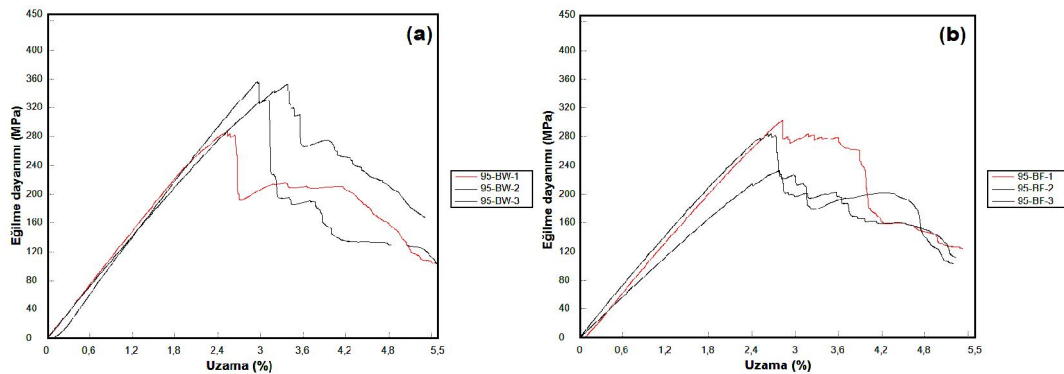
Tablo 3.50’de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (Kevlar[®]129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.52, 3.53 ve 3.54’te, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar[®]129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.50. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar[®]129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme dayanımı test sonuçları.

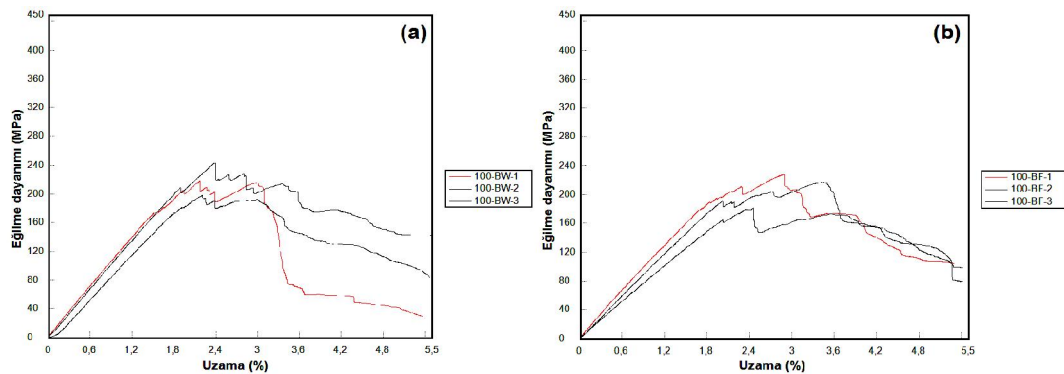
Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR[®]129- TEK YÖN– (sıkı-6 adım/cm) [T4-j]						
Çözgü	Ortalama	836.61	4.14	366.75	2.60	15.11
	S.Sapma	132.38	0.73	58.03	0.46	0.66
	% CV	15.82	17.57	15.82	17.57	4.34
Atkı	Ortalama	761.09	4.19	333.64	2.63	14.01
	S.Sapma	101.53	0.47	44.51	0.29	0.69
	% CV	13.34	11.18	13.34	11.18	4.89
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR[®]129- İKİ YÖN– (sıkı-6 adım/cm) [T4-k]						
Çözgü	Ortalama	920.69	4.10	325.05	2.87	12.63
	S.Sapma	97.95	0.43	34.58	0.30	0.93
	% CV	10.64	10.40	10.64	10.40	7.40
Atkı	Ortalama	774.51	3.94	273.44	2.75	10.98
	S.Sapma	102.91	0.11	36.33	0.08	1.52
	% CV	13.29	2.89	13.29	2.89	13.88
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR[®]129- DÖRT YÖN– (sıkı-6 adım/cm) [T4-l]						
Çözgü	Ortalama	665.59	3.12	219.81	2.25	11.08
	S.Sapma	68.05	0.15	22.47	0.11	0.54
	% CV	10.22	4.78	10.22	4.78	4.92
Atkı	Ortalama	631.57	4.04	208.57	2.92	9.50
	S.Sapma	73.70	0.66	24.34	0.48	1.05
	% CV	11.70	16.41	11.67	16.41	11.05



Şekil 3.52. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-j].



Şekil 3.53. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-k].



Şekil 3.54. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-l].

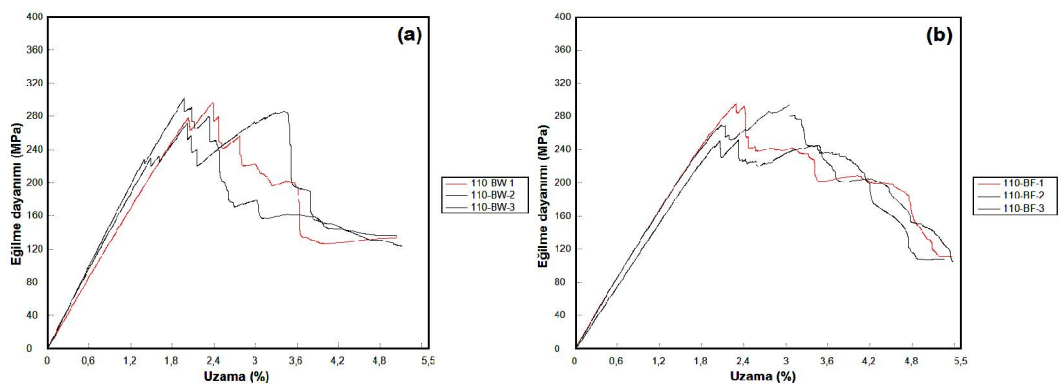
El Dikişli Kompozit Yapılar

Tablo 3.51’de, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapıların (Kevlar® 129 dikiş ipliği) eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.55’te, E-cam/Polyester kompozit

yapıların (el dikişli/tek yön/Kevlar[®]129 dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

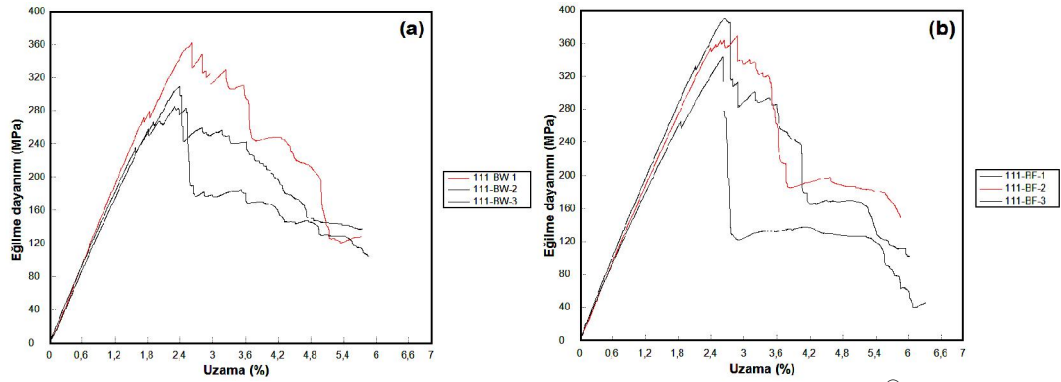
Tablo 3.51. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar[®]129 dikiş ipliği) eğilme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR[®]129- TEK YÖN [T5-a]						
Çözgü	Ortalama	720.67	3.99	295.04	2.60	15.29
	S.Sapma	20.34	1.14	8.33	0.74	1.18
	% CV	2.82	28.56	2.82	28.56	7.74
Atkı	Ortalama	684.88	3.93	280.39	2.56	13.42
	S.Sapma	60.16	0.66	24.63	0.43	0.60
	% CV	8.78	16.76	8.78	16.76	4.46
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR[®]129- İKİ YÖN [T5-b]						
Çözgü	Ortalama	1164.93	3.07	319.17	2.44	15.63
	S.Sapma	143.53	0.20	39.33	0.16	0.92
	% CV	12.32	6.47	12.32	6.47	5.87
Atkı	Ortalama	1342.00	3.42	367.69	2.71	15.82
	S.Sapma	86.24	0.17	23.63	0.14	0.83
	% CV	6.43	5.00	6.43	5.00	5.26
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR[®]129- DÖRT YÖN [T5-c]						
Çözgü	Ortalama	699.65	3.83	259.69	2.61	12.67
	S.Sapma	51.21	0.47	19.01	0.32	1.00
	% CV	7.32	12.29	7.32	12.29	7.89
Atkı	Ortalama	731.86	3.73	271.64	2.54	12.36
	S.Sapma	92.16	0.65	34.21	0.44	0.69
	% CV	12.59	17.42	12.59	17.42	5.59

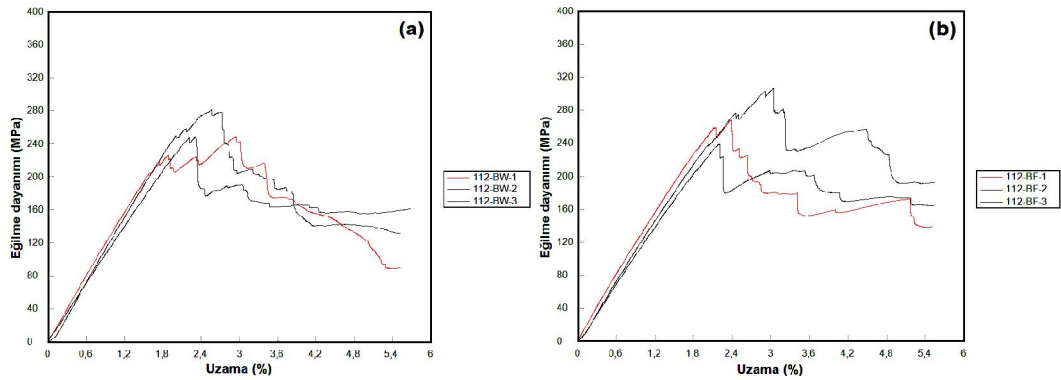


Şekil 3.55. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar[®]129 dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-a].

Şekil 3.56 ve 3.57'de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/iki yön/Kevlar[®]129 dikiş ipliği) ve (el dikişli/dört yön/Kevlar[®]129 dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.56. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-b].



Şekil 3.57. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-c].

Tablo 3.52’de, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapıların (E-Cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.58’de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-Cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

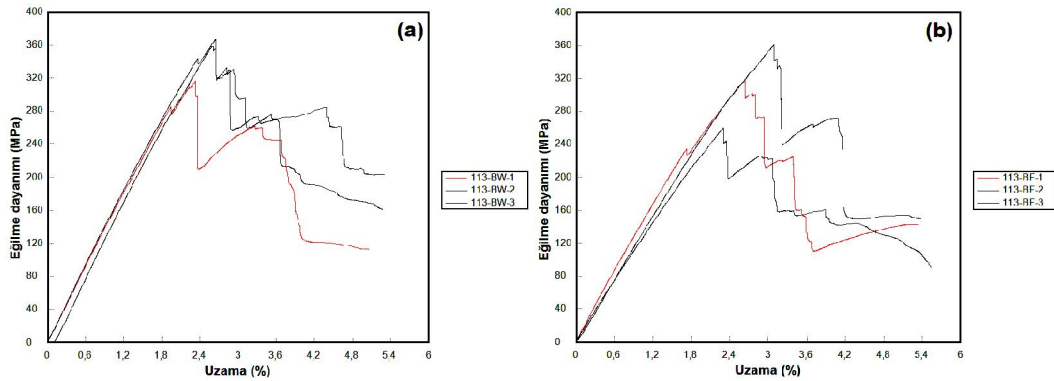
Tablo 3.52. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX- TEK YÖN [T5-d]						
Çözgü	Ortalama	922.65	3.73	347.08	2.53	15.55
	S.Sapma	72.74	0.25	27.36	0.17	0.25
	% CV	7.88	6.79	7.88	6.79	1.63
Atkı	Ortalama	832.12	3.95	313.02	2.68	12.95
	S.Sapma	135.02	0.59	50.79	0.40	1.26
	% CV	16.23	14.91	16.23	14.91	9.73

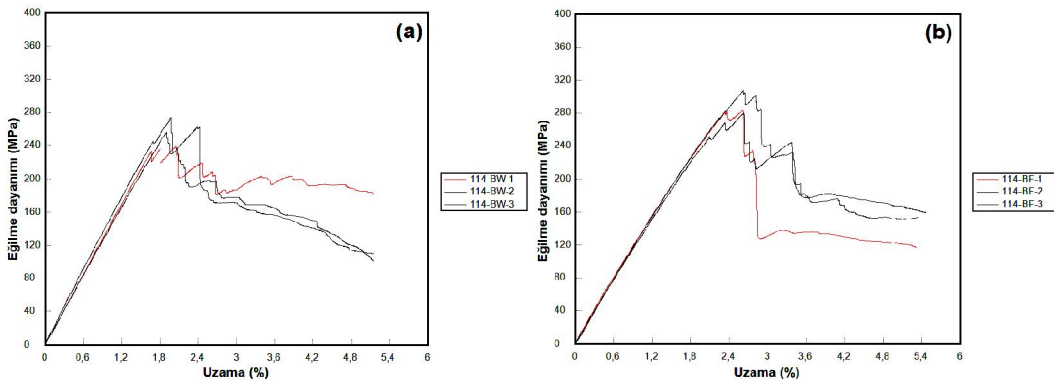
Şekil 3.52'nin devamı.

2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - İKİ YÖN [T5-e]						
Çözüğü	Ortalama	695.57	2.90	256.73	1.98	14.27
	S.Sapma	46.87	0.10	17.30	0.07	0.46
	% CV	6.74	3.54	6.74	3.54	3.24
Atkı	Ortalama	785.91	3.83	290.07	2.62	12.67
	S.Sapma	40.11	0.01	14.81	0.01	0.36
	% CV	5.10	0.35	5.10	0.35	2.81
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - DÖRT YÖN [T5-f]						
Çözüğü	Ortalama	1110.34	2.32	234.99	2.10	12.89
	S.Sapma	52.08	0.11	11.02	0.10	0.42
	% CV	4.69	4.73	4.69	4.73	3.29
Atkı	Ortalama	1158.13	2.99	245.10	2.70	12.03
	S.Sapma	102.02	0.58	21.59	0.52	0.65
	% CV	8.81	19.27	8.81	19.27	5.39

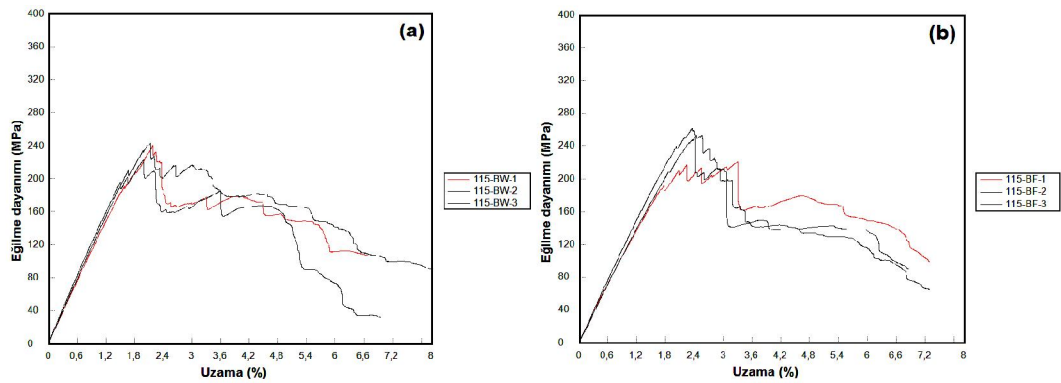
Şekil 3.59 ve 3.60'ta, E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-Cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.58. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü [T5-d].



Şekil 3.59. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü [T5-e].



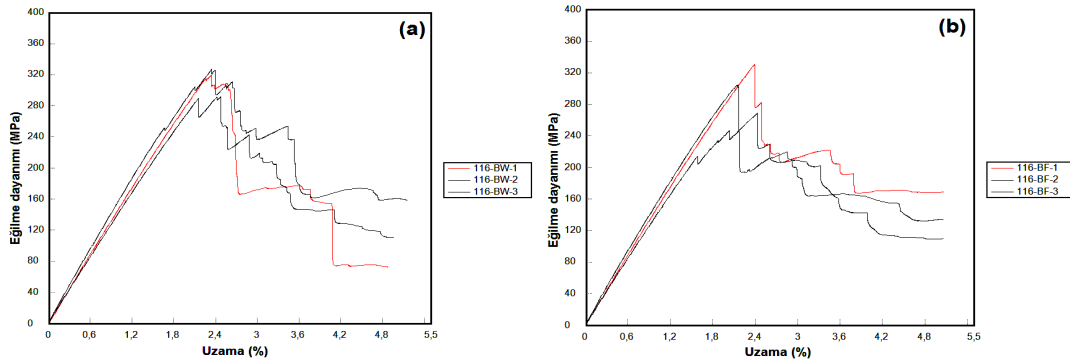
Şekil 3.60. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-f].

Tablo 3.53'te, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapıların (Karbon dikiş ipliği) eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir.

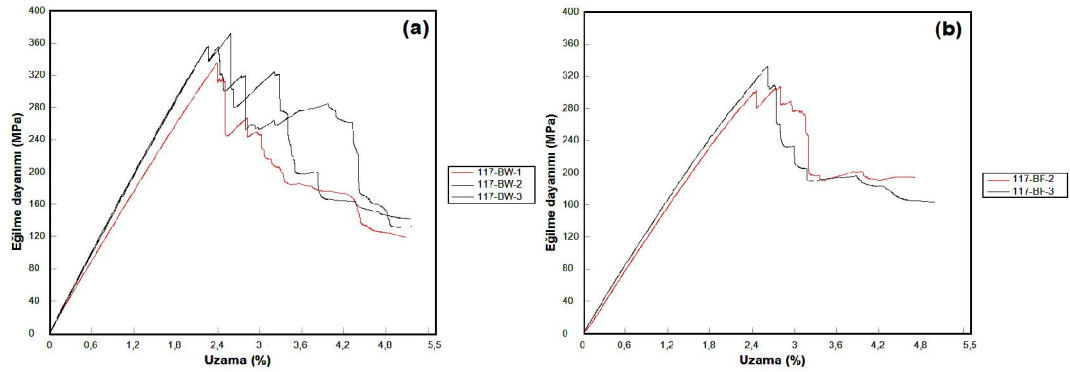
Şekil 3.61, 3.62 ve 3.63'te, E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.53. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) eğilme dayanımı test sonuçları.

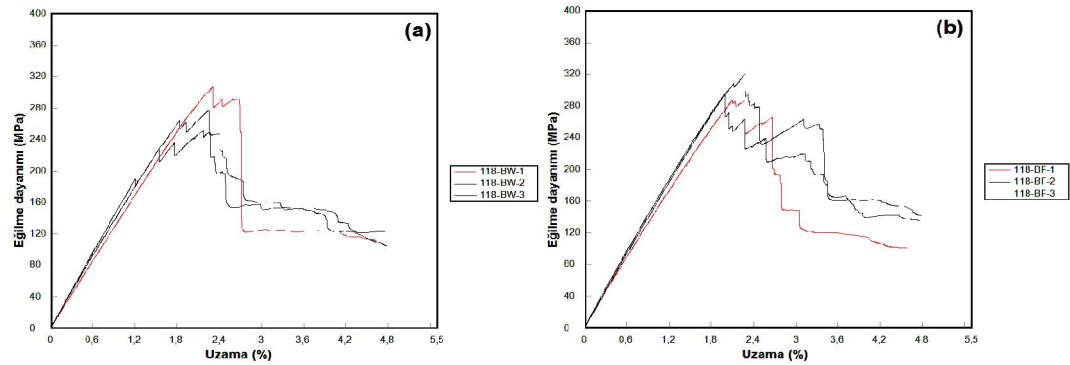
Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON- TEK YÖN [T5-g]						
Çözgü	Ortalama	778.31	3.65	313.06	2.39	14.43
	S.Sapma	46.70	0.12	18.78	0.08	0.59
	% CV	6.00	3.15	6.00	3.15	4.07
Atkı	Ortalama	748.92	3.54	301.24	2.32	14.38
	S.Sapma	77.53	0.23	31.19	0.15	0.74
	% CV	10.35	6.58	10.35	6.58	5.14
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON - İKİ YÖN [T5-h]						
Çözgü	Ortalama	807.59	3.92	354.30	2.46	15.67
	S.Sapma	41.93	0.17	18.39	0.11	0.99
	% CV	5.19	4.35	5.19	4.35	6.32
Atkı	Ortalama	729.20	4.32	319.91	2.71	13.23
	S.Sapma	42.01	0.19	18.43	0.12	0.26
	% CV	5.76	4.28	5.76	4.28	1.94
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON - DÖRT YÖN [T5-i]						
Çözgü	Ortalama	652.00	3.53	278.74	2.25	14.77
	S.Sapma	66.13	0.11	28.27	0.07	0.91
	% CV	10.14	3.06	10.14	3.06	6.18
Atkı	Ortalama	705.37	3.43	301.56	2.18	15.08
	S.Sapma	41.48	0.26	17.74	0.17	0.57
	% CV	5.88	7.67	5.88	7.67	3.79



Şekil 3.61. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-g].



Şekil 3.62. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-h].



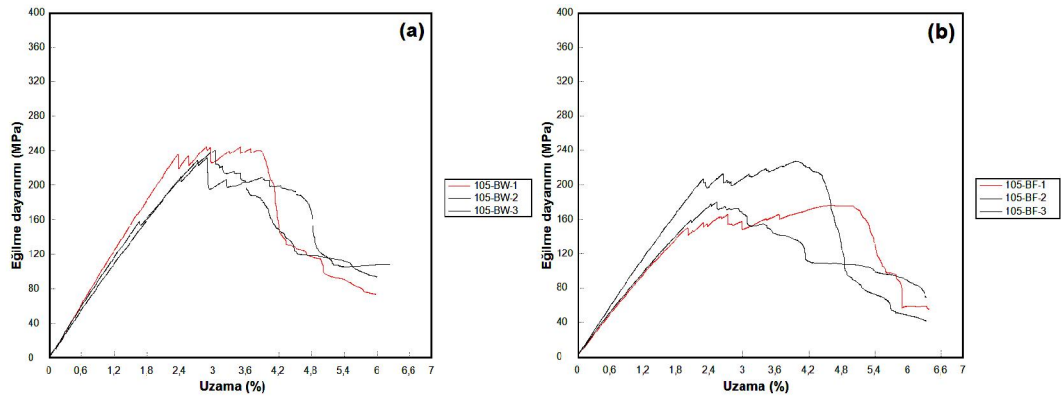
Şekil 3.63. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-i].

3.4.4. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

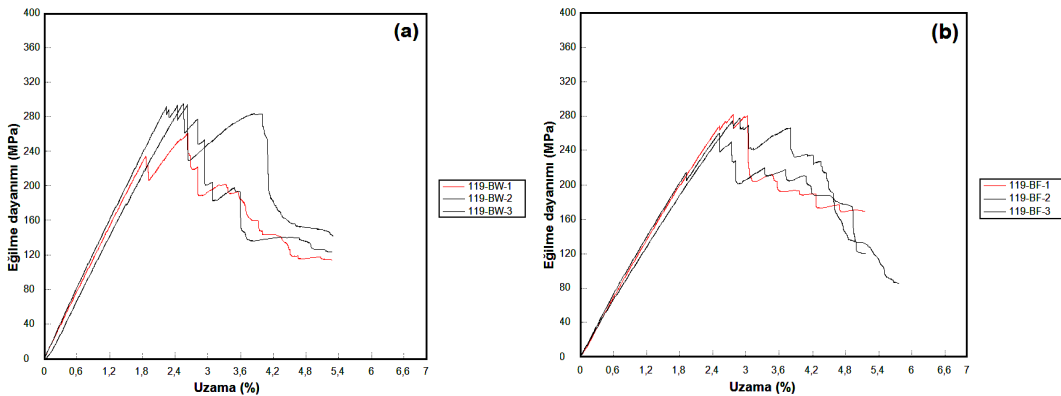
Tablo 3.54’te, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.64 ve 3.65’te, E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri verilmiştir

Tablo 3.54. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) eğilme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN-(sıkı-6 adım/cm) → %5 Silika (nano) [T6-a]						
Çözgü	Ortalama	794.91	3.88	239.12	2.94	9.68
	S.Sapma	23.12	0.12	6.95	0.09	0.85
	% CV	2.91	3.13	2.91	3.13	8.74
Atkı	Ortalama	647.05	4.90	194.64	3.71	8.42
	S.Sapma	93.58	1.41	28.15	1.07	0.94
	% CV	14.46	28.87	14.46	28.87	11.22
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN → %5 Silika (nano) [T6-b]						
Çözgü	Ortalama	767.71	3.80	283.15	2.60	12.84
	S.Sapma	52.78	0.07	19.47	0.05	0.44
	% CV	6.87	1.83	6.87	1.83	3.46
Atkı	Ortalama	741.12	3.98	273.35	2.72	11.24
	S.Sapma	31.82	0.28	11.73	0.19	0.69
	% CV	4.29	6.99	4.29	6.99	6.13



Şekil 3.64. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T6-a].



Şekil 3.65. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T6-b].

3.5. Katlararası Ayrılma Dayanımı Test Sonuçları

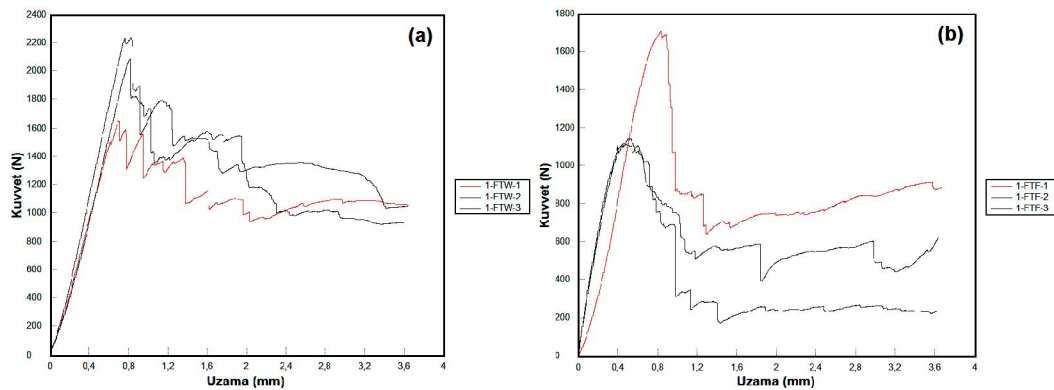
3.5.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar

Tablo 3.55'te, E-cam/Polyester dikişsiz ve dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.66'da, E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.

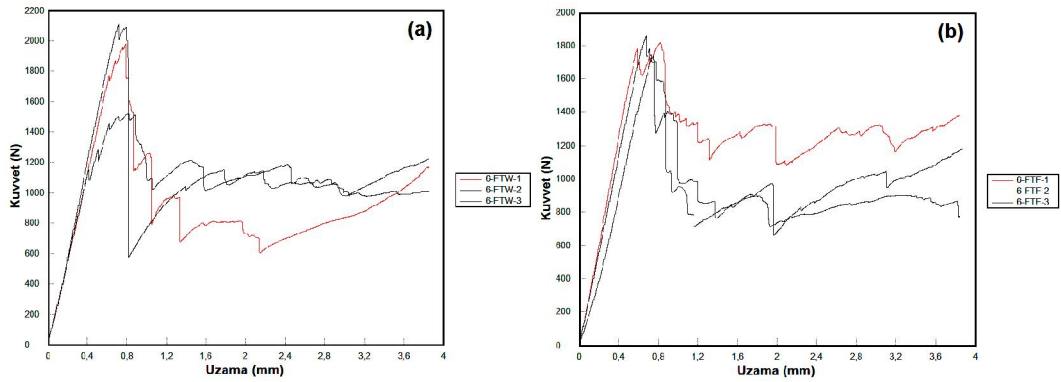
Şekil 3.67 ve 3.68'de, E-cam/Polyester dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.55. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.

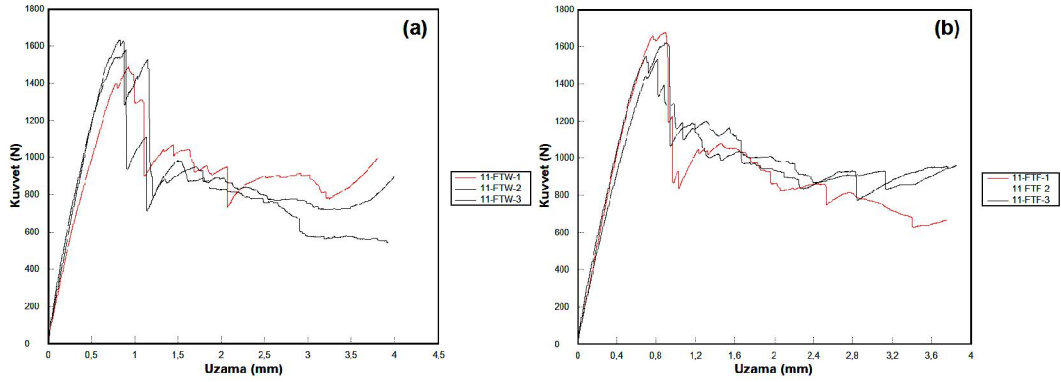
Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)	Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)
2400 TEX -[0/90°]- DİKİŞSİZ [T1-a]							
Çözgü	Ortalama	1991.42	23.60	Atkı	Ortalama	1322.02	15.67
	S.Sapma	302.66	3.59		S.Sapma	332.12	3.94
	% CV	15.20	15.20		% CV	25.12	25.12
2400 TEX -ORYANTASYONLU [1: 0/90°, 2: ±45°, 3: ±45°, 4: 0/90°] [T1-b]							
Çözgü	Ortalama	1869.76	21.22	Atkı	Ortalama	1807.57	20.51
	S.Sapma	309.88	3.52		S.Sapma	59.87	0.68
	% CV	16.57	16.57		% CV	3.31	3.31
2400 TEX -ORYANTASYONLU [1: ±45°, 2: 0/90°, 3: 0/90°, 4: ±45°] [T1-c]							
Çözgü	Ortalama	1565.79	17.47	Atkı	Ortalama	1608.79	17.95
	S.Sapma	71.72	0.80		S.Sapma	72.07	0.80
	% CV	4.58	4.58		% CV	4.48	4.48



Şekil 3.66. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T1-a].



Şekil 3.67. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/oryantasyonlu) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atki yönü [T1-b].



Şekil 3.68. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/oryantasyonlu) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atki yönü [T1-c].

3.5.2. Dikişsiz/Dolgu Kompozit Yapılar

Dikişsiz/Nano Dolgu Kompozit Yapılar

Tablo 3.56'da, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgu kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları verilmiştir.

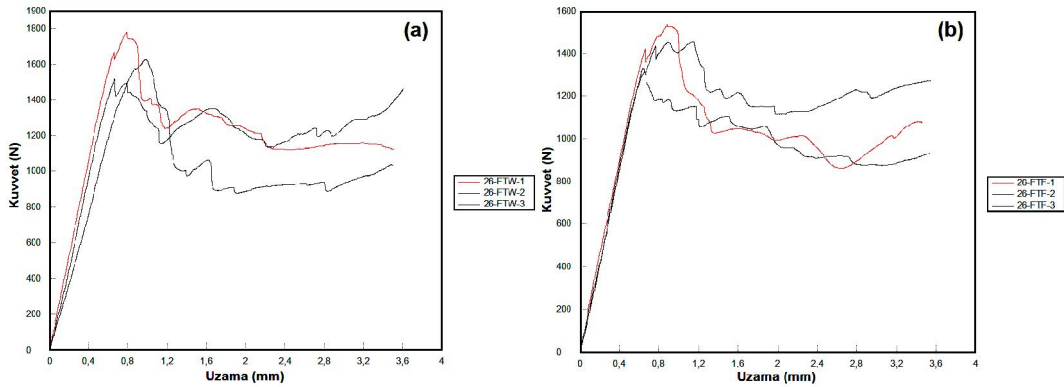
Tablo 3.56. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)	Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Silika (nano) [T2-a]							
Çözgü	Ortalama	1641.40	18.32	Atkı	Ortalama	1436.54	16.03
	S.Sapma	131.77	1.47		S.Sapma	112.37	1.25
	% CV	8.028	8.03		% CV	7.82	7.82

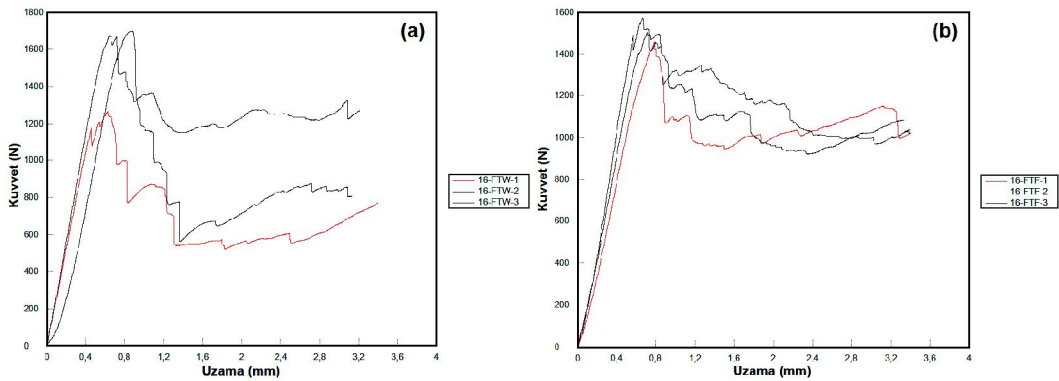
Tablo 3.56'nın devamı.

2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Silika (nano) [T2-b]							
Çözgü	Ortalama	1545.13	18.24	Atkı	Ortalama	1512.68	17.85
	S.Sapma	245.48	2.90		S.Sapma	57.25	0.68
	% CV	15.89	15.89		% CV	3.78	3.78
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Silika (nano) [T2-c]							
Çözgü	Ortalama	1898.16	23.05	Atkı	Ortalama	1651.54	20.05
	S.Sapma	117.67	1.43		S.Sapma	182.74	2.22
	% CV	6.20	6.20		% CV	11.07	11.07
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Karbon (nano) [T2-d]							
Çözgü	Ortalama	1361.53	16.94	Atkı	Ortalama	1252.85	15.59
	S.Sapma	85.78	1.07		S.Sapma	96.034	1.20
	% CV	6.30	6.30		% CV	7.67	7.67

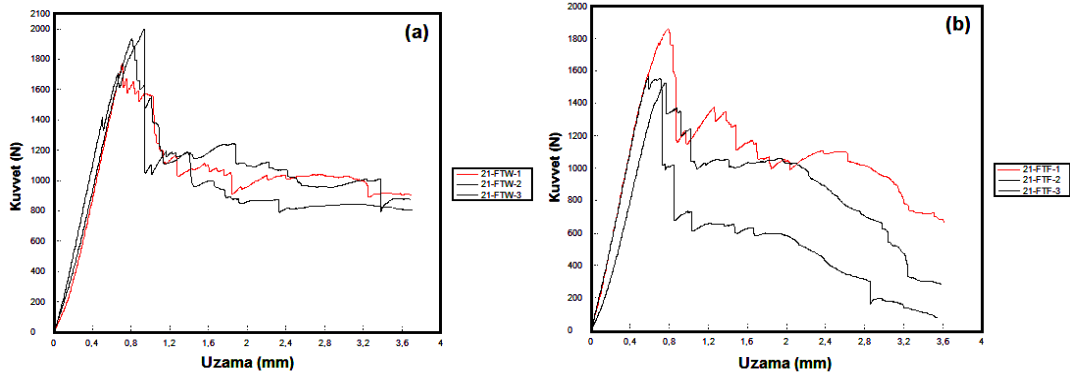
Şekil 3.69, 3.70, 3.71 ve 3.72'de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.



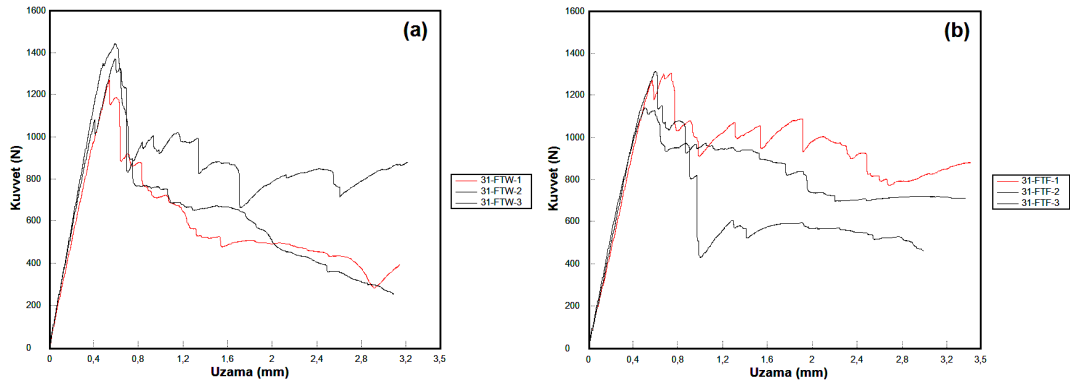
Şekil 3.69. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-a].



Şekil 3.70. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-b].



Şekil 3.71. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-c].



Şekil 3.72. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-d].

3.5.3. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Tablo 3.57’de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları verilmiştir.

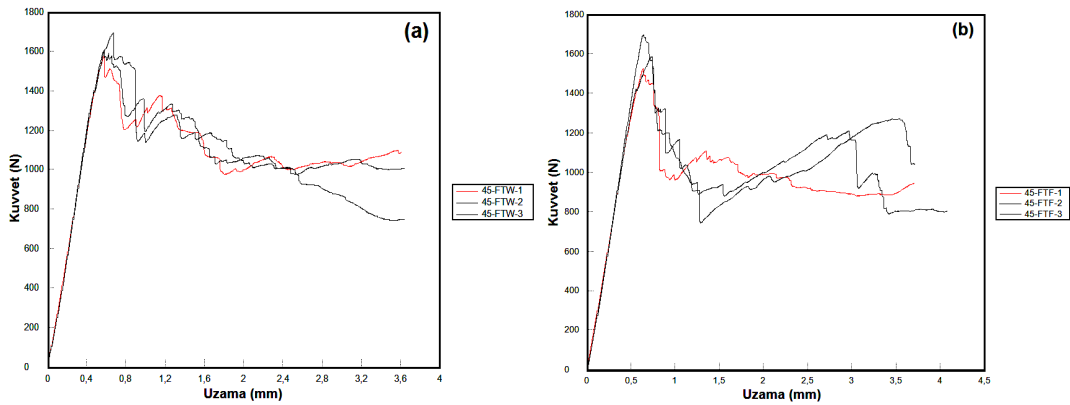
Tablo 3.57. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)	Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-a]							
Çözgü	Ortalama	1625.41	19.21	Atkı	Ortalama	1600.94	18.92
	S.Sapma	61.84	0.73		S.Sapma	87.73	1.04
	% CV	3.81	3.81		% CV	5.48	5.48

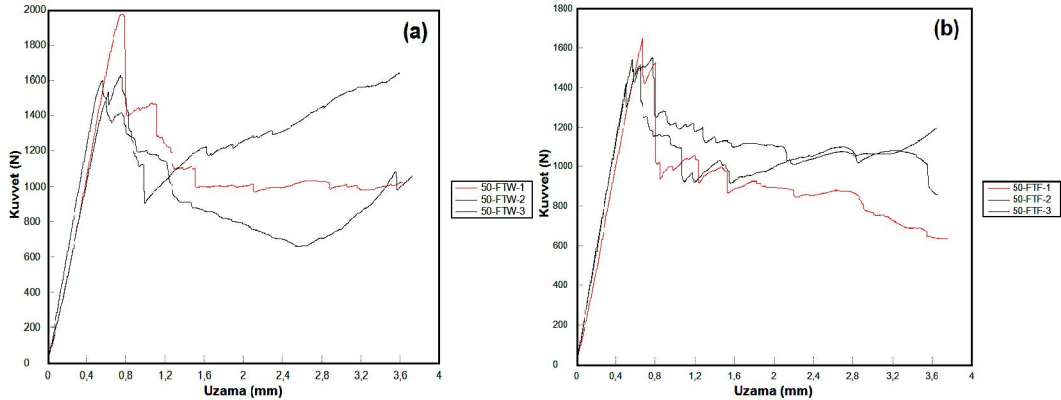
Tablo 3.57'nin devamı.

2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-b]							
Çözgü	Ortalama	1736.39	19.91	Atkı	Ortalama	1579.48	18.11
	S.Sapma	205.44	2.36		S.Sapma	56.54	0.65
	% CV	11.83	11.83		% CV	3.58	3.58
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN- (gevşek-2 adım/cm) [T4-c]							
Çözgü	Ortalama	1500.24	16.68	Atkı	Ortalama	1628.21	18.10
	S.Sapma	196.29	2.18		S.Sapma	98.36	1.09
	% CV	13.08	13.08		% CV	6.04	6.04

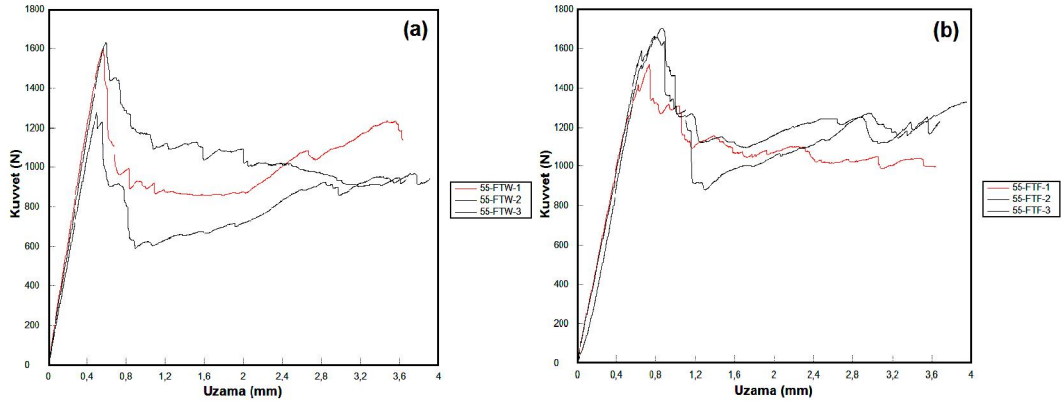
Şekil 3.73, 3.74 ve 3.75'te, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.73. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet-uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-a].



Şekil 3.74. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet-uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-b].



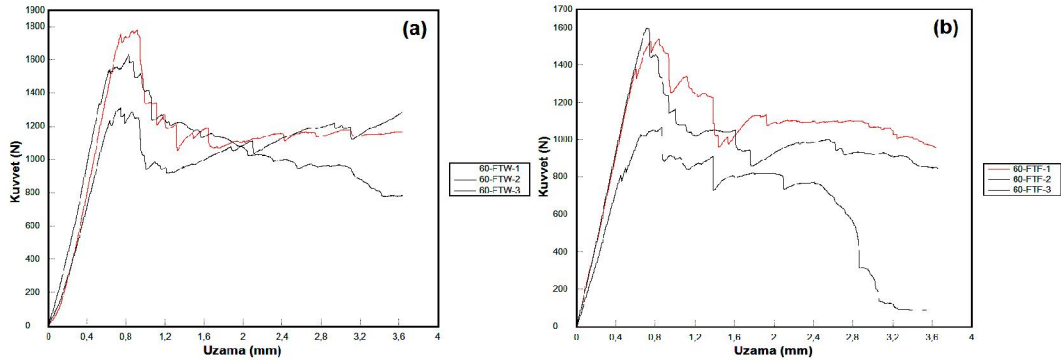
Şekil 3.75. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet-uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-c].

Tablo 3.58'de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları verilmiştir.

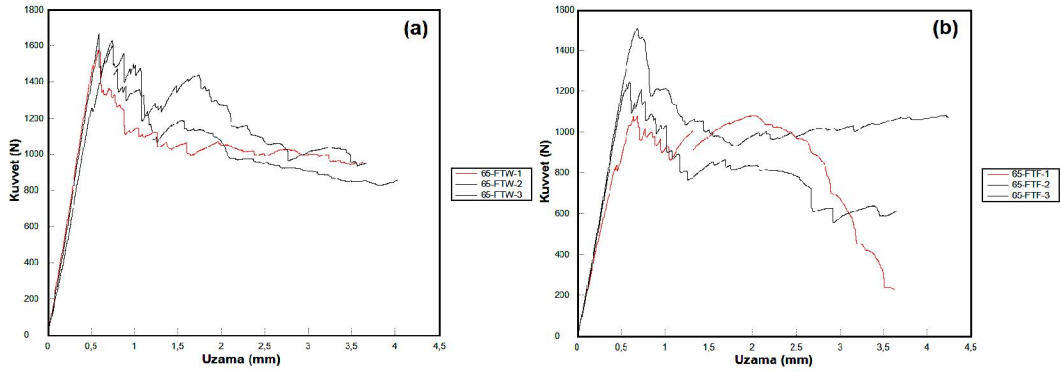
Tablo 3.58. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)	Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-d]							
Çözgü	Ortalama	1575.17	19.63	Atkı	Ortalama	1402.78	17.48
	S.Sapma	239.94	2.99		S.Sapma	292.68	3.65
	% CV	15.23	15.23		% CV	20.86	20.86
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-e]							
Çözgü	Ortalama	1613.02	18.78	Atkı	Ortalama	1277.36	14.87
	S.Sapma	47.84	0.56		S.Sapma	215.86	2.51
	% CV	2.97	2.97		% CV	16.90	16.90
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN – (sıkı-6 adım/cm) [T4-f]							
Çözgü	Ortalama	1747.39	18.72	Atkı	Ortalama	1556.43	16.68
	S.Sapma	66.26	0.71		S.Sapma	217.69	2.33
	% CV	3.79	3.79		% CV	13.99	13.99

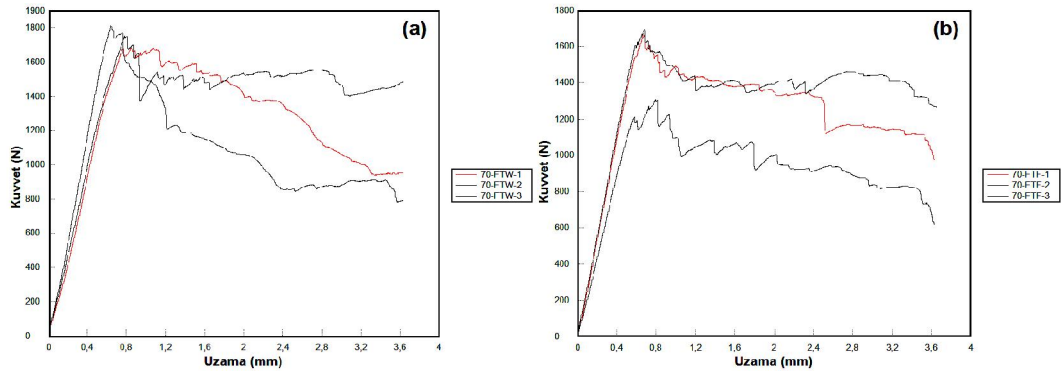
Şekil 3.76, 3.77 ve 3.78'de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.76. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet-uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-d].



Şekil 3.77. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet-uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-e].

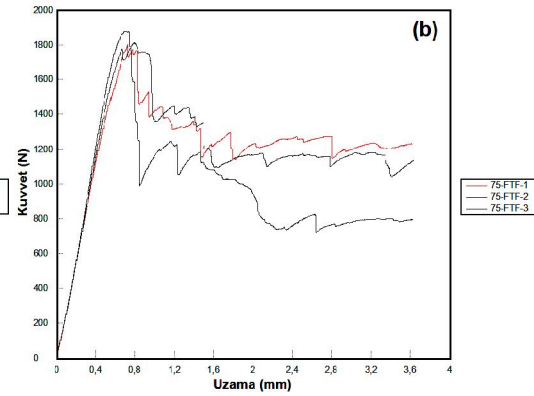
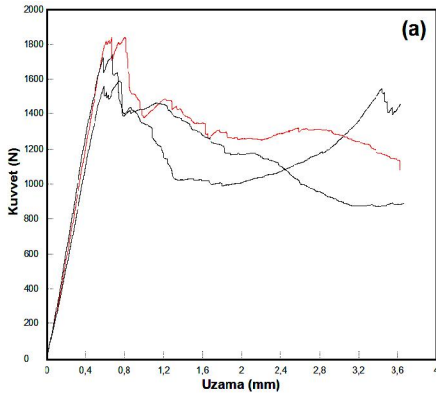


Şekil 3.78. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet-uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-f].

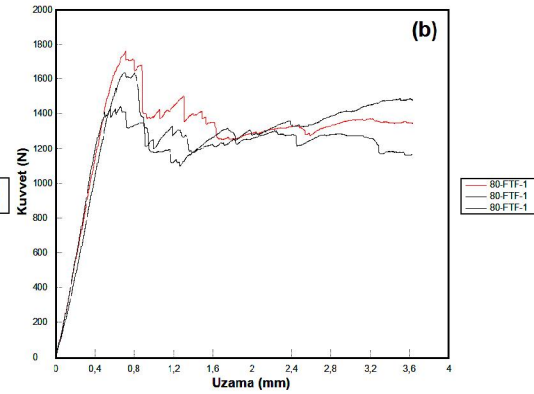
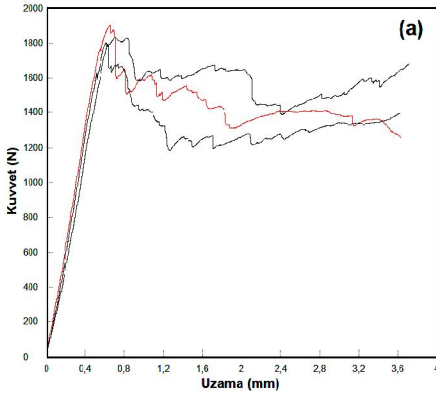
Tablo 3.59’da, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (Kevlar®129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.79, 3.80 ve 3.81’de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar®129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.59. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar®129 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.

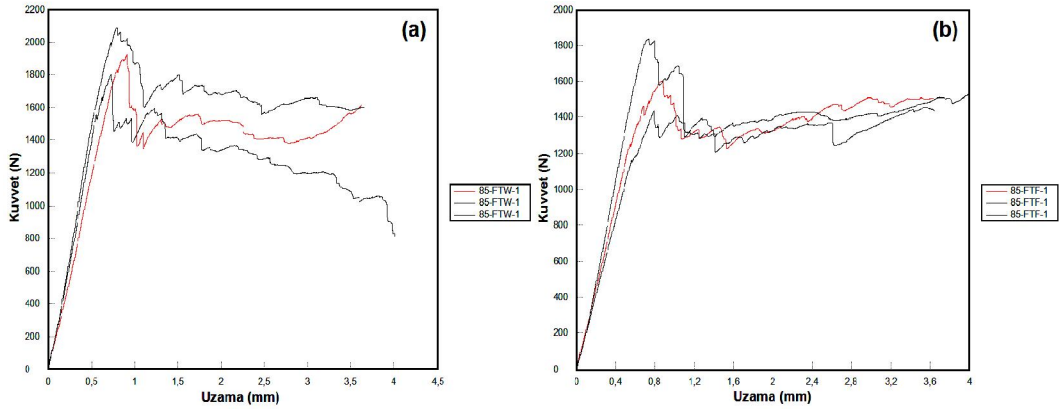
Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)	Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR®129- TEK YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-g]							
Çözgü	Ortalama	1724.17	19.56	Atkı	Ortalama	1832.93	20.79
	S.Sapma	125.35	1.42		S.Sapma	41.07	0.47
	% CV	7.27	7.27		% CV	2.24	2.24
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR®129- İKİ YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-h]							
Çözgü	Ortalama	1847.60	19.36	Atkı	Ortalama	1612.47	16.90
	S.Sapma	50.50	0.53		S.Sapma	161.04	1.69
	% CV	2.73	2.73		% CV	9.99	9.99
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR®129- DÖRT YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-i]							
Çözgü	Ortalama	1939.82	19.66	Atkı	Ortalama	1628.95	16.51
	S.Sapma	142.55	1.45		S.Sapma	210.47	2.13
	% CV	7.35	7.35		% CV	12.92	12.92



Şekil 3.79. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar®129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet-uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-g].



Şekil 3.80. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar®129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet-uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-h].



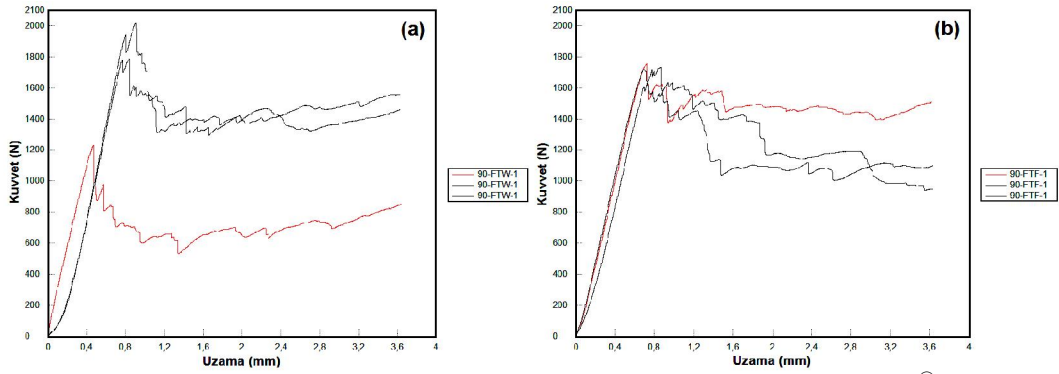
Şekil 3.81. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet-uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-i].

Tablo 3.60'da, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların (Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları verilmiştir.

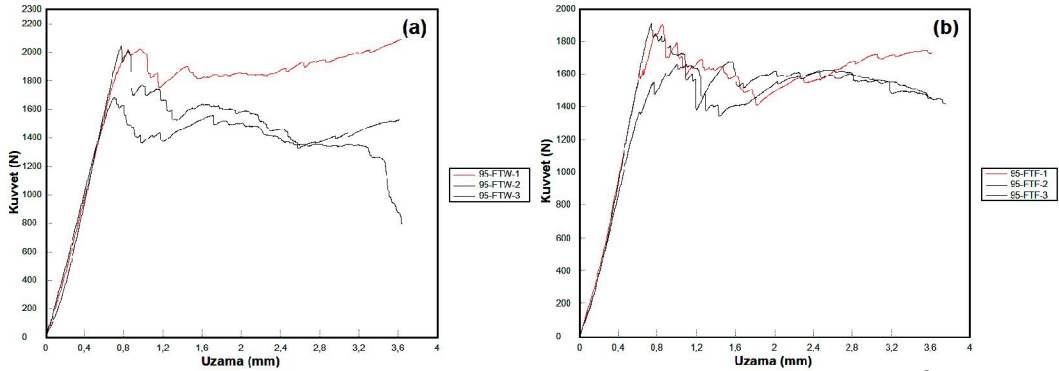
Tablo 3.60. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)	Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN- (sıkı-6 adım/cm) [T4-j]							
Çözümlü	Ortalama	1676.43	18.92	Atkı	Ortalama	1733.16	19.56
	S.Sapma	405.43	4.58		S.Sapma	20.49	0.23
	% CV	24.18	24.18		% CV	1.18	1.18
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN- (sıkı-6 adım/cm) [T4-k]							
Çözümlü	Ortalama	1915.17	19.40	Atkı	Ortalama	1821.92	18.46
	S.Sapma	200.03	2.03		S.Sapma	142.05	1.44
	% CV	10.44	10.44		% CV	7.80	7.80
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN- (sıkı-6 adım/cm) [T4-l]							
Çözümlü	Ortalama	1751.30	17.16	Atkı	Ortalama	1777.83	17.42
	S.Sapma	406.58	3.98		S.Sapma	107.12	1.05
	% CV	23.22	23.22		% CV	6.03	6.03

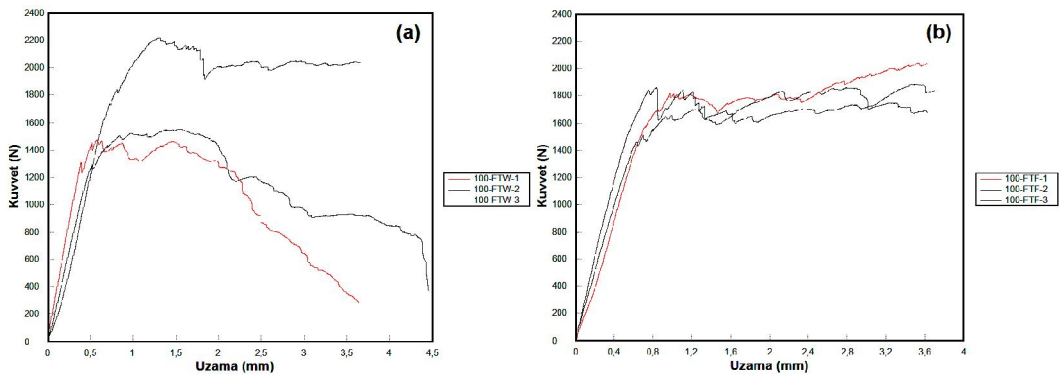
Şekil 3.82 ve 3.83'te sırasıyla, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) ve (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir. Şekil 3.84'te, E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet-uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.82. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet-uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-j].



Şekil 3.83. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet-uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-k].



Şekil 3.84. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet-uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T4-l].

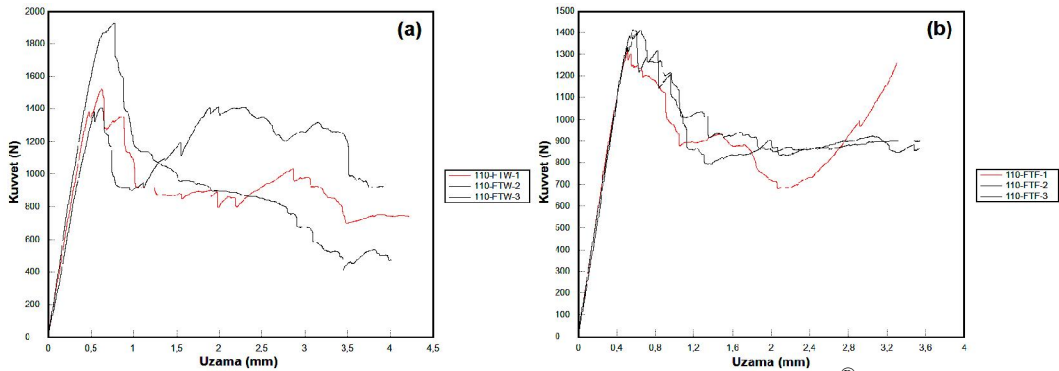
El Dikişli Kompozit Yapılar

Tablo 3.61’de, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapıların (Kevlar® 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.85, 3.86 ve 3.87’de, E-

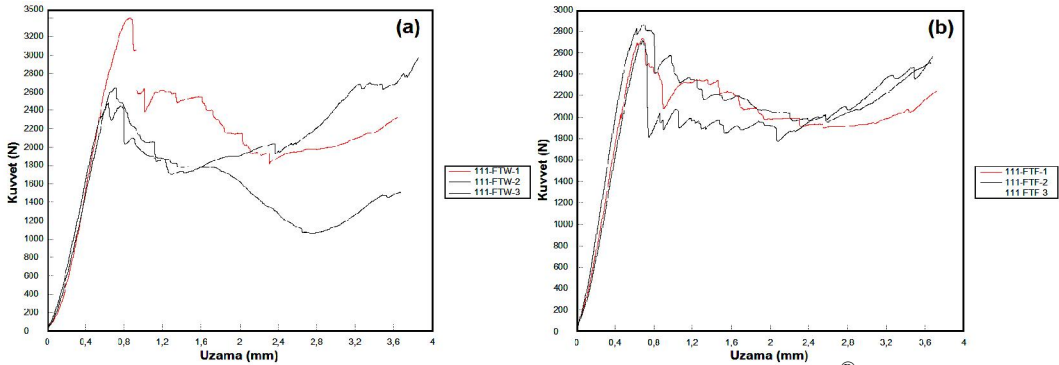
cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.61. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.

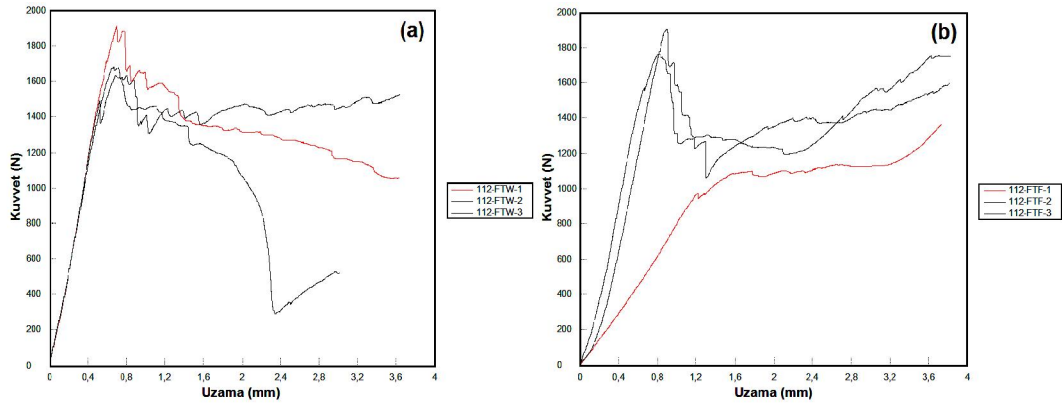
Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)	Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR[®] 129- TEK YÖN [T5-a]							
Çözgü	Ortalama	1620.21	17.67	Atkı	Ortalama	1379.48	15.05
	S.Sapma	267.64	2.92		S.Sapma	57.18	0.62
	% CV	16.52	16.52		% CV	4.15	4.15
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR[®] 129- İKİ YÖN [T5-b]							
Çözgü	Ortalama	2846.56	25.40	Atkı	Ortalama	2769.43	24.71
	S.Sapma	491.02	4.38		S.Sapma	78.54	0.70
	% CV	17.25	17.25		% CV	2.84	2.84
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR[®] 129- DÖRT YÖN [T5-c]							
Çözgü	Ortalama	1743.19	18.11	Atkı	Ortalama	1678.81	17.44
	S.Sapma	150.40	1.56		S.Sapma	279.49	2.90
	% CV	8.63	8.63		% CV	16.65	16.65



Şekil 3.85. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-a].



Şekil 3.86. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-b].



Şekil 3.87. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Kevlar® 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-c].

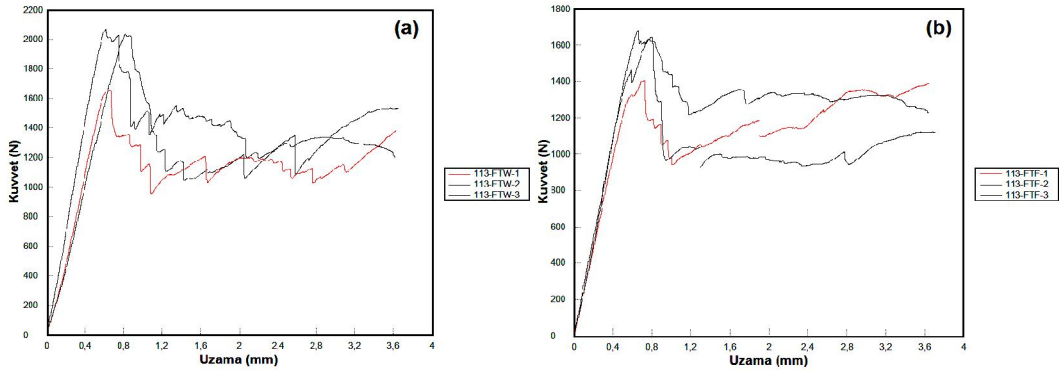
Tablo 3.62’de, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapıların (E-cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.62. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.

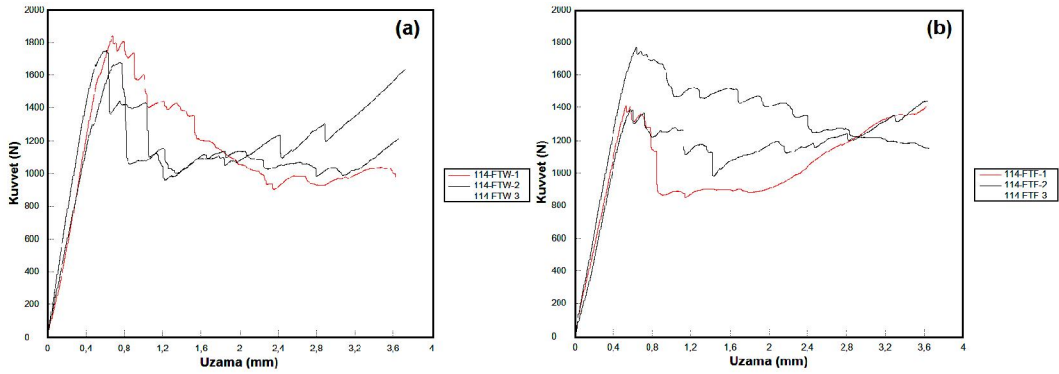
Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)	Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX- TEK YÖN [T5-d]							
Çözgü	Ortalama	1921.62	20.09	Atkı	Ortalama	1576.05	16.48
	S.Sapma	229.09	2.40		S.Sapma	149.61	1.56
	% CV	11.922	11.92		% CV	9.49	9.49
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - İKİ YÖN [T5-e]							
Çözgü	Ortalama	1757.93	18.207	Atkı	Ortalama	1528.97	15.84
	S.Sapma	79.06	0.819		S.Sapma	207.97	2.15
	% CV	4.50	4.497		% CV	13.60	13.60
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - DÖRT YÖN [T5-f]							
Çözgü	Ortalama	2645.35	20.75	Atkı	Ortalama	2394.82	18.78
	S.Sapma	58.59	0.46		S.Sapma	169.46	1.33
	% CV	2.22	2.22		% CV	7.08	7.08

Şekil 3.88’de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/tek yön/E-Cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.

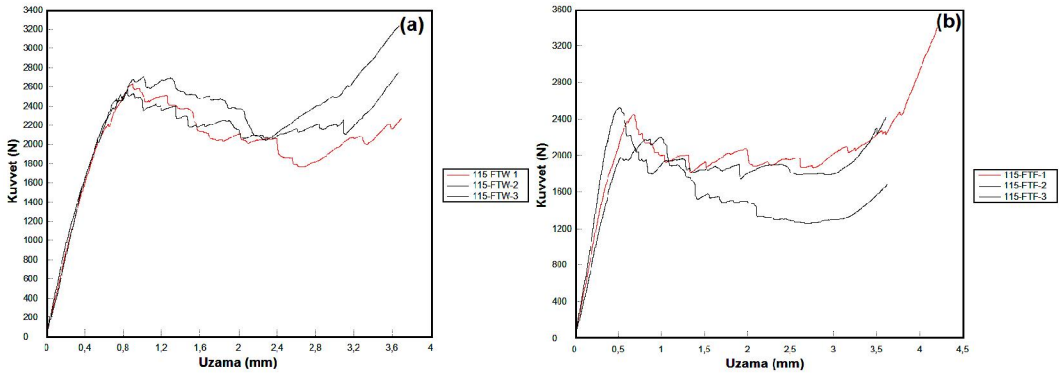
Şekil 3.89 ve 3.90’da, E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/iki yön/E-Cam 600 tex dikiş ipliği) ve (el dikişli/dört yön/E-Cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.88. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-Cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü [T5-d].



Şekil 3.89. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-Cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü [T5-e].

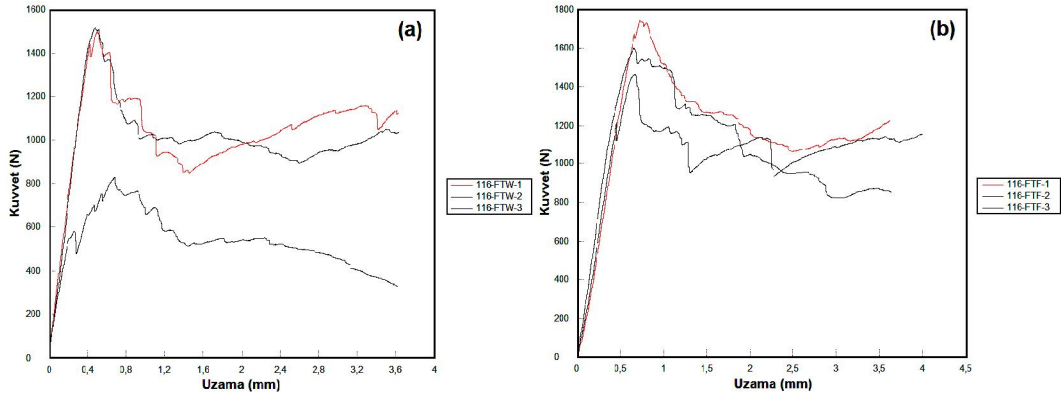


Şekil 3.90. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/E-Cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözüğü yönü, (b); atkı yönü [T5-f].

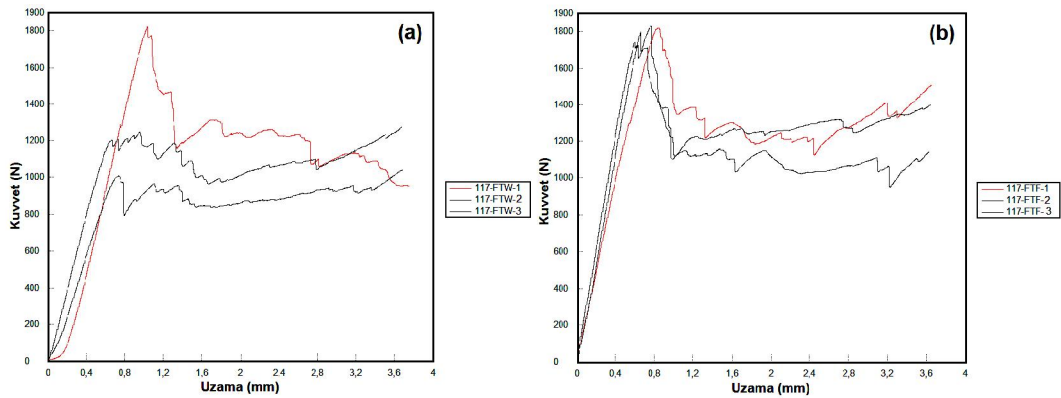
Tablo 3.63'te, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapıların (Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.91, 3.92 ve 3.93'de, E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.63. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.

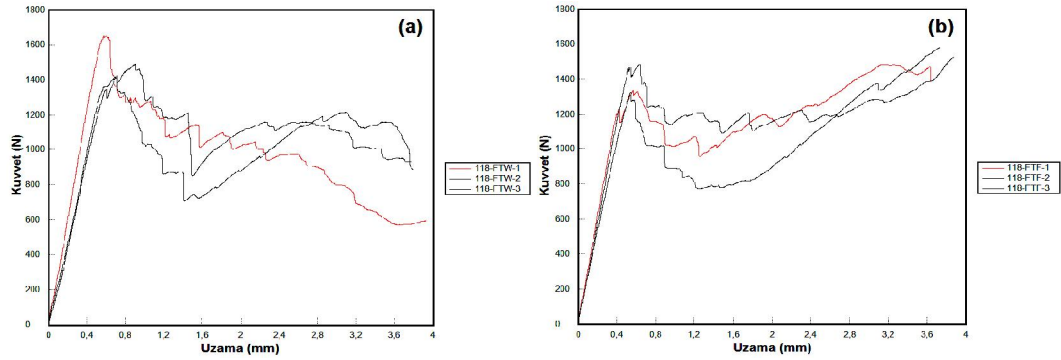
Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)	Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON- TEK YÖN [T5-g]							
Çözgü	Ortalama	1281.47	13.86	Atkı	Ortalama	1601.16	17.31
	S.Sapma	391.08	4.23		S.Sapma	140.83	1.52
	% CV	30.52	30.52		% CV	8.80	8.80
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON - İKİ YÖN [T5-h]							
Çözgü	Ortalama	1362.24	15.38	Atkı	Ortalama	1798.81	20.31
	S.Sapma	416.22	4.70		S.Sapma	45.45	0.51
	% CV	30.55	30.55		% CV	2.53	2.53
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON - DÖRT YÖN [T5-i]							
Çözgü	Ortalama	1518.87	16.93	Atkı	Ortalama	1385.28	15.44
	S.Sapma	117.40	1.31		S.Sapma	86.96	0.97
	% CV	7.73	7.73		% CV	6.28	6.28



Şekil 3.91. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-g].



Şekil 3.92. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-h].



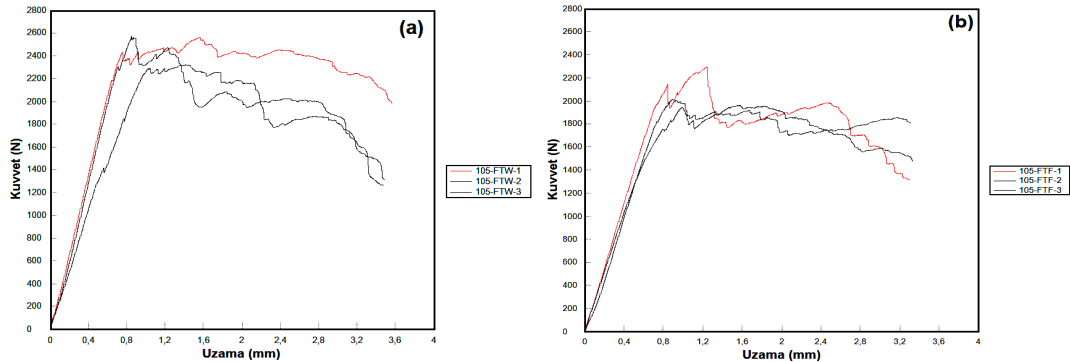
Şekil 3.93. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T5-i].

3.5.4. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

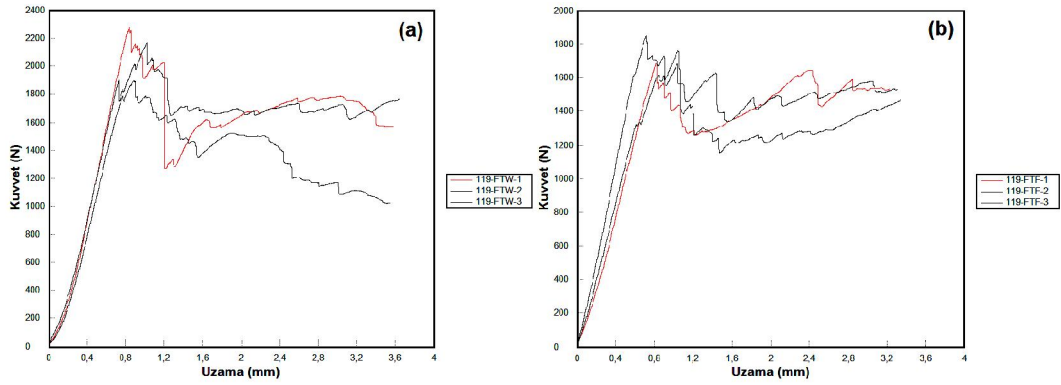
Tablo 3.64'te, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.94 ve 3.95'te, E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.64. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)	Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN-(sıkı-6 adım/cm) → %5 Silika (nano) [T6-a]							
Çözgü	Ortalama	2482.15	23.21	Atkı	Ortalama	2089.32	19.54
	S.Sapma	144.50	1.35		S.Sapma	177.26	1.66
	% CV	5.82	5.82		% CV	8.48	8.48
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN → %5 Silika (nano) [T6-b]							
Çözgü	Ortalama	2113.55	21.88	Atkı	Ortalama	1767.97	18.30
	S.Sapma	194.49	2.01		S.Sapma	81.38	0.84
	% CV	9.20	9.20		% CV	4.60	4.60



Şekil 3.94. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T6-a].



Şekil 3.95. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T6-b].

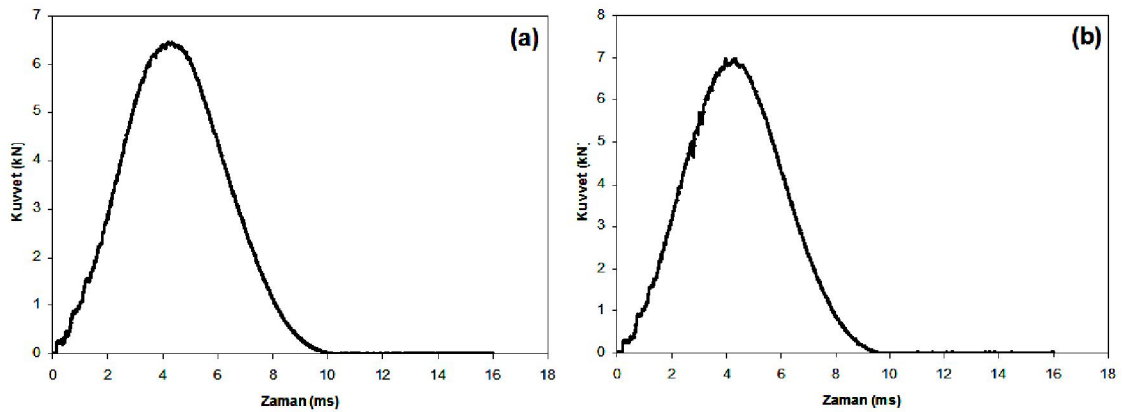
3.6. Düşük Hızda Darbe (Drop) Test Sonuçları

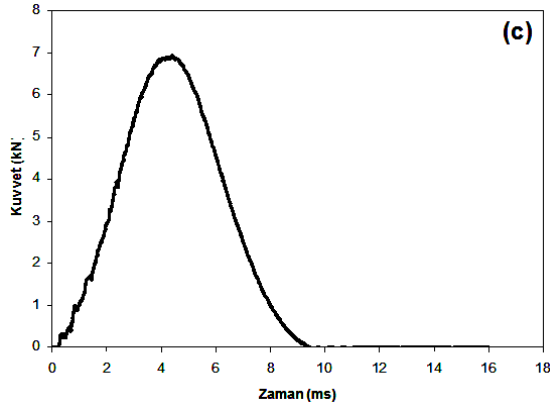
3.6.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar

Tablo 3.65 ve Şekil 3.96'da sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz ve dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapıların drop test sonuçları ve kuvvet-zaman grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.65. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) drop test sonuçları.

Kod	Düşme kuvveti (kN)	Temas süresi (ms)	Bozunan alan	
			Ön yüz (mm ²)	Arka yüz (mm ²)
2400 TEX -[0/90°]- DİKİŞSİZ [T1-a]				
DROP-1	6.45	10.16	499.49	490.21
2400 TEX - ORYANTASYONLU [1: 0/90°, 2: ±45°, 3: ±45°, 4: 0/90°] [T1-b]				
DROP-6	6.97	9.67	617.07	587.42
2400 TEX - ORYANTASYONLU [1: ±45°, 2: 0/90°, 3: 0/90°, 4: ±45°] [T1-c]				
DROP-11	6.92	9.47	700.61	770.49





Şekil 3.96. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu) kuvvet-zaman grafikleri, (a); [T1-a], (b); [T1-b], (c); [T1-c].

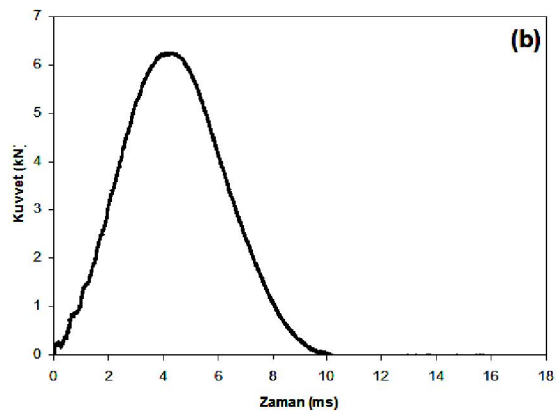
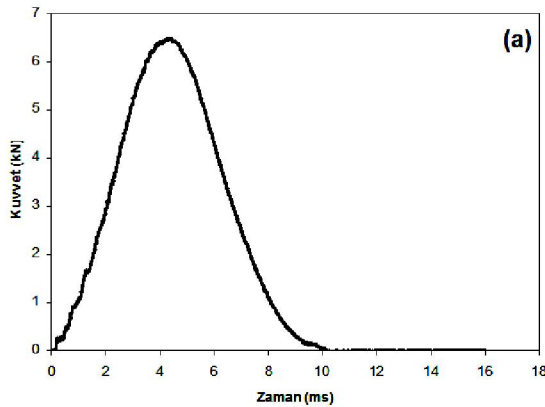
3.6.2. Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

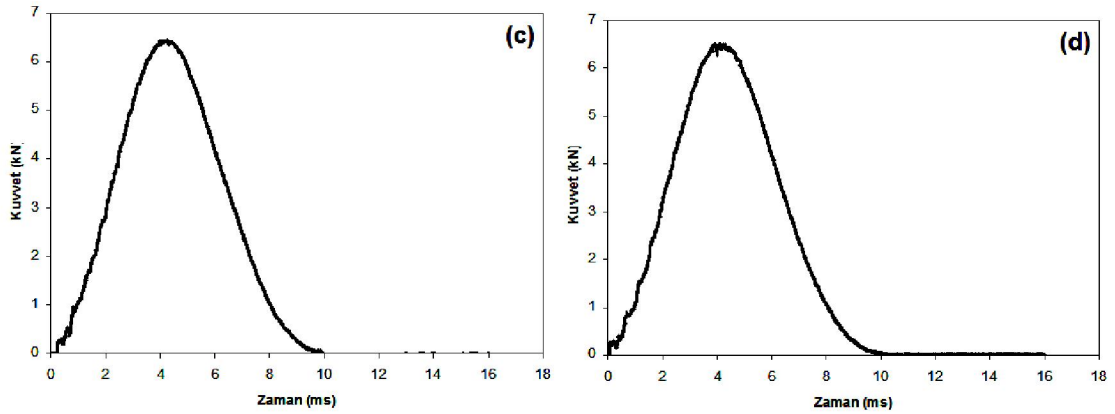
3.6.2.1. Dikişsiz/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Tablo 3.66 ve Şekil 3.97’de sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların drop test sonuçları ve kuvvet-zaman grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.66. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) drop test sonuçları.

Kod	Düşme kuvveti (kN)	Temas süresi (ms)	Bozunan alan	
			Ön yüz (mm ²)	Arka yüz (mm ²)
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Silika (nano) [T2-a]				
DROP-26	6.47	10.26	374.81	494.33
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Silika (nano) [T2-b]				
DROP-16	6.25	10.20	129.06	467.13
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Silika (nano) [T2-c]				
DROP-21	6.43	9.97	480.09	572.37
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Karbon (nano) [T2-d]				
DROP-31	6.50	10.35	34.74	190.76





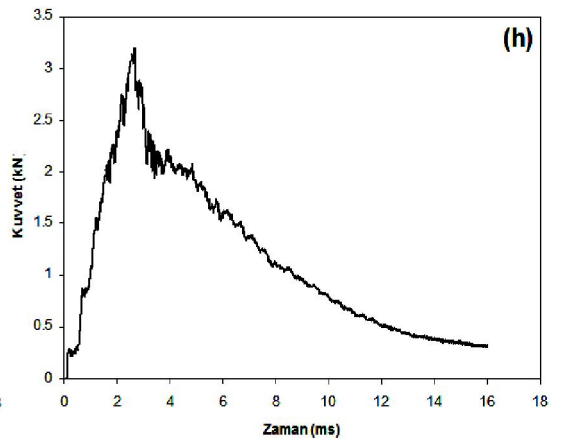
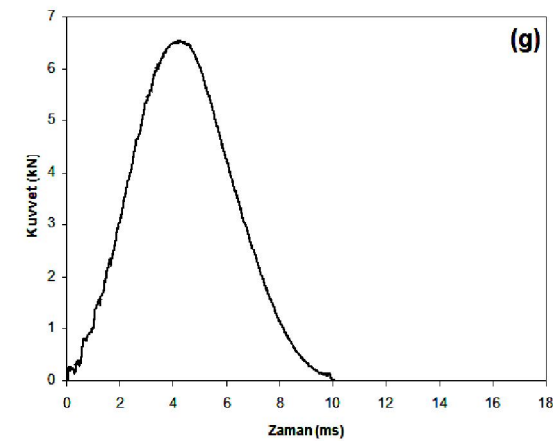
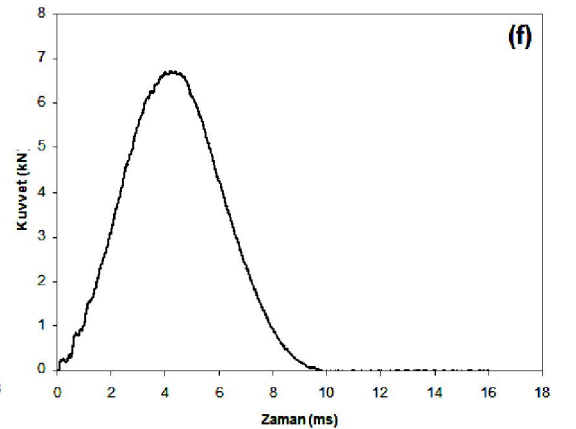
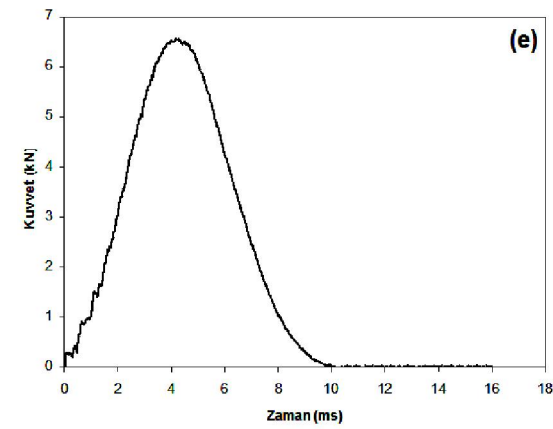
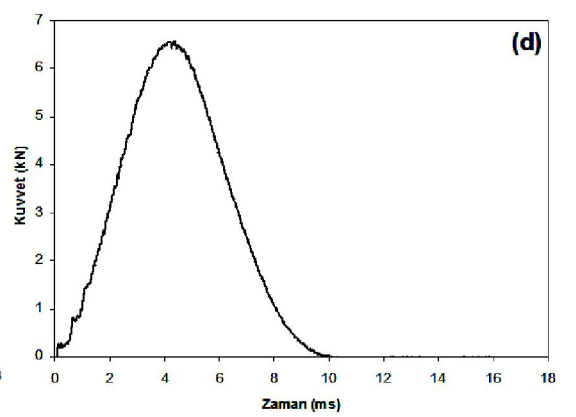
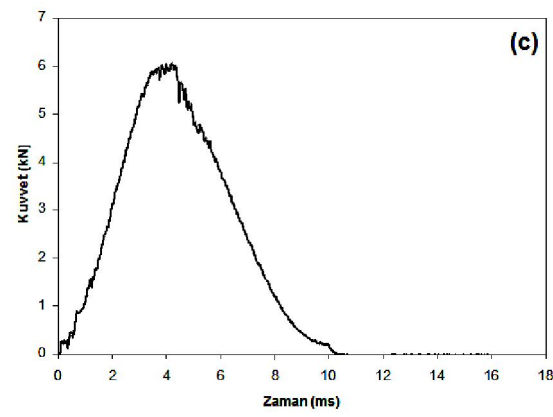
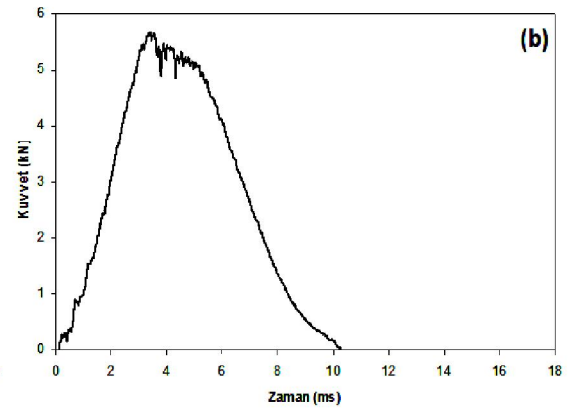
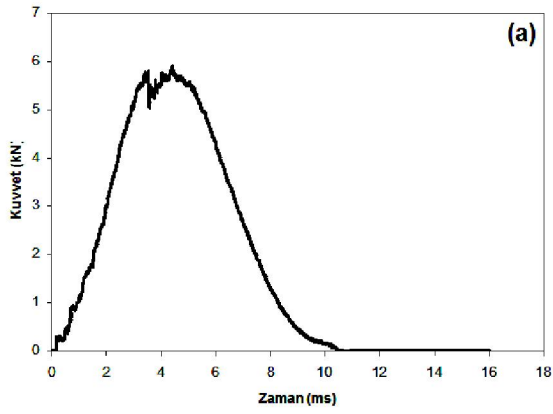
Şekil 3.97. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/nano) kuvvet-zaman grafikleri, (a); [T2-a], (b); [T2-b], (c); [T2-c], (d); [T2-d].

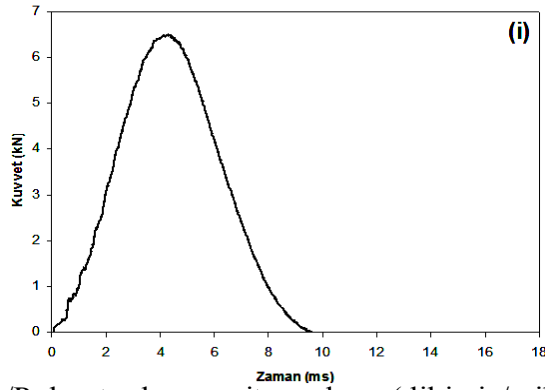
3.6.2.2. Dikişsiz/Mikro Dolgulu Kompozit Yapılar

Tablo 3.67’de, E-cam/Polyester dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların drop test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.98’de, E-cam/Polyester dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların drop test kuvvet-zaman grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.67. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/mikro) drop test sonuçları.

Kod	Düşme kuvveti (kN)	Temas süresi (ms)	Bozunan alan	
			Ön yüz (mm ²)	Arka yüz (mm ²)
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Silisyum Karbür (mikro) [T3-a25]				
DROP-36	5.90	10.63	521.83	850.42
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Silisyum Karbür (mikro) [T3-a]				
DROP-37	5.68	10.49	422.94	466.79
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Silisyum Karbür (mikro) [T3-a75]				
DROP-38	6.08	10.51	381.09	642.94
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %2.5 Kalsiyum Silikat (mikro) [T3-b25]				
DROP-39	6.58	10.11	327.55	637.63
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Kalsiyum Silikat (mikro) [T3-b]				
DROP-40	6.56	10.11	179.03	733.36
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %7.5 Kalsiyum Silikat (mikro) [T3-b75]				
DROP-41	6.72	9.83	232.76	564.32
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Bor Karbür (mikro) [T3-c]				
DROP-42	6.54	10.08	286.13	571.90
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Titanyum Borür (mikro) [T3-d]				
DROP-43	3.19 (delindi)	-	370.85 (delindi)	373.63 (delindi)
2400 TEX- DİKİŞSİZ → %5 Karbon (mikro) [T3-e]				
DROP-44	6.51	9.63	59.99	60.73





Şekil 3.98. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz/mikro) kuvvet-zaman grafikleri, (a); [T3-a25], (b); [T3-a], (c); [T3-a75], (d); [T3-b25], (e); [T3-b], (f); [T3-b75], (g); [T3-c], (h); [T3-d], (i); [T3-e].

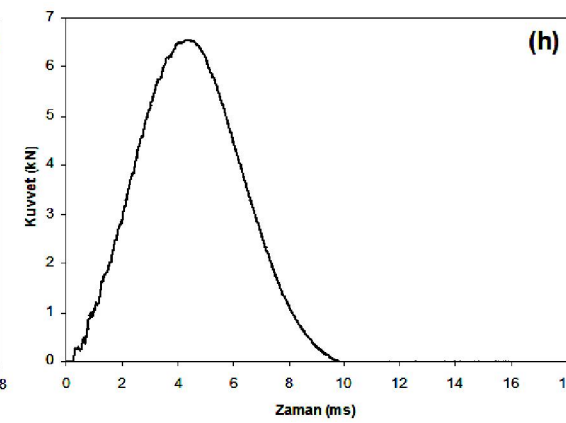
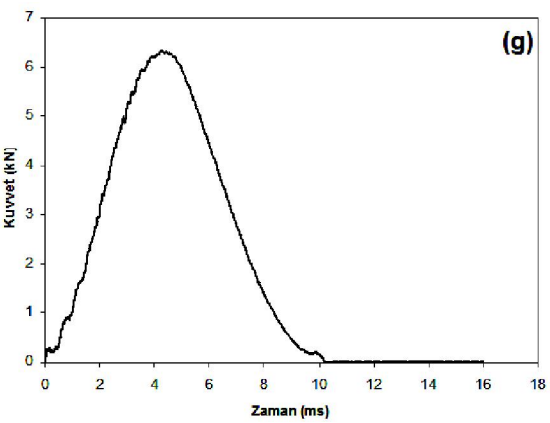
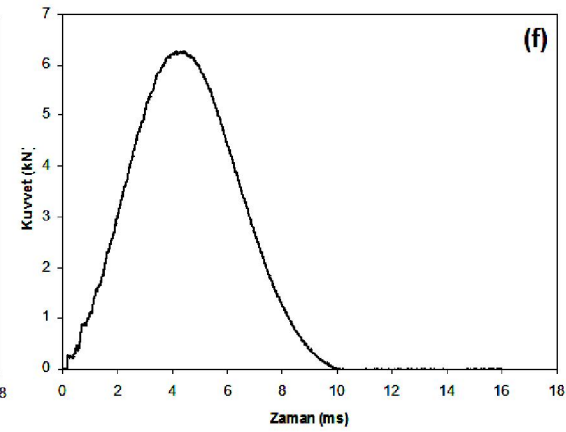
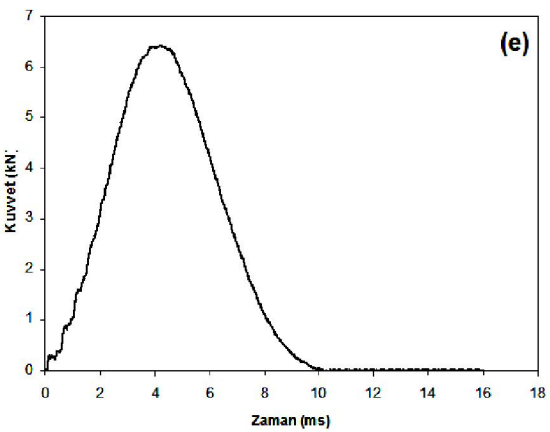
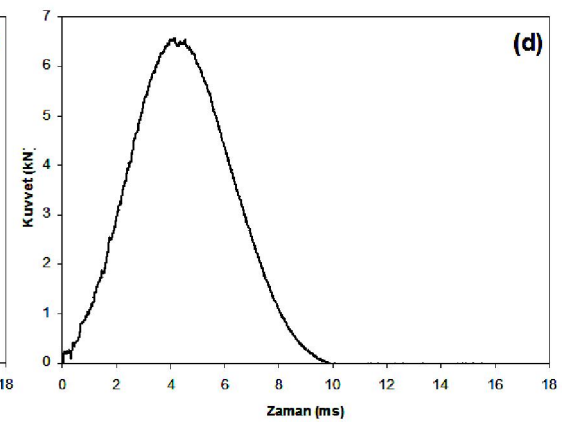
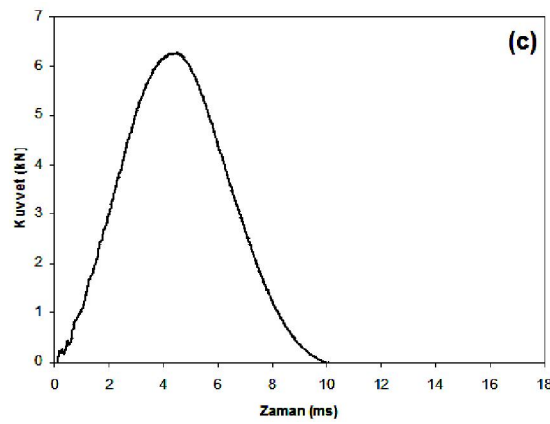
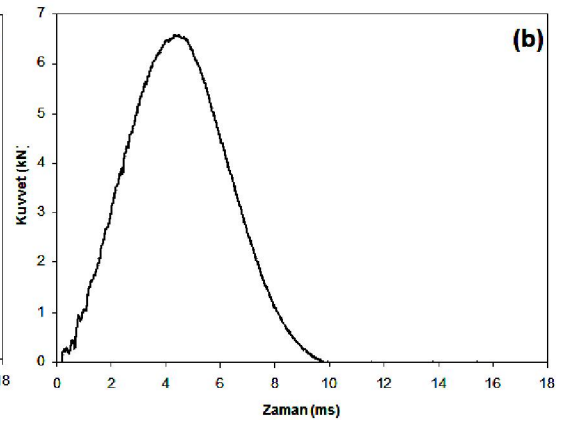
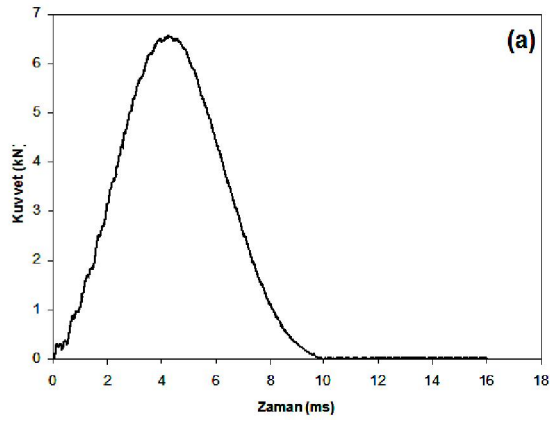
3.6.3. Dikişli Kompozit Yapılar

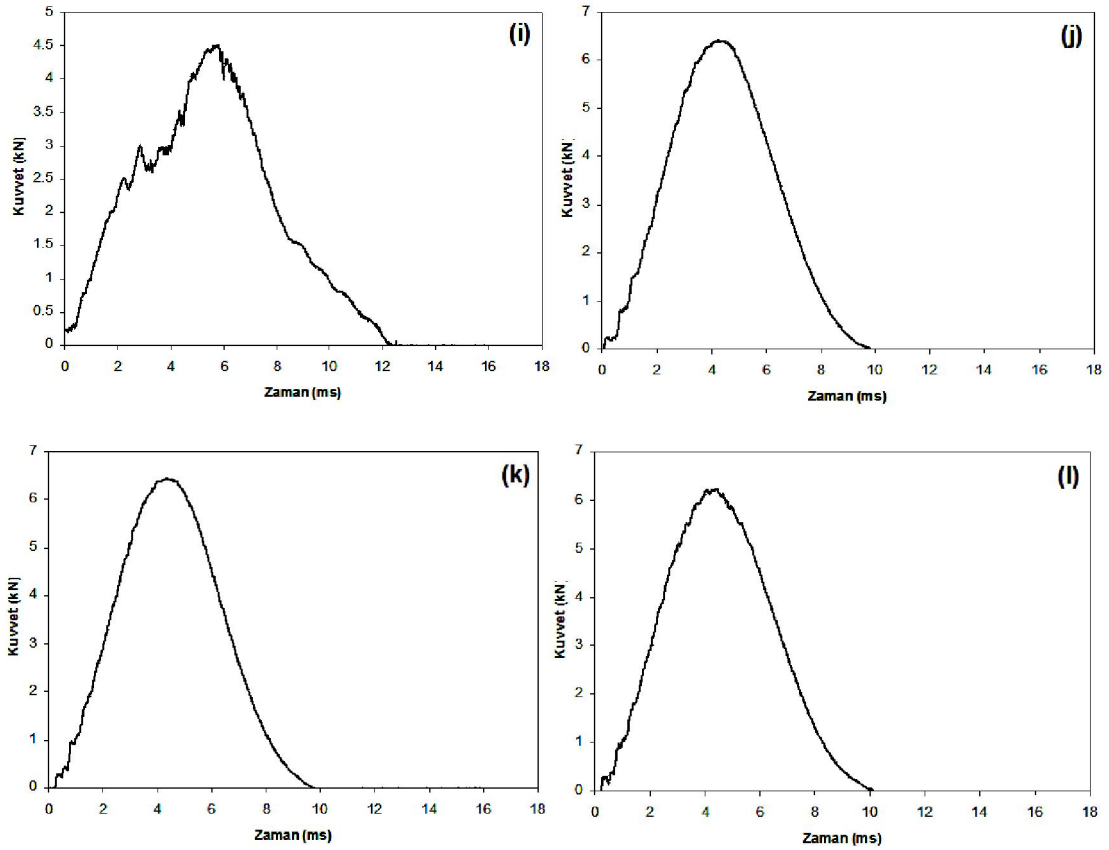
3.6.3.1. Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Tablo 3.68 ve Şekil 3.99’da sırasıyla, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların drop test sonuçları ve kuvvet-zaman grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.68. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli) drop test sonuçları.

Kod	Düşme kuvveti (kN)	Temas süresi (ms)	Bozunan alan	
			Ön yüz (mm ²)	Arka yüz (mm ²)
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-a]				
DROP-45	6.57	10.00	502.66	562.45
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-b]				
DROP-50	6.59	9.94	299.36	491.53
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-c]				
DROP-55	6.28	10.04	429.16	550.29
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- TEK YÖN - (sıkı-6 adım/cm) [T4-d]				
DROP-60	6.57	10.07	368.28	602.03
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- İKİ YÖN - (sıkı-6 adım/cm) [T4-e]				
DROP-65	6.44	10.22	421.22	330.40
2400 TEX- DİKİŞLİ → NYLON 6.6- DÖRT YÖN - (sıkı-6 adım/cm) [T4-f]				
DROP-70	6.27	10.14	397.99	474.91
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-g]				
DROP-75	6.34	10.27	446.88	522.38
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-h]				
DROP-80	6.57	9.79	258.84	614.59
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN - (gevşek-2 adım/cm) [T4-i]				
DROP-85	4.53 (hasarlı numune)	12.50	171.68	267.56
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN - (sıkı-6 adım/cm) [T4-j]				
DROP-90	6.42	9.85	340.09	473.93
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN - (sıkı-6 adım/cm) [T4-k]				
DROP-95	6.46	9.79	358.36	447.60
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN - (sıkı-6 adım/cm) [T4-l]				
DROP-100	6.24	10.31	297.95	218.28





Şekil 3.99. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli) kuvvet-zaman grafikleri, (a); [T4-a], (b); [T4-b], (c); [T4-c], (d); [T4-d], (e); [T4-e], (f); [T4-f], (g); [T4-g], (h); [T4-h], (i); [T4-i], (j); [T4-j], (k); [T4-k], (l); [T4-l].

3.6.3.2. El Dikişli Kompozit Yapılar

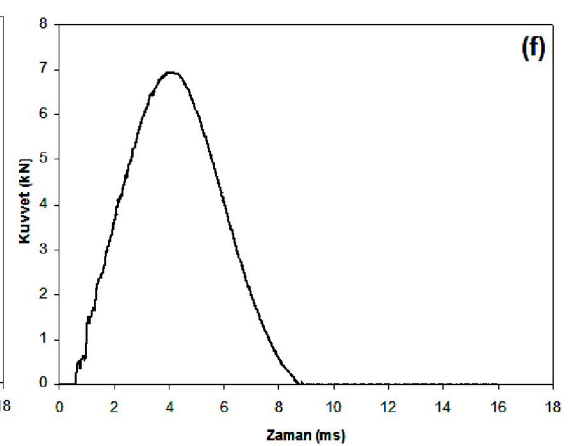
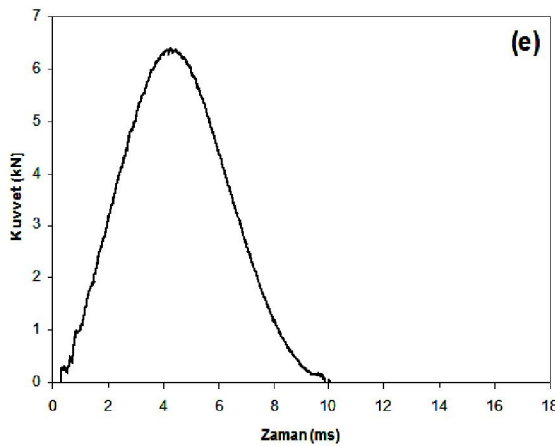
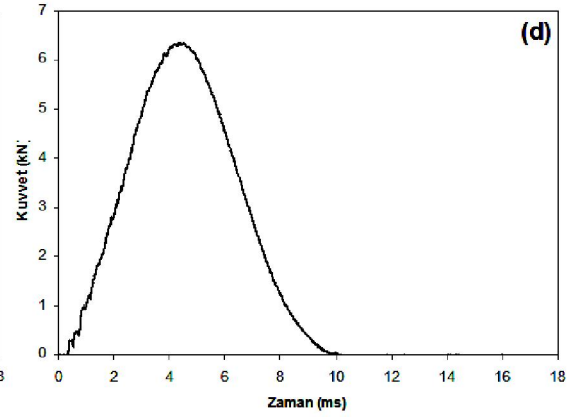
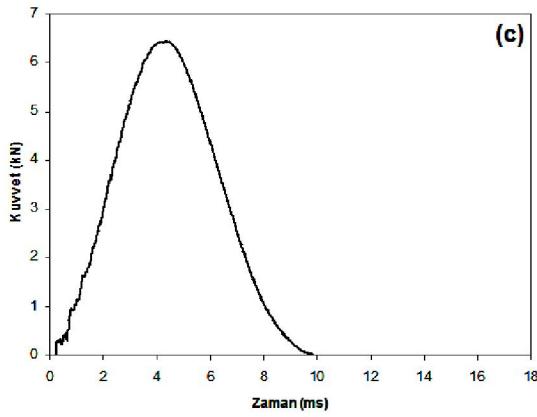
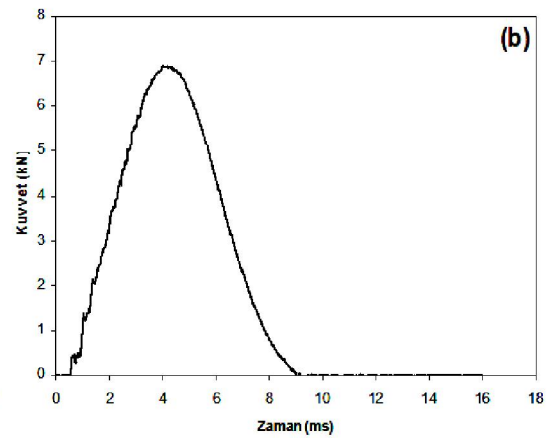
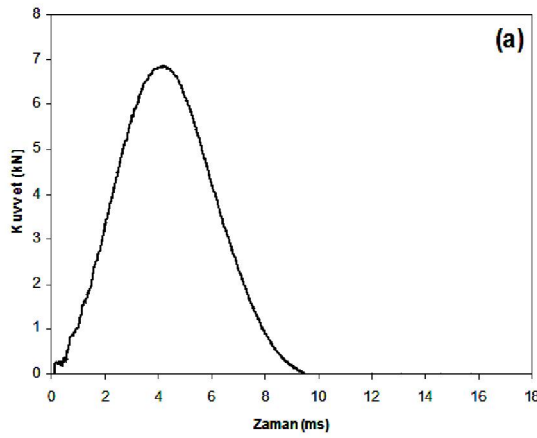
Tablo 3.69 ve Şekil 3.100'de sırasıyla, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapıların drop test sonuçları ve kuvvet-zaman grafikleri verilmiştir.

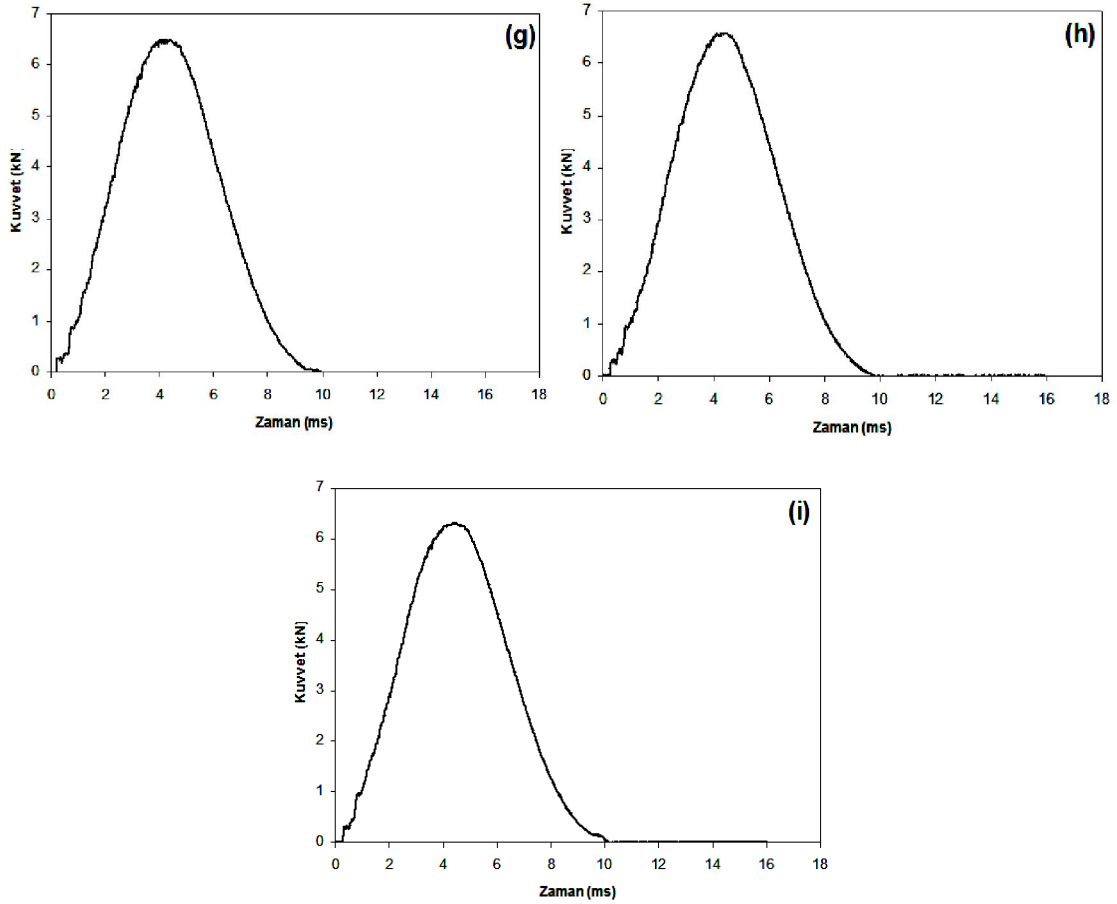
Tablo 3.69. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli) drop test sonuçları.

Kod	Düşme kuvveti (kN)	Temas süresi (ms)	Bozulan alan	
			Ön yüz (mm ²)	Arka yüz (mm ²)
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- TEK YÖN [T5-a]				
DROP-110	6.87	9.66	302.86	432.52
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- İKİ YÖN [T5-b]				
DROP-111	6.88	9.15	595.62	623.54
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN [T5-c]				
DROP-112	6.45	9.83	271.92	561.96
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → E-CAM 600 TEX- TEK YÖN [T5-d]				
DROP-113	6.36	10.17	645.22	617.26
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → E-CAM 600 TEX - İKİ YÖN [T5-e]				
DROP-114	6.39	10.01	451.19	543.14

Tablo 3.69'un devamı.

2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - DÖRT YÖN [T5-f]				
DROP-115	6.96	8.84	397.99	275.97
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON- TEK YÖN [T5-g]				
DROP-116	6.51	9.96	472.63	609.91
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON - İKİ YÖN [T5-h]				
DROP-117	6.59	9.91	462.28	527.89
2400 TEX- EL DİKİŞLİ→ KARBON - DÖRT YÖN [T5-i]				
DROP-118	6.31	10.22	379.42	732.78





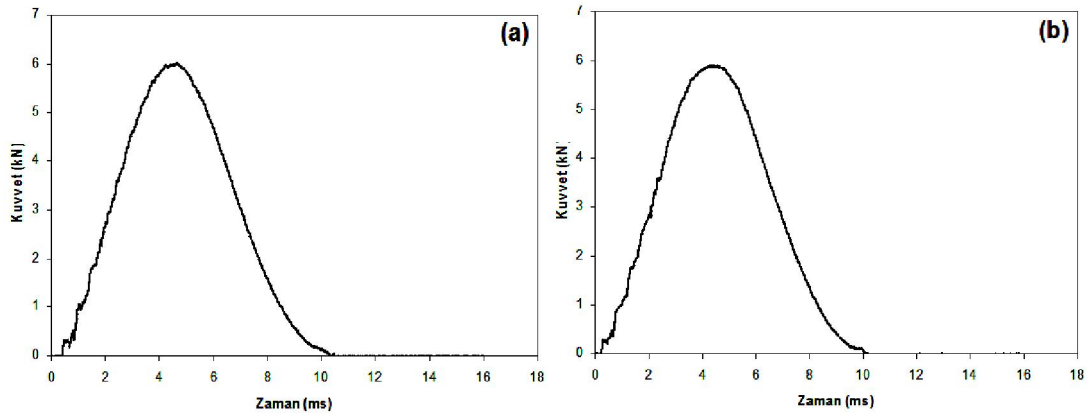
Şekil 3.100. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli) kuvvet-zaman grafikleri, (a); [T5-a], (b); [T5-b], (c); [T5-c], (d); [T5-d], (e); [T5-e], (f); [T5-f], (g); [T5-g], (h); [T5-h], (i); [T5-i].

3.6.4. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Tablo 3.70'de, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların drop test sonuçları verilmiştir. Şekil 3.101'de, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların drop test kuvvet-zaman grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.70. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) drop test sonuçları.

Kod	Düşme kuvveti (kN)	Temas süresi (ms)	Bozunan alan	
			Ön yüz (mm ²)	Arka yüz (mm ²)
2400 TEX- DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN- (sıkı-6 adım/cm) → %5 Silika (nano) [T6-a]				
DROP-105	6.02	10.54	182.54	230.90
2400 TEX- EL DİKİŞLİ → KEVLAR® 129- DÖRT YÖN → %5 Silika (nano) [T6-b]				
DROP-119	5.89	10.19	451.76	487.32



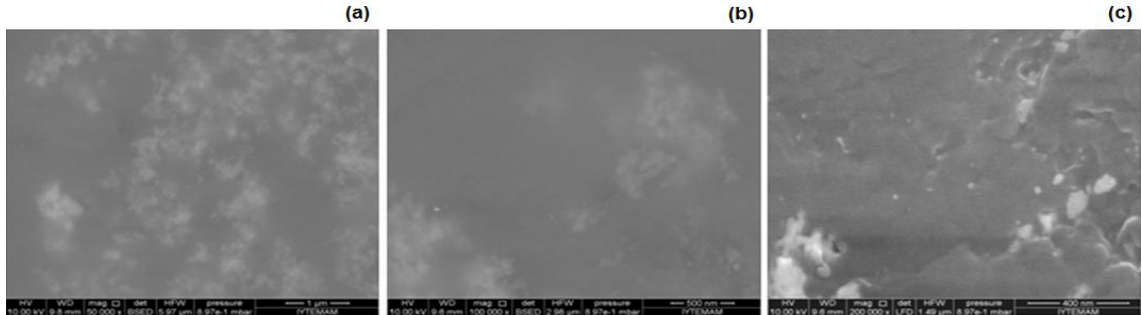
Şekil 3.101. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) kuvvet-zaman grafikleri, (a); [T6-a], (b); [T6-b].

3.7. Kompozit Yapıların SEM Analizleri

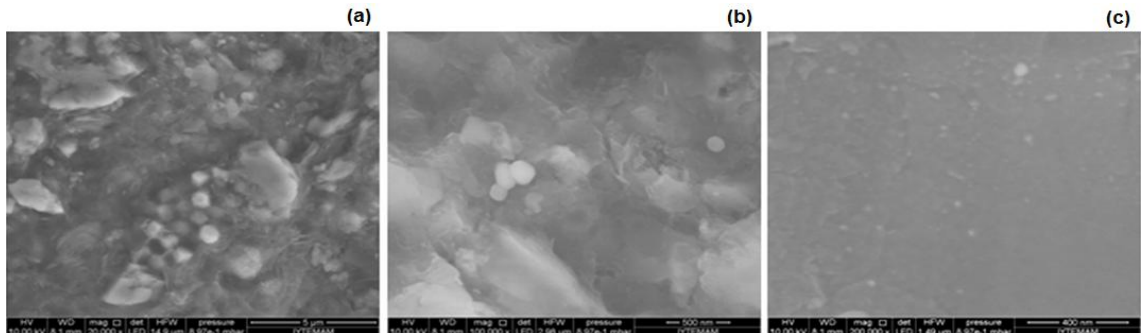
3.7.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar

Polyester/Nano Dolgulu Yapılar

Şekil 3.102 ve 3.103'te sırasıyla, Polyester/Nano dolgulu polyester reçine (polyester/%5-silika) ve (polyester/%5-karbon) yapıların SEM görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.102. Polyester/Nano dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-silika) SEM görüntüleri, (a); ×50.000, (b); ×100.000, (c); ×200.000 [T0-b].

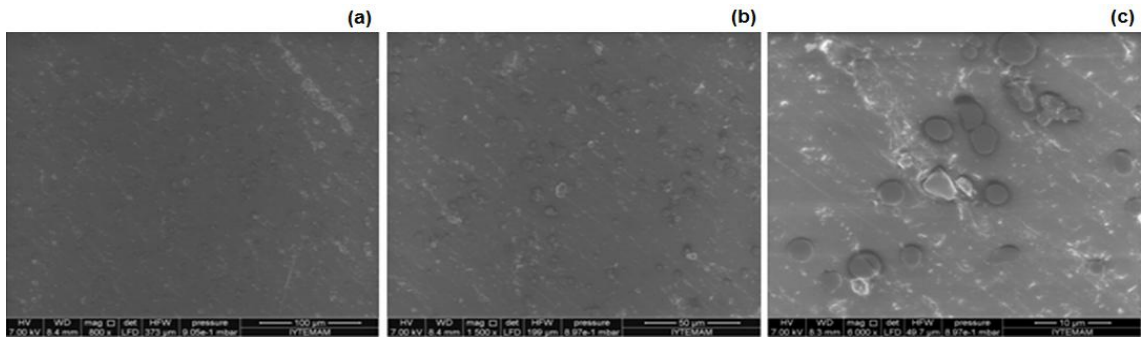


Şekil 3.103. Polyester/Nano dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-karbon) SEM görüntüleri, (a); ×20.000, (b); ×100.000, (c); ×200.000 [T0-d].

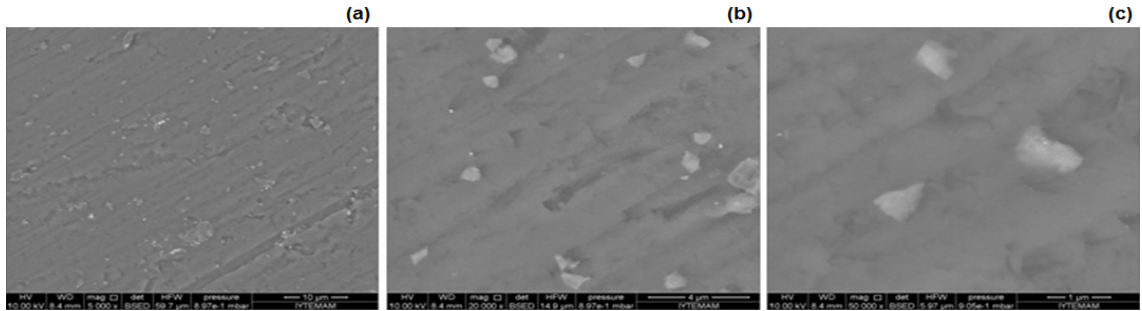
Polyester/Mikro Dolgulu Yapılar

Şekil 3.104, 3.105 ve 3.106'd sırasıyla, Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine (polyester/%5-karbon), (polyester/%5-bor karbür) ve (polyester/%5-titanyum borür), yapıların SEM görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.

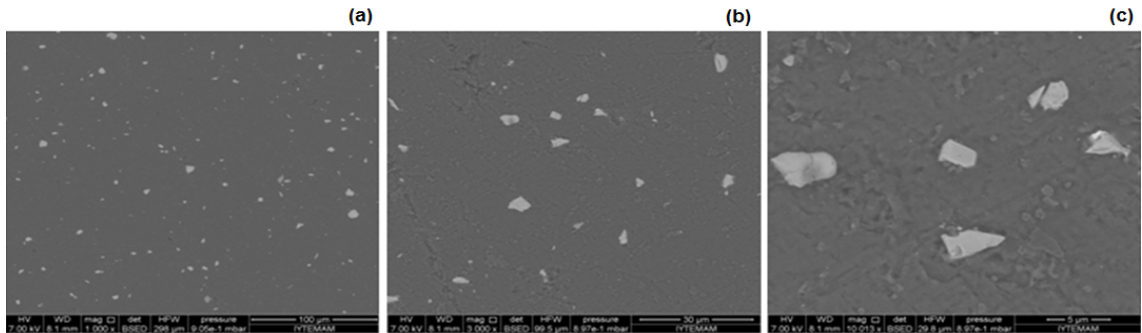
Şekil 3.107 ve 3.108'de sırasıyla, Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine (polyester/%5-kalsiyum silikat) ve (polyester/%5-silisyum karbür) yapıların SEM görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



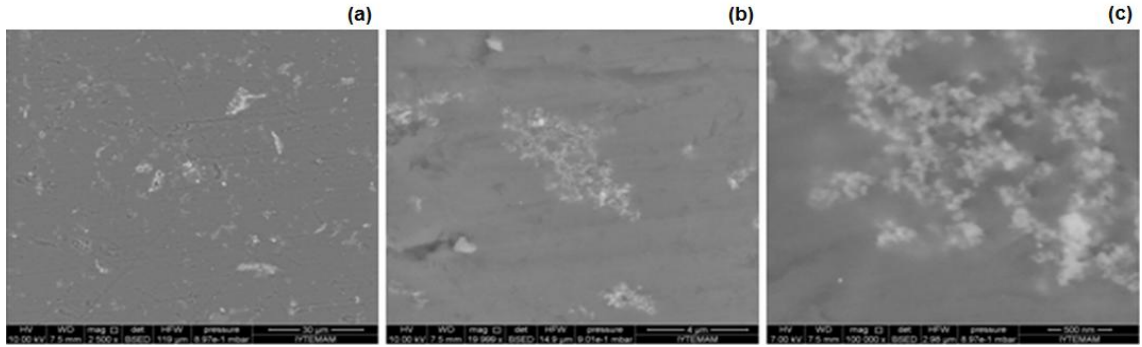
Şekil 3.104. Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-karbon) SEM görüntüleri, (a); $\times 800$, (b); $\times 1.500$, (c); $\times 6.000$ [T0-e].



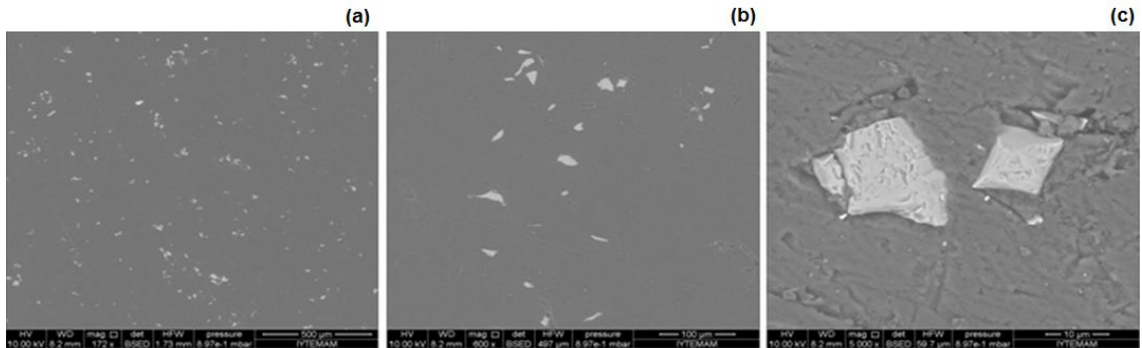
Şekil 3.105. Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-bor karbür) SEM görüntüleri, (a); $\times 5.000$, (b); $\times 20.000$, (c); $\times 50.000$ [T0-f].



Şekil 3.106. Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-titanyum borür) SEM görüntüleri, (a); $\times 1.000$, (b); $\times 3.000$, (c); $\times 10.000$ [T0-g].



Şekil 3.107. Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-kalsiyum silikat) SEM görüntüleri, (a); $\times 2.500$, (b); $\times 20.000$, (c); $\times 100.000$ [T0-h].

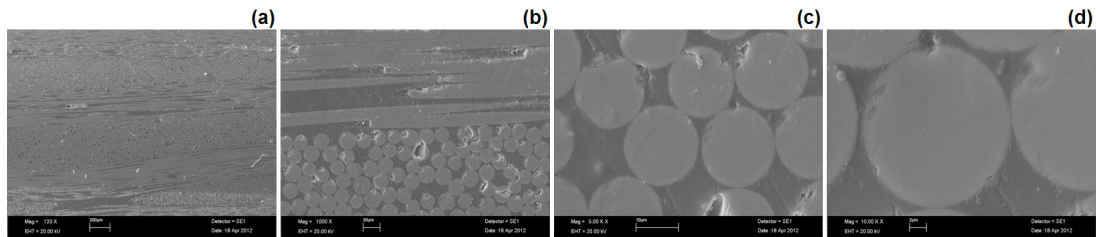


Şekil 3.108. Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların (polyester/%5-silisyum karbür) SEM görüntüleri, (a); $\times 172$, (b); $\times 600$, (c); $\times 5.000$.

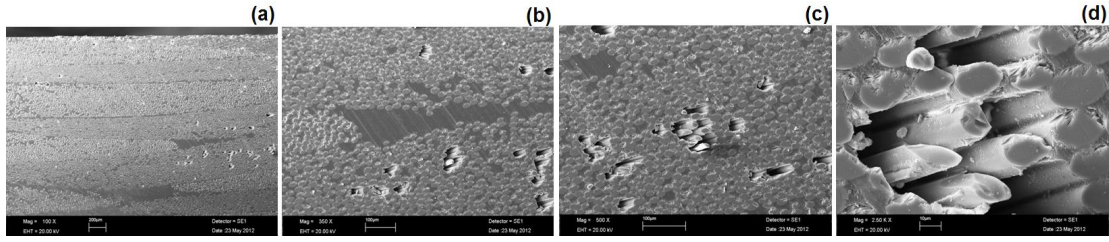
3.7.2. E- Cam/Polyester Kompozit Yapıların Kesit Görüntüleri

3.7.2.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Oryantasyonlu Kompozit Yapılar

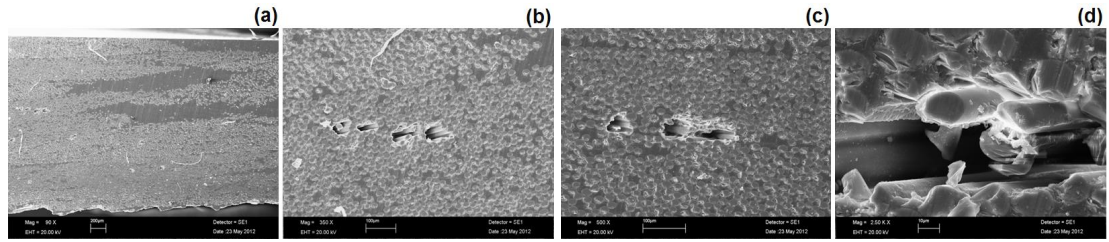
Şekil 3.109, 3.110 ve 3.111’de sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapının atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönlerindeki SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir. Şekil 3.112 ve 3.113’te, E-cam/Polyester dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapıların atkı yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



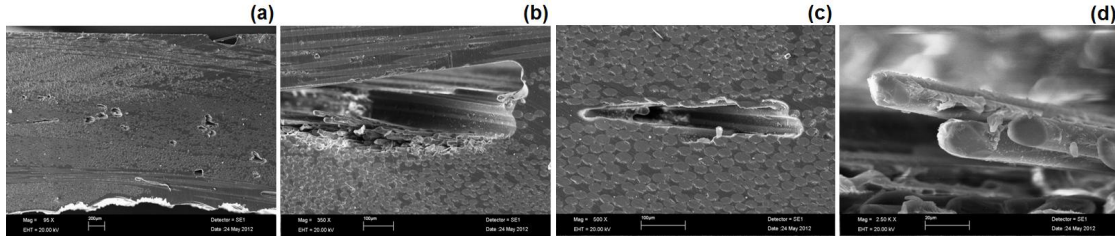
Şekil 3.109. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 120$, (b); $\times 1.000$, (c); $\times 5.000$, (d); $\times 10.000$ [T1-a].



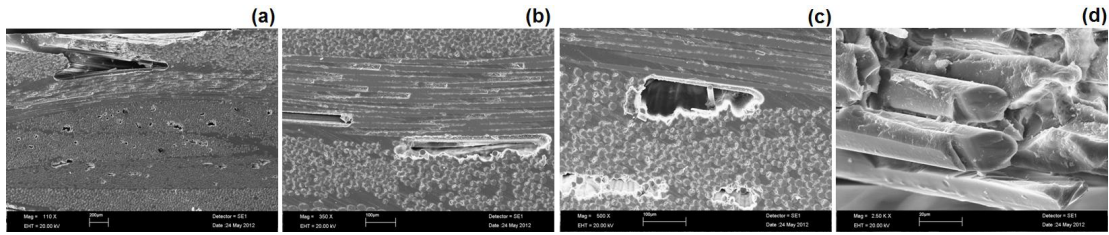
Şekil 3.110. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz) +45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T1-a].



Şekil 3.111. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 90$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T1-a].



Şekil 3.112. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/oryantasyonlu) atkî yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 95$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T1-b].

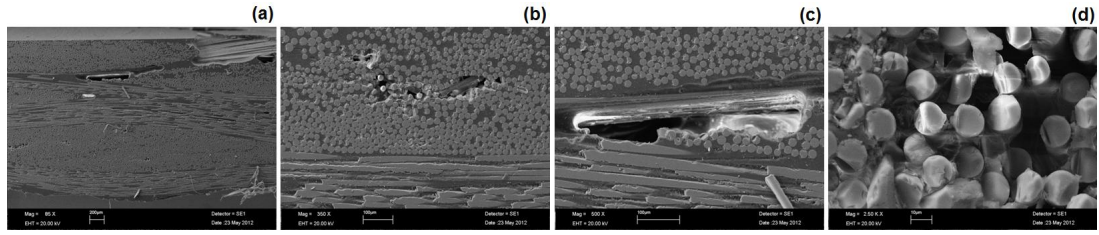


Şekil 3.113. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/oryantasyonlu) atkî yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 110$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T1-c].

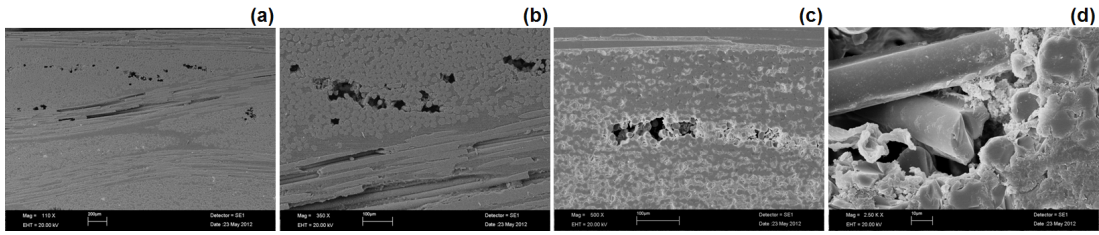
3.7.2.2. Dikişsiz/Dolgu Kompozit Yapılar

Dikişsiz/Nano Dolgu Kompozit Yapılar

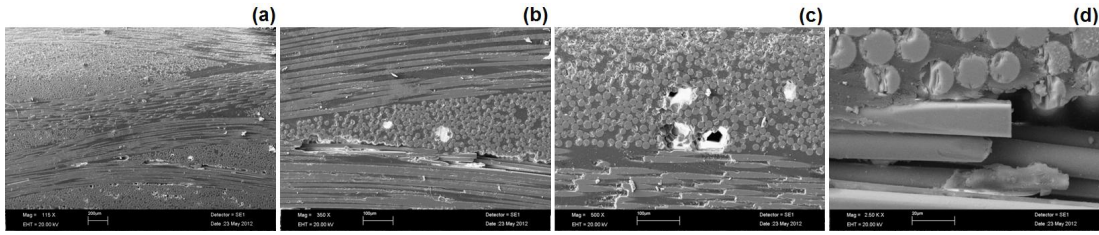
Şekil 3.114, 3.115, 3.116 ve 3.117’de sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgu (%2.5-silika), (%5-silika), (%7.5-silika) ve (%5-karbon) kompozit yapıların atkî yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



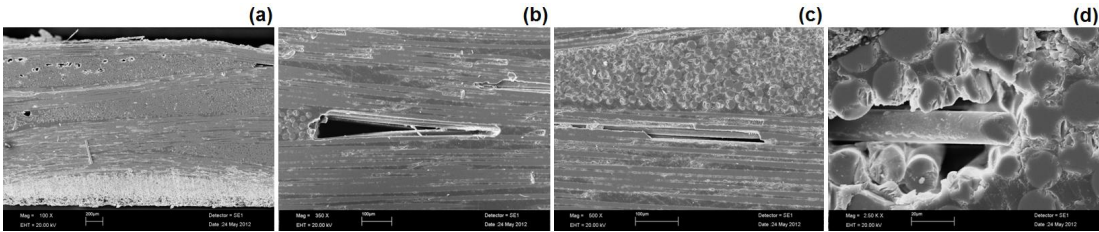
Şekil 3.114. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%2.5-silika) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T2-a].



Şekil 3.115. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-silika) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 110$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T2-b].



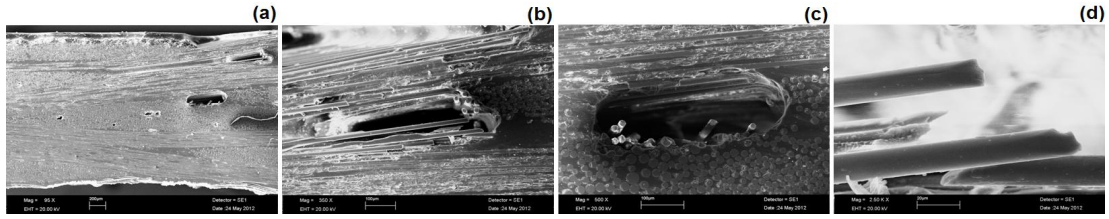
Şekil 3.116. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%7.5-silika) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 115$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T2-c].



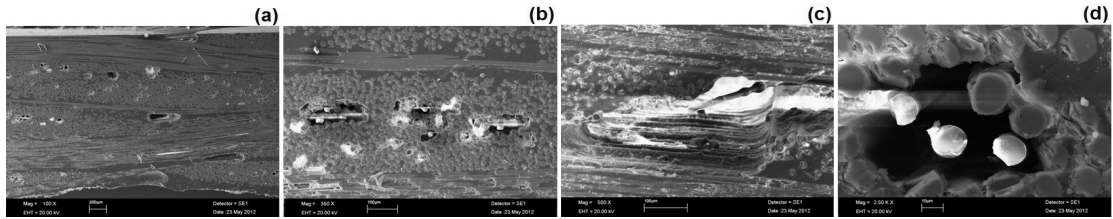
Şekil 3.117. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-karbon) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T2-d].

Dikişsiz/Mikro Dolgulu Kompozit Yapılar

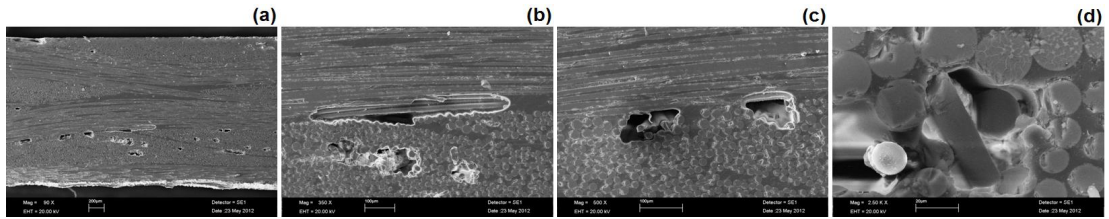
Şekil 3.118, 3.119, 3.120, 3.121, 3.122, 3.123, 3.124, 3.125 ve 3.126'da sırasıyla, E-cam/Polyester dikişsiz/mikro dolgulu (%2.5-silisyum karbür), (%5-silisyum karbür), (%7.5-silisyum karbür), (%2.5-kalsiyum silikat), (%5-kalsiyum silikat), (%7.5-kalsiyum silikat), (%5-bor karbür), (%5-titanyum borür), (%5-karbon) kompozit yapıların atkı yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



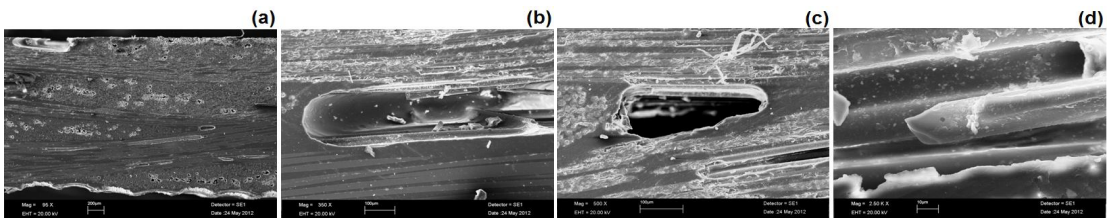
Şekil 3.118. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%2.5-silisyum karbür) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 95$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-a25].



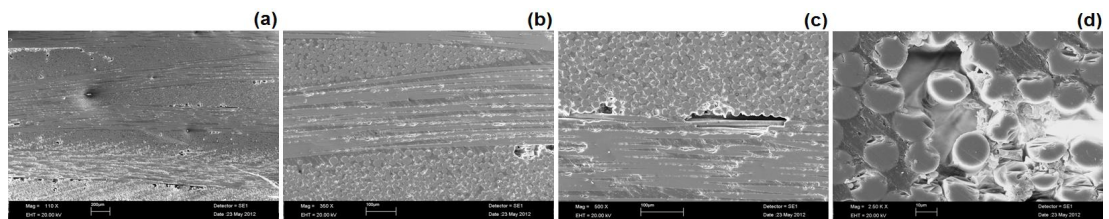
Şekil 3.119. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%5-silisyum karbür) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-a].



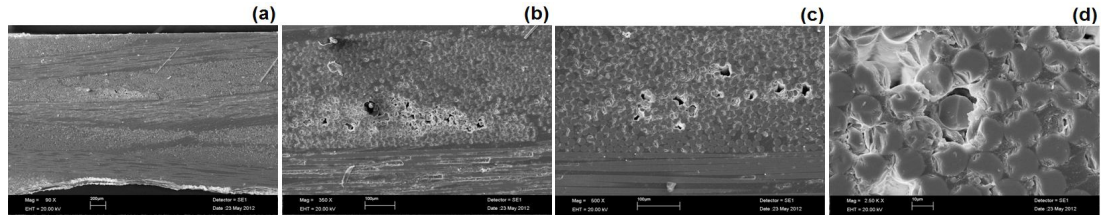
Şekil 3.120. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%7.5-silisyum karbür) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 90$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-a75].



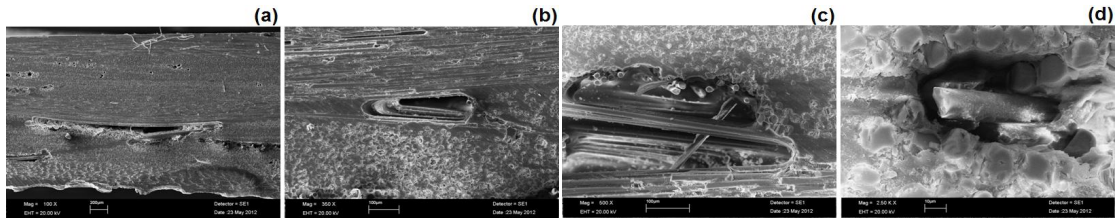
Şekil 3.121. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%2.5-kalsiyum silikat) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 95$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-b25].



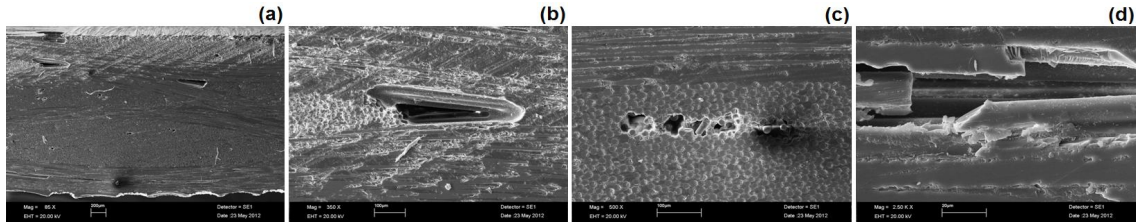
Şekil 3.122. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%5-kalsiyum silikat) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 110$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-b].



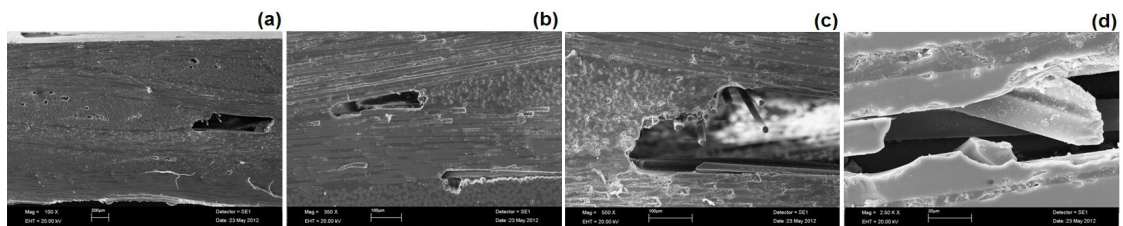
Şekil 3.123. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%7.5-kalsiyum silikat) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 90$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-b75].



Şekil 3.124. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%5-bor karbür) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-c].



Şekil 3.125. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%5-titanyum borür) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-d].



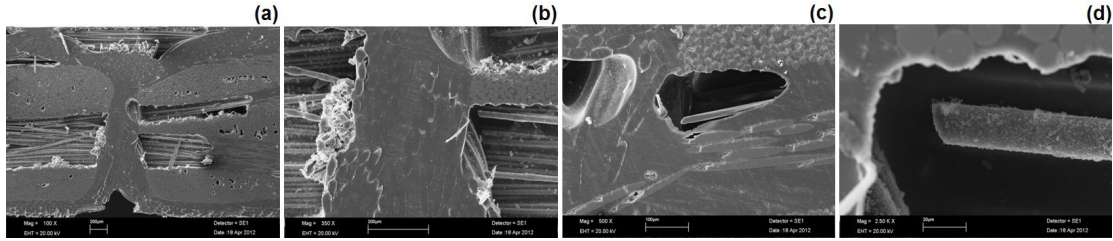
Şekil 3.126. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/mikro/%5-karbon) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T3-e].

3.7.2.3. Dikişli Kompozit Yapılar

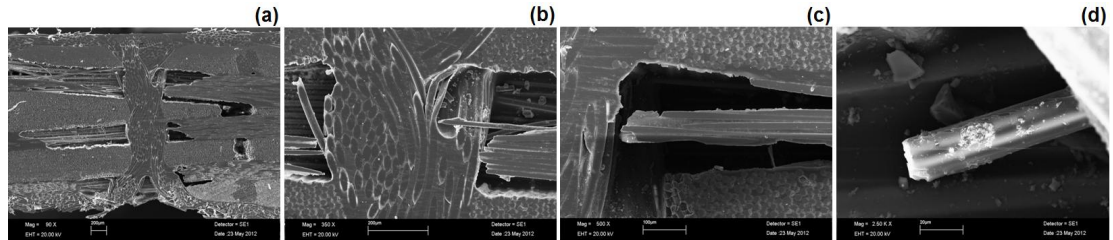
Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 3.127'de, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek-2 adım/cm) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir. Şekil 3.128'de, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Nylon 6.6 dikiş

ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



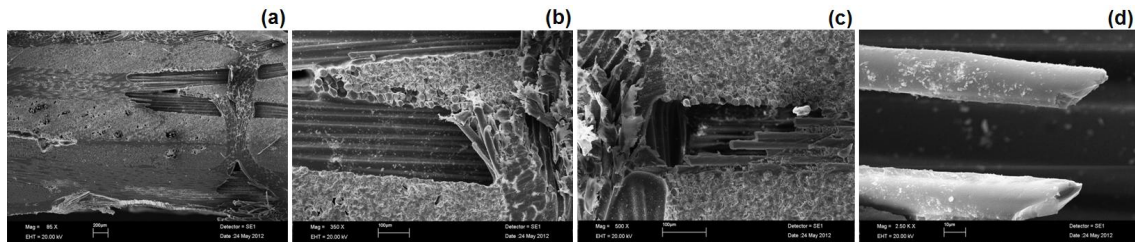
Şekil 3.127. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-a].



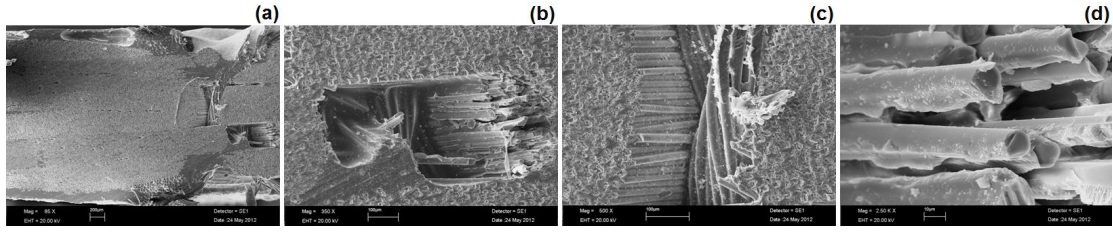
Şekil 3.128. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 90$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-b].

Şekil 3.129'da, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.

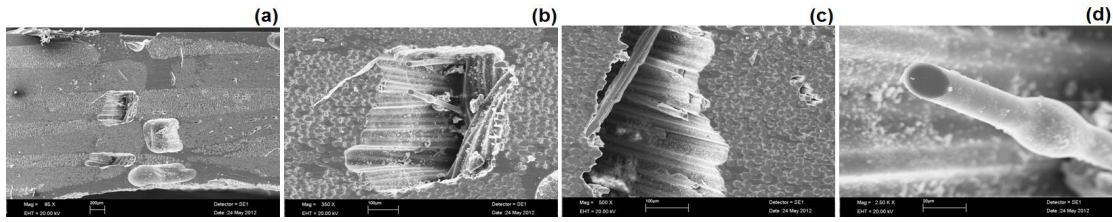
Şekil 3.130 ve 3.131'de sırasıyla, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının $+45^\circ$ ve -45° yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.129. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-c].

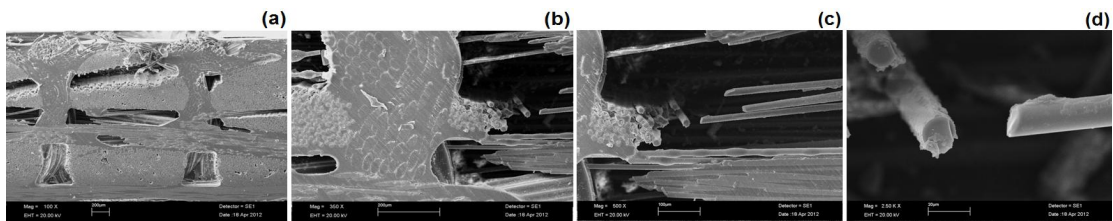


Şekil 3.130. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) +45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×85, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T4-c].

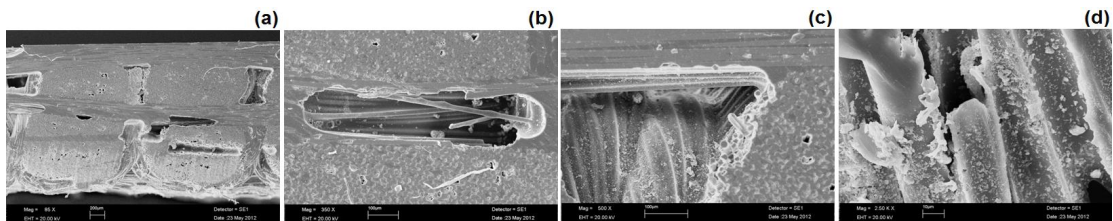


Şekil 3.131. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×85, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T4-c].

Şekil 3.132’de, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir. Şekil 3.133’te, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.

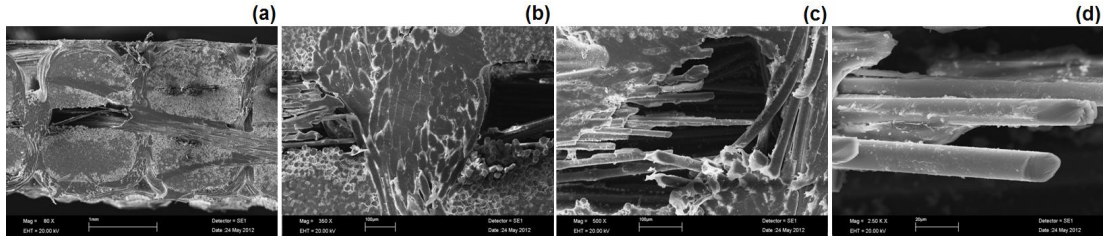


Şekil 3.132. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×100, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T4-d].

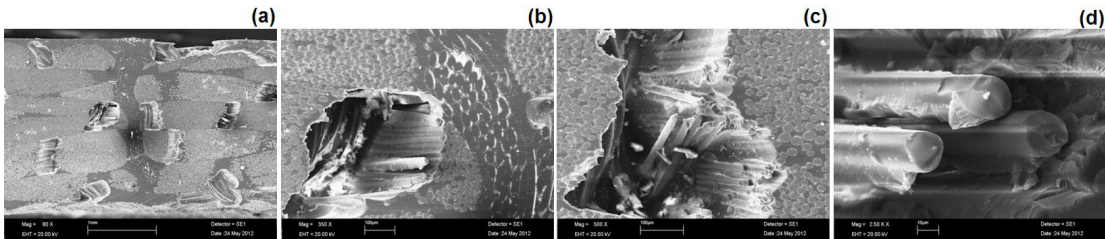


Şekil 3.133. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×85, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T4-e].

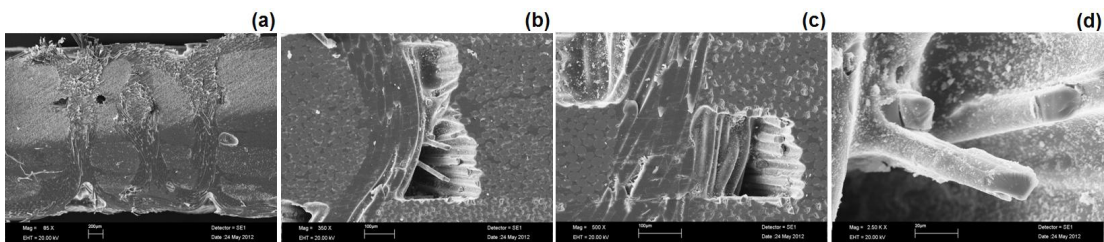
Şekil 3.134, 3.135 ve 3.136'da sırasıyla, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının atkı, +45° ve -45° yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.134. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 80$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-f].

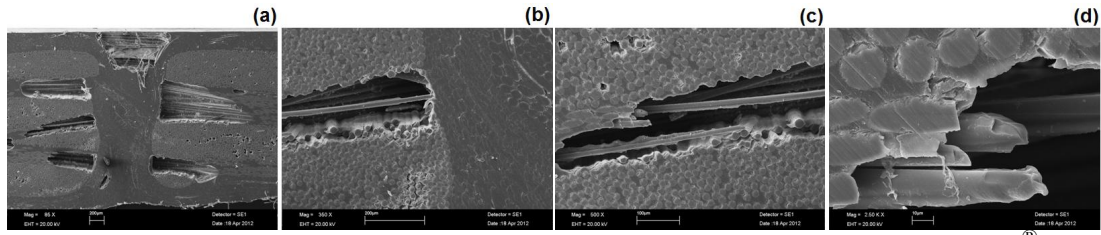


Şekil 3.135. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) +45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 80$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-f].

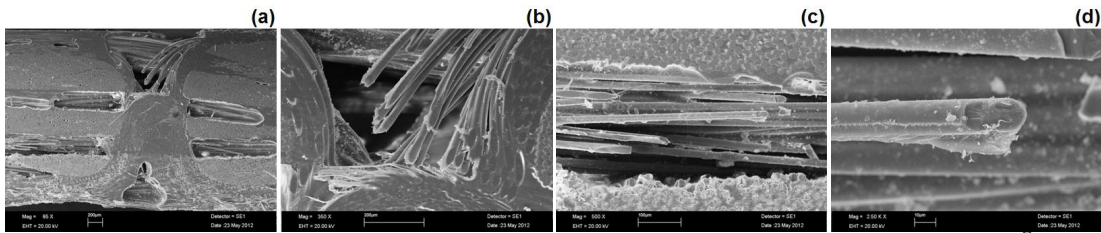


Şekil 3.136. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-f].

Şekil 3.137'de, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Kevlar®129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir. Şekil 3.138'de, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Kevlar®129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.

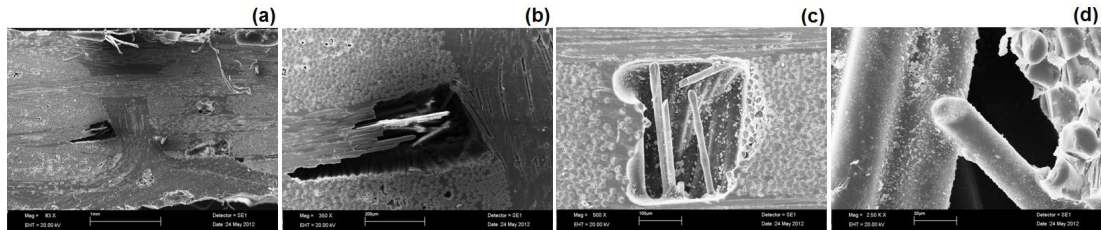


Şekil 3.137. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-g].

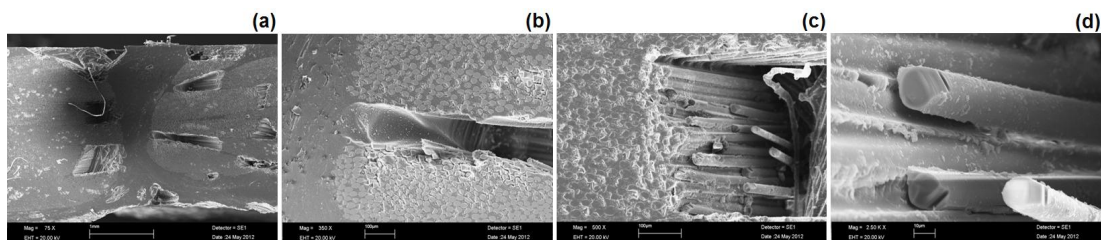


Şekil 3.138. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-h].

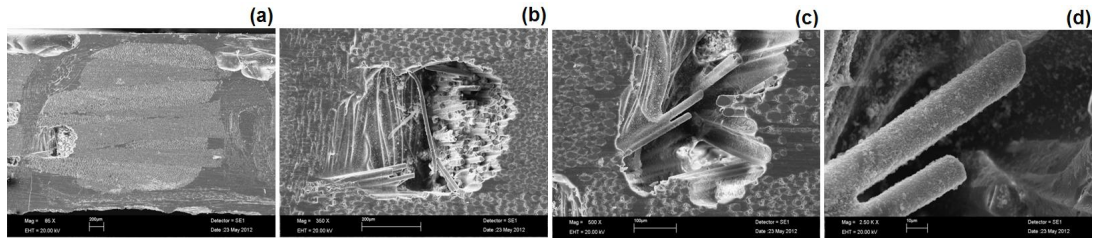
Şekil 3.139, 3.140 ve 3.141'de sırasıyla, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının atkı, $+45^\circ$, -45° yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.139. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 83$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-i].

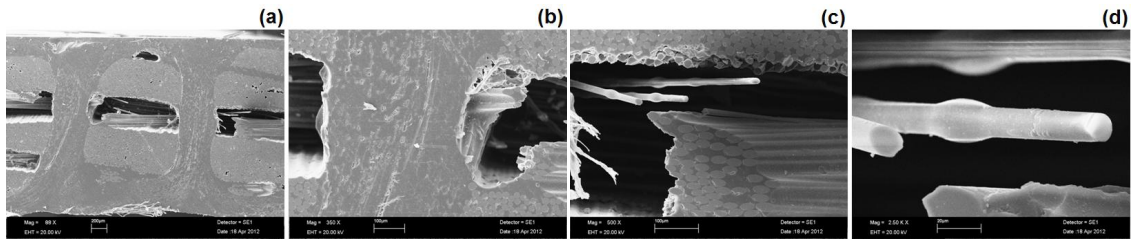


Şekil 3.140. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) $+45^\circ$ yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 75$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-i].

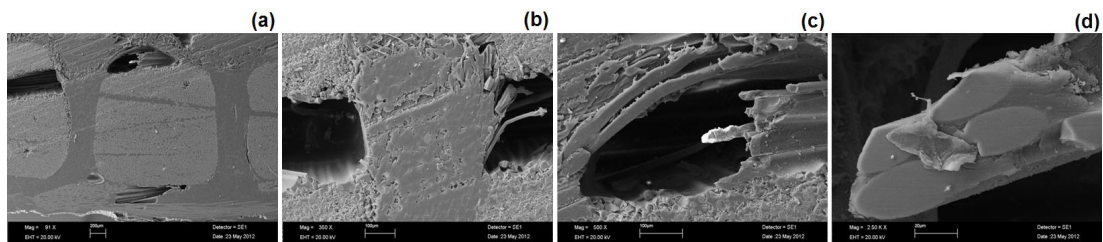


Şekil 3.141. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-i].

Şekil 3.142’de, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir. Şekil 3.143’te, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.

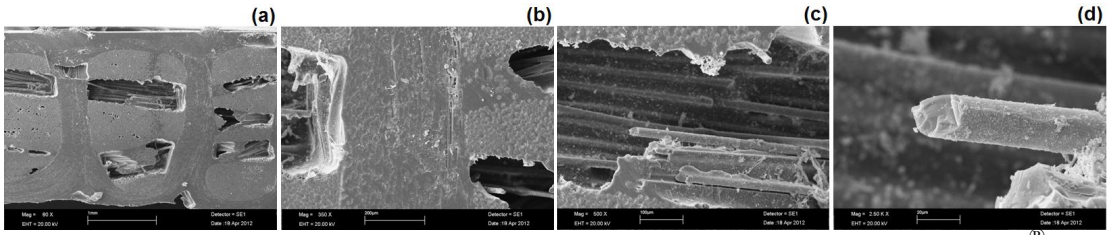


Şekil 3.142. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 88$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-j].

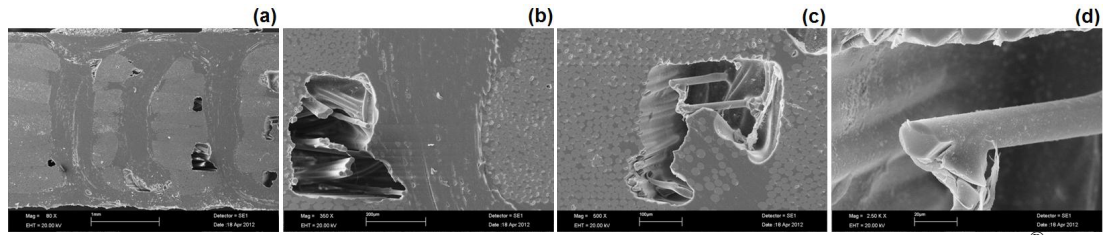


Şekil 3.143. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 91$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-k].

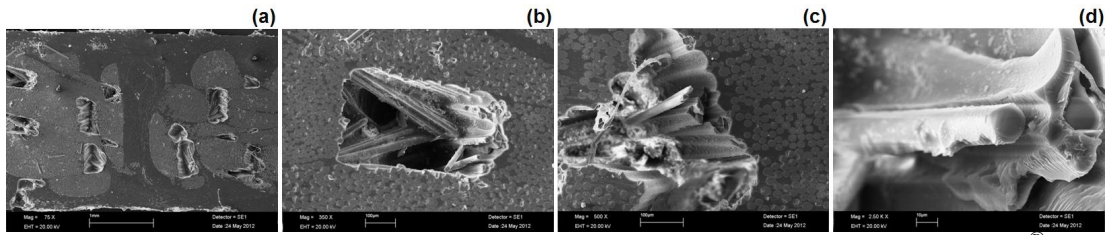
Şekil 3.144, 3.145, 3.146’da sırasıyla, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.144. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 80$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-I].



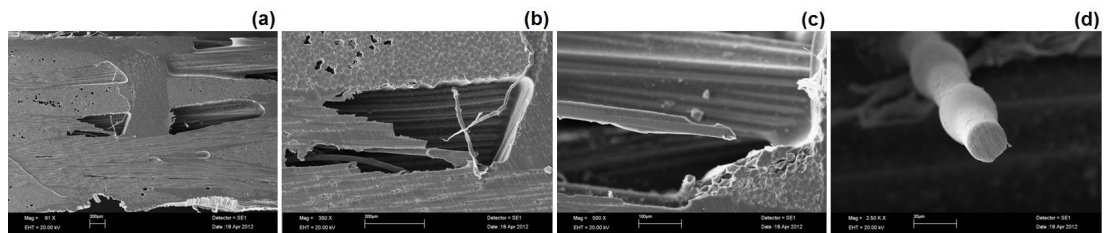
Şekil 3.145. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) $+45^\circ$ yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 80$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-I].



Şekil 3.146. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 75$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T4-I].

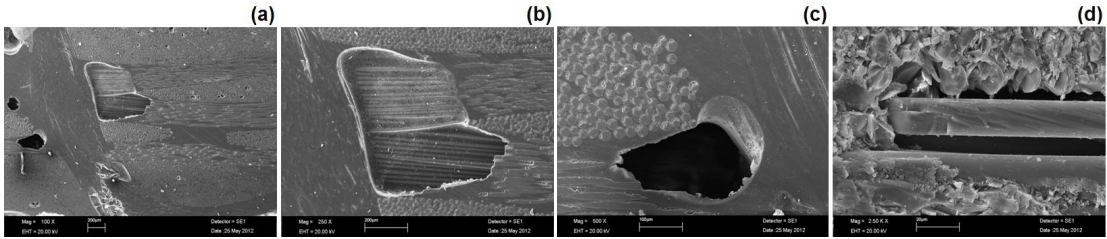
El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 3.147'de, E-cam/Polyester el dikişli (tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



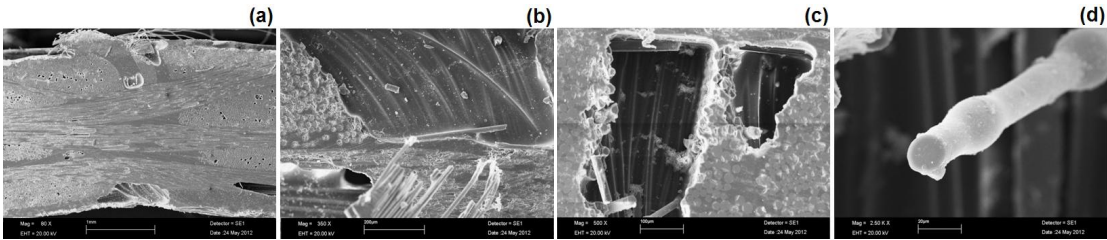
Şekil 3.147. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 91$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-a].

Şekil 3.148’de, E-cam/Polyester el dikişli (iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



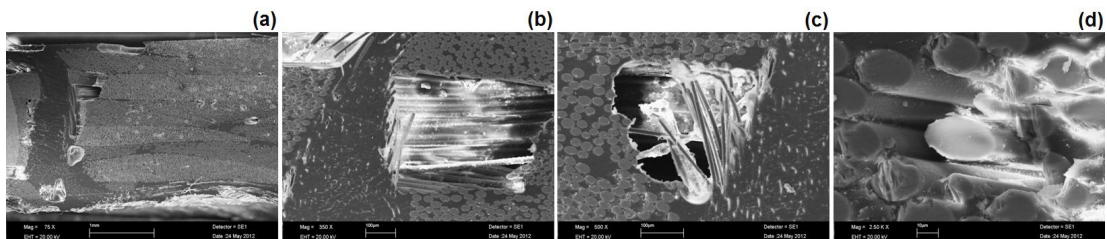
Şekil 3.148. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 100$, (b); $\times 250$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-b].

Şekil 3.149’da, E-cam/Polyester el dikişli (dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.

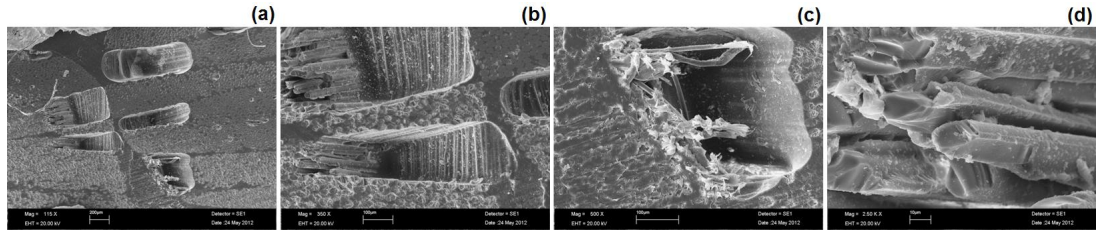


Şekil 3.149. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 80$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-c].

Şekil 3.150 ve 3.151’de sırasıyla, E-cam/Polyester el dikişli (dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapının $+45^\circ$ ve -45° yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.

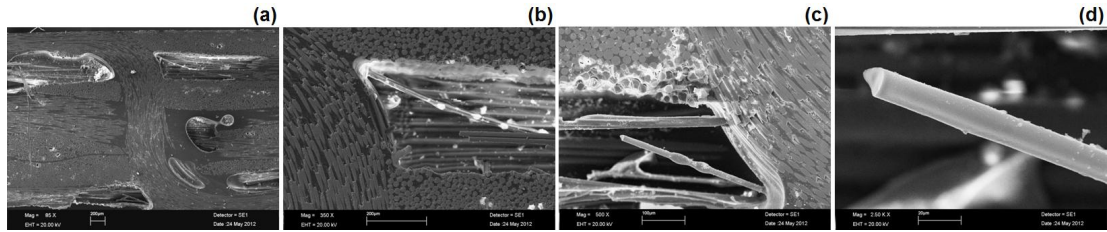


Şekil 3.150. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) $+45^\circ$ yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 75$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-c].

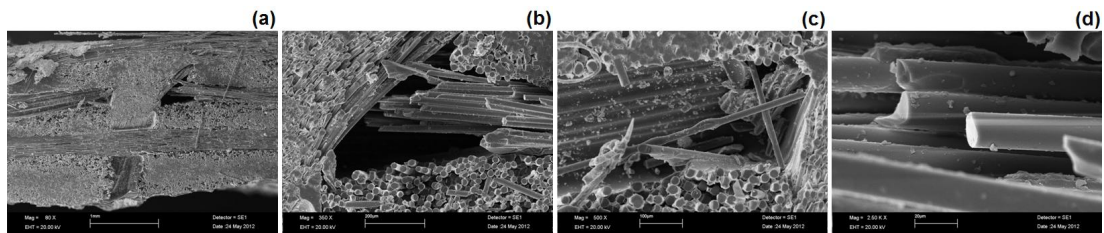


Şekil 3.151. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 115$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-c].

Şekil 3.152’de, E-cam/Polyester el dikişli (tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir. Şekil 3.153’te, E-cam/Polyester el dikişli (iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



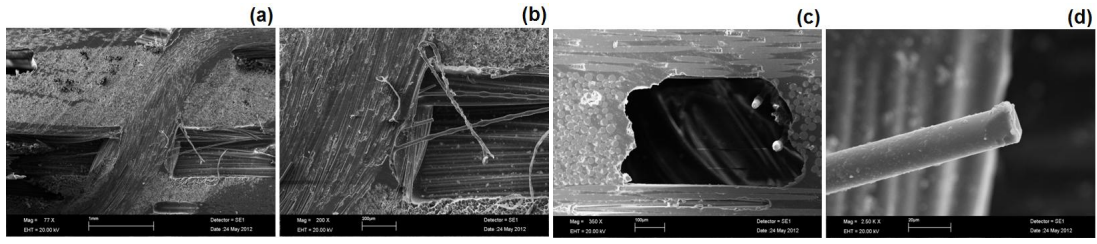
Şekil 3.152. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-d].



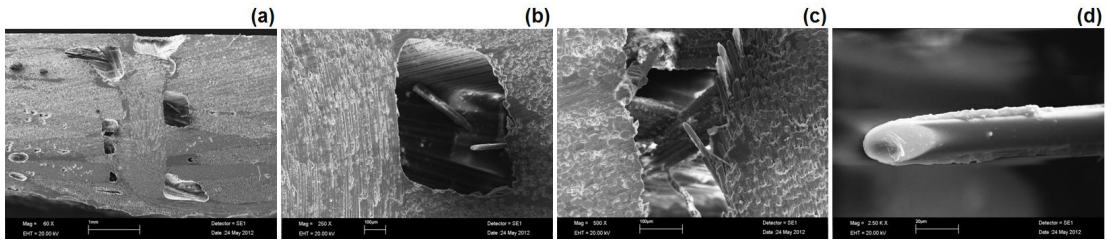
Şekil 3.153. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 80$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-e].

Şekil 3.154’te, E-cam/Polyester el dikişli (dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.

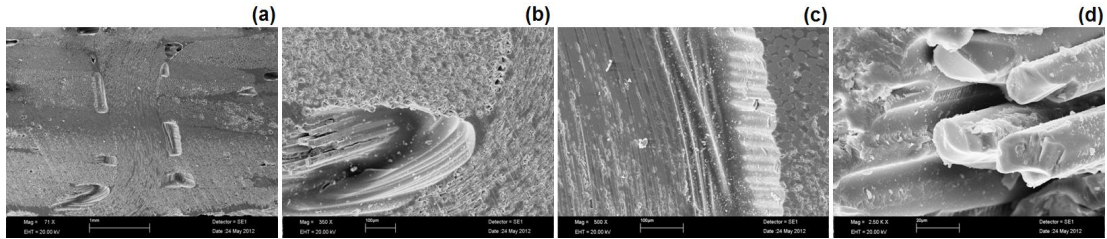
Şekil 3.155 ve 3.156’da sırasıyla, E-cam/Polyester el dikişli (dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının $+45^\circ$ ve -45° yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.154. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 77$, (b); $\times 200$, (c); $\times 350$, (d); $\times 2.500$ [T5-f].

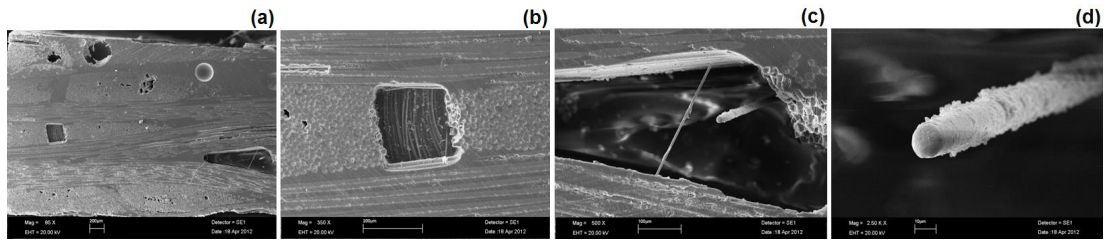


Şekil 3.155. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) $+45^\circ$ yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 60$, (b); $\times 250$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-f].



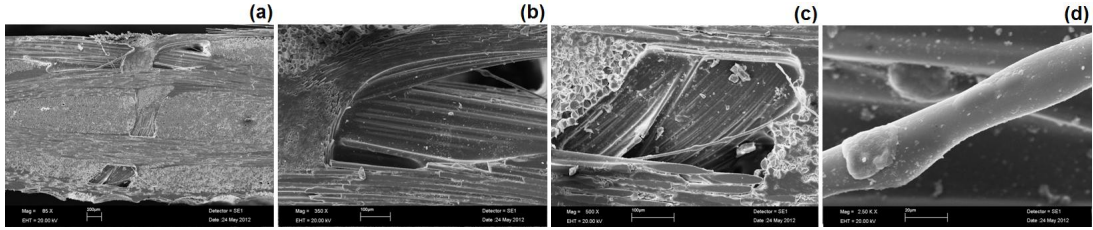
Şekil 3.156. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 71$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-f].

Şekil 3.157'de, E-cam/Polyester el dikişli (tek yön/Karbon dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



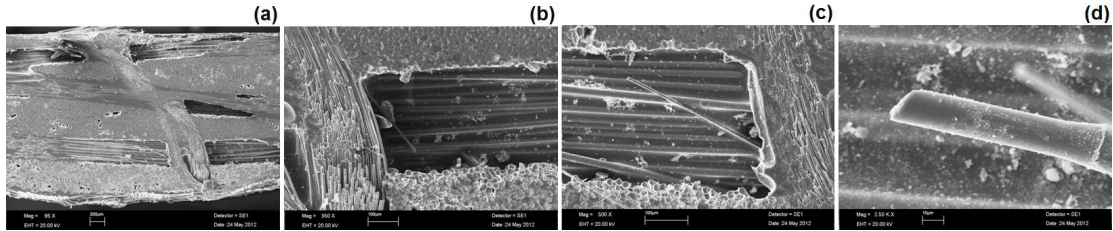
Şekil 3.157. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/Karbon dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-g].

Şekil 3.158’de, E-cam/Polyester el dikişli (iki yön/Karbon dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.

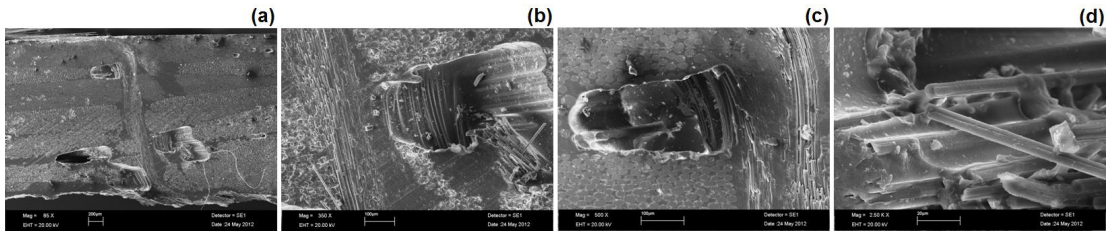


Şekil 3.158.E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/Karbon dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-h].

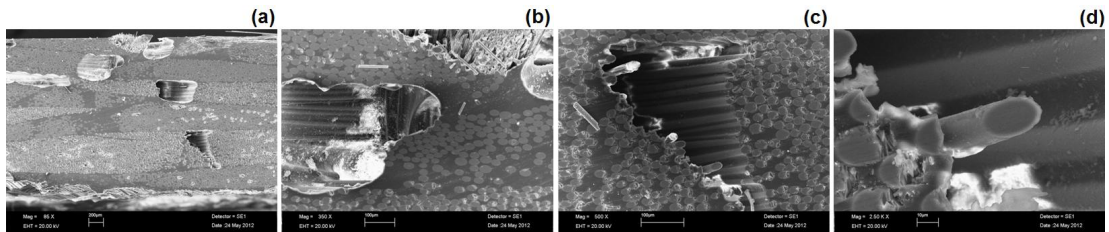
Şekil 3.159, 3.160 ve 3.161’de sırasıyla, E-cam/Polyester el dikişli (dört yön/Karbon dikiş ipliği) kompozit yapının atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.159. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-i].



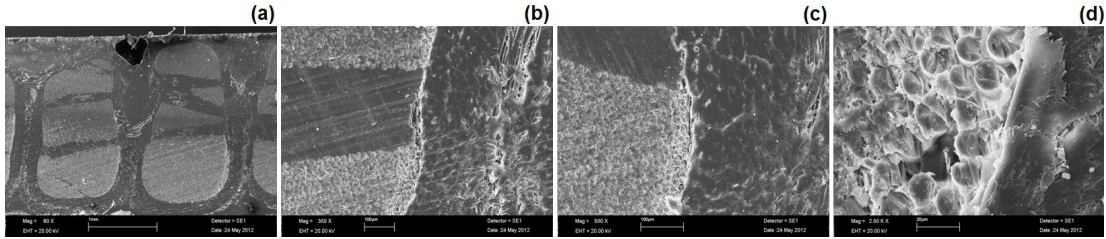
Şekil 3.160.E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği) $+45^\circ$ yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-i].



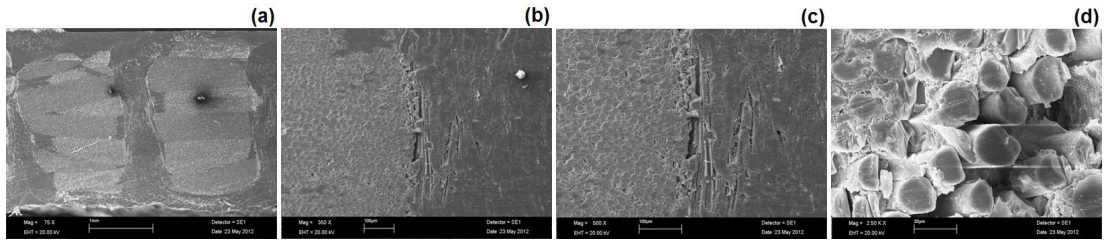
Şekil 3.161. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T5-i].

3.7.2.4. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

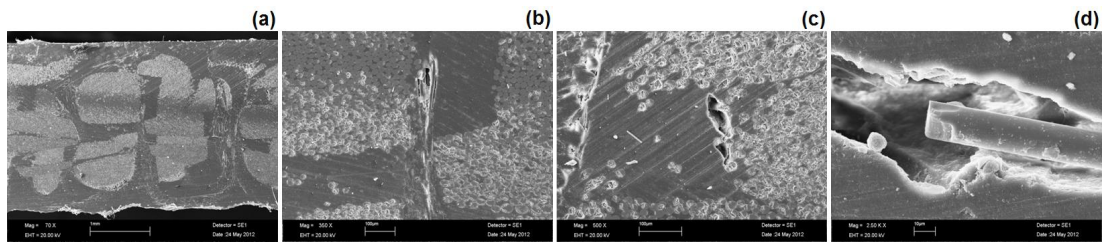
Şekil 3.162, 3.163 ve 3.164'te sırasıyla, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (makine dikişli/ dört yön/ Kevlar®129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) kompozit yapının atkı, +45° ve -45° yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.162. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği/- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 80$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T6-a].

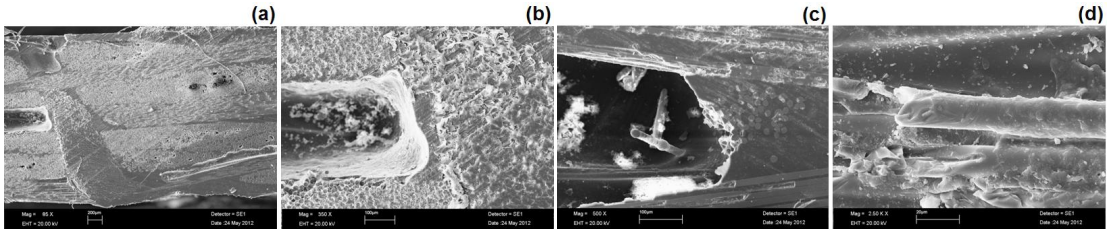


Şekil 3.163. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/ dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği/- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) +45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 75$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T6-a].

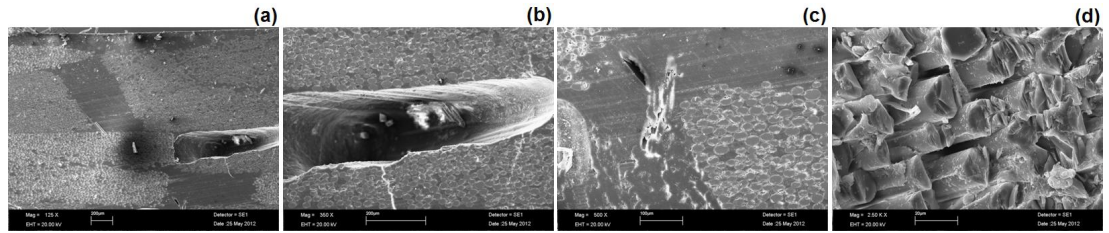


Şekil 3.164. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/ dört yön/Kevlar®129 dikiş ipliği/- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 70$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T6-a].

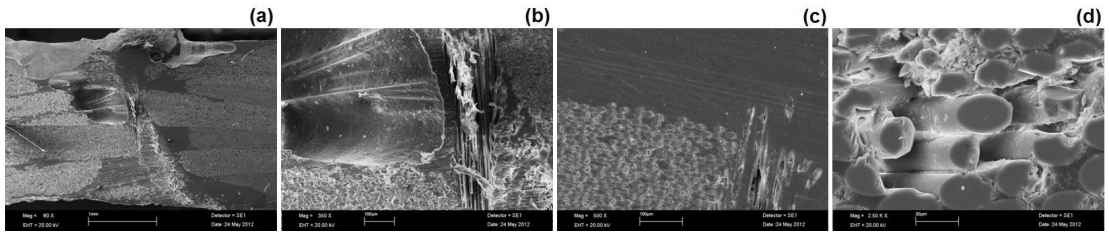
Şekil 3.165'te, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (el dikişli/ dört yön/ Kevlar®129 dikiş ipliği/%5- silika) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir. Şekil 3.166 ve 3.167'de sırasıyla, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (el dikişli/ dört yön/ Kevlar®129 dikiş ipliği/%5- silika) kompozit yapının +45° ve -45° yönü SEM kesit görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.165. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/ dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği/%5- silika) atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 85$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T6-b].



Şekil 3.166. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/ dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği/%5- silika) $+45^\circ$ yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 125$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T6-b].



Şekil 3.167. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği/%5- silika) -45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); $\times 80$, (b); $\times 350$, (c); $\times 500$, (d); $\times 2.500$ [T6-b].

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Kumaş ve Önşekil Testleri

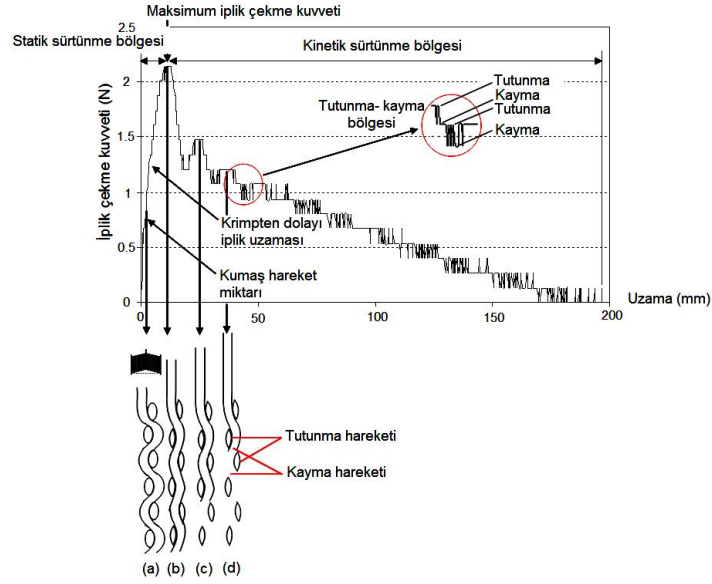
4.1.1. Kumaştan İplik Çekme (Pull-Out) Testi

Kumaştan iplik çekme testinde ölçülen parametreler; iplik çekme kuvveti, krimpten dolayı iplik uzaması ve kumaş hareket miktarıdır. Krimpten dolayı iplik uzaması; ‘tek bir iplik ucuna uygulanan çekme yükü altında, kumaş yapısındaki kesişmelerden dolayı meydana gelen iplik uzunluğu’ olarak tanımlanmıştır [12].

4.1.1.1. Tekli İplik Çekme Testi

Şekil 4.1’de, çözgü ve atkı iplikleri arasındaki her bir kesişmenin, kumaştan çözgü ipliğinin çekilmesi esnasındaki iplik çekme kuvveti- uzama grafiği verilmiştir. Kumaştan iplik çekme eğrisi, maksimum iplik çekme kuvvetine ulaştığında ki burada iplik kumaşın ucundan hâlihazırda çekilmektedir, eğride kumaş hareketi ve krimpten dolayı iplik uzama bölgeleri meydana gelmektedir. Şekil 4.1(a)’da görüldüğü gibi, kumaş hareket miktarı bu bölgede maksimum değerdedir. Maksimum iplik çekme kuvveti, krimpten dolayı iplik uzama bölgesinde meydana gelmektedir (Şekil 4.1(b)). Bu iki bölge, statik sürtünme bölgesi olarak tanımlanmaktadır.

Kinetik sürtünme bölgesi ise; ‘ipliğin kumaştaki tüm kesişme noktaları boyunca çekilmesi’ olarak tanımlanmaktadır. Bu bölgede eğri, her iki kesişim noktası için bir maksimum bir de minimum değere sahiptir (Şekil 4.1(c)). Bir maksimum ve bir minimum değer içeren bölgeye ‘tutunma- kayma bölgesi’ denilmektedir. Çözgü ipliğinin, atkı ipliğinin üstünden veya altından geçmesi ‘tutunma hareketi’, çözgü ipliğinin iki kesit arasından geçmesi ise ‘kayma hareketi’ olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.1(d)).



Şekil 4.1. İplik çekme kuvveti- uzama grafiği, (a); kumaş hareketi, (b); krimpten dolayı iplik uzaması, (c, d); kumaştan iplik çekme.

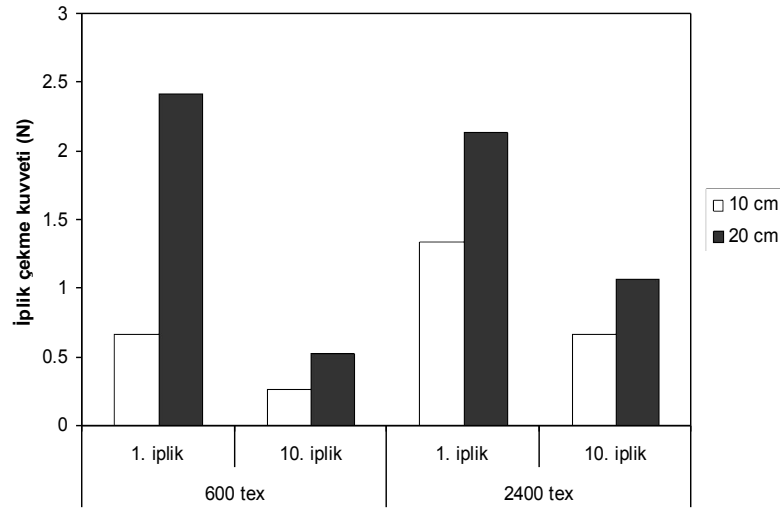
İplik Çekme Kuvveti

En yüksek iplik çekme kuvveti, her iki kumaş türü için de 1. iplikten elde edilmiştir. Ancak, 2. iplikten 10. ipliğe kadar, tekli iplik çekme kuvvetleri, kumaş sıklığının azalmasından dolayı düşmüştür. 2400 tex E-cam kumaşın 1. iplik çekme kuvvetinin, 600 tex E-cam kumaşa göre, iplik numarasının fazla olmasından dolayı daha yüksek çıktığı görülmüştür.

600 tex E-cam kumaşın atkı yönündeki sıklığı, 2400 tex E-cam kumaşa göre %28 daha fazla iken, 2400 tex E-cam kumaşın iplik eni, 600 tex E-cam kumaşa göre %20.53 daha fazladır. Bu durum, 2400 tex E-cam kumaşta, atkı ve çözgü iplik setleri arasında daha büyük bir sürtünme yüzeyi oluşturduğundan, 2400 tex E-cam kumaşın 1. iplik çekme kuvveti, 600 tex E-cam kumaşa göre oldukça yüksektir.

Ayrıca, her iki kumaşın çözgü ve atkı yönlerinde, iplikler arasında oldukça büyük gözenekli alan ($0.38-0.90 \text{ mm}^2$) mevcuttur.

Şekil 4.2’de, 600 tex ve 2400 tex E-cam kumaşların çözgü yönünde, 10 cm ve 20 cm’lik test uzunlukları için, 1. ve 10. iplik çekme kuvvetleri gösterilmiştir.



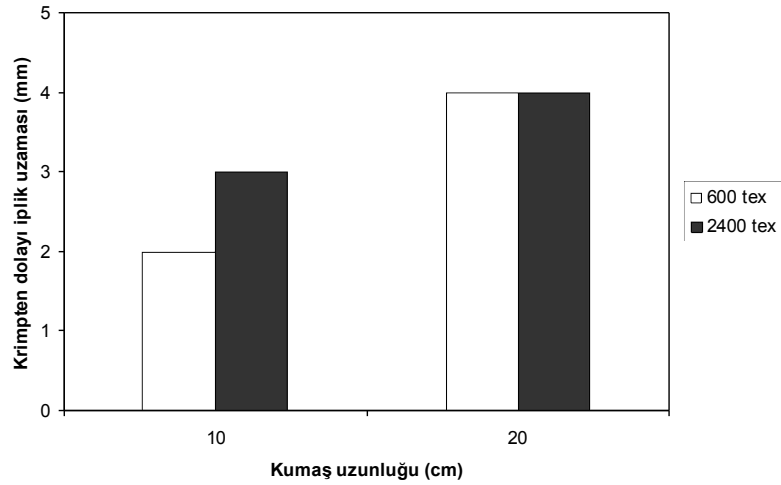
Şekil 4.2. E-cam kumaşta tekli iplik çekmede kumaş uzunluğuna karşı iplik çekme kuvveti.

Her iki kumaşın da, çözgü yönündeki 1. ve 10. iplik çekme kuvvetleri, test edilen kumaş uzunluğunun artmasıyla birlikte artış göstermiştir. Bu artış, kesişme noktalarının sayısının artmasından kaynaklanmaktadır. 600 tex ve 2400 tex E-cam kumaşların 1. iplik çekme kuvvetleri, 10. iplik çekme kuvvetlerinden daha yüksek çıkmıştır. Bunun yanı sıra, 2400 tex E-cam kumaşın 1. iplik çekme kuvveti, 600 tex E-cam kumaşın 1. iplik çekme kuvvetinden daha yüksektir. Kumaş uzunluğunun, her iki kumaş türünün de iplik çekme kuvvetlerini, artan kesişme noktalarından dolayı, önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Krimpten Dolayı İplik Uzaması

Şekil 4.3'te, 600 tex ve 2400 tex E-cam kumaşların çözgü yönünde tekli iplik çekmede, 10 cm ve 20 cm'lik test uzunlukları için, krimpten dolayı iplik uzama değerleri verilmiştir.

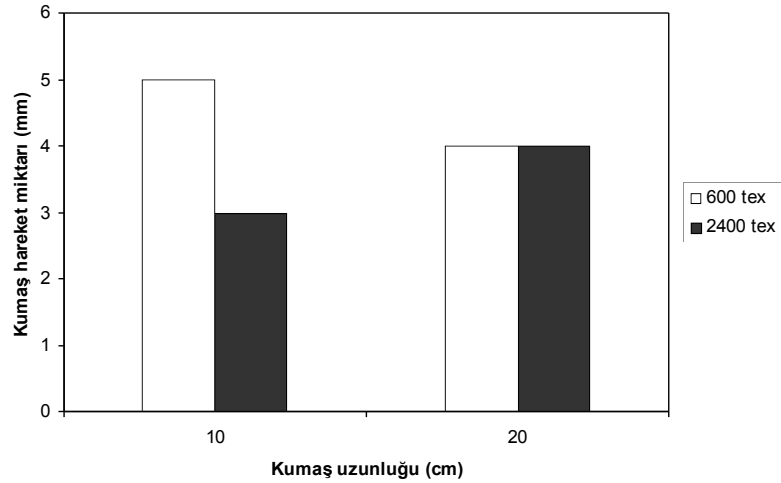
Her iki kumaş türünde de, 1. ipliğin krimpten dolayı iplik uzama değeri, test edilen kumaş uzunluğu arttıkça artmaktadır. 2. iplikten 10. ipliğe kadar, krimpten dolayı iplik uzaması gözlemlenmemiştir. 2400 tex E-cam kumaşın 1. ipliğindeki krimpten dolayı iplik uzaması, 10 cm kumaş uzunluğu için, 600 tex E-cam kumaştan az da olsa daha yüksektir. Ancak, 20 cm kumaş uzunluğu için, 1. ipliğin krimpten dolayı iplik uzama değerleri, her iki kumaş türünde neredeyse birbirine eşittir. Yönel krimp oranının, tekli iplik çekmede, krimpten dolayı iplik uzamasını etkilediği sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.3. E-cam kumaşta tekli iplik çekmede kumaş uzunluğuna karşı ve krimpten dolayı iplik uzaması.

Kumaş Hareket Miktarı

Şekil 4.4'te, 600 tex ve 2400 tex E-cam kumaşların çözgü yönünde tekli iplik çekmede, 10 cm ve 20 cm'lik test uzunlukları için, kumaş hareket miktarı değerleri verilmiştir.



Şekil 4.4. E-cam kumaşta tekli iplik çekmede kumaş uzunluğuna karşı kumaş hareket miktarı.

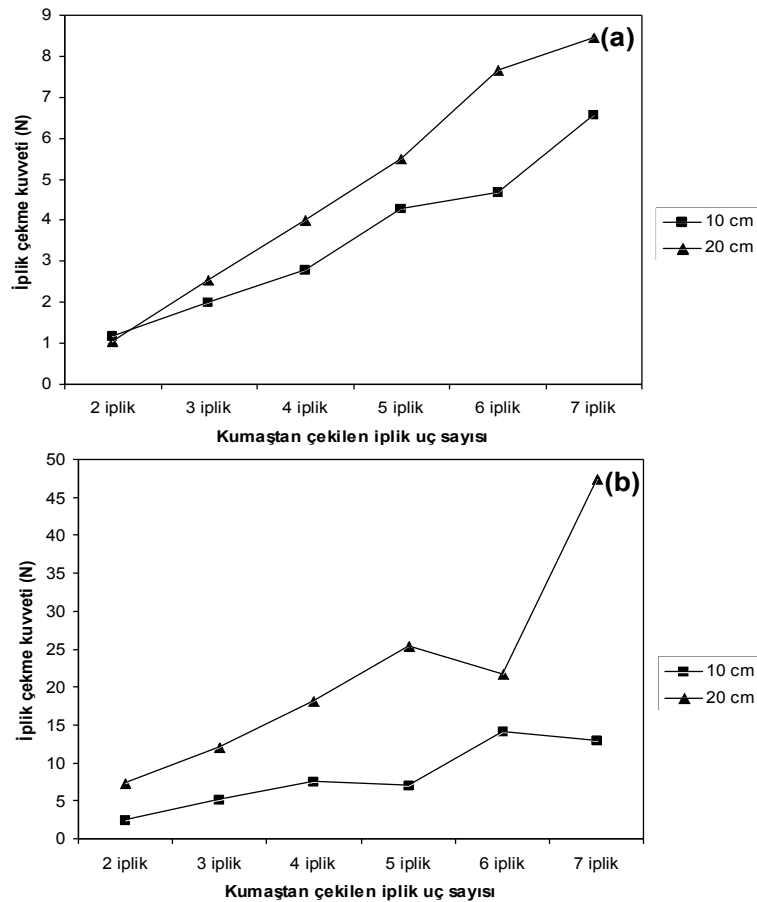
Her iki kumaş türünde de, 1. ipliği çekmede kumaş hareket miktarı, 10. ipliği çekmedeki kumaş hareket miktarından daha yüksektir. 2. iplikten 10. ipliğe kadar, kumaş hareket miktarı gözlemlenmemiştir. 2400 tex E-cam kumaşın 1. ipliği çekmedeki kumaş hareket miktarı, 600 tex E-cam kumaştan daha yüksek çıkmıştır. 600 tex E-cam kumaşın 1. ipliği çekmedeki kumaş hareket miktarı, test edilen kumaş uzunluğunun

artmasıyla birlikte az da olsa düşüş sergilerken, 2400 tex E-cam kumaşta ise, kumaş uzunluğunun artmasıyla 1. ipliği çekmedeki kumaş hareket miktarı da artmıştır. Kumaş uzunluğunun, kumaştan tekli iplik çekmede kumaş hareket miktarı için yapısal bir parametre olarak göz önüne alınabileceği sonucuna varılmıştır.

4.1.1.2. Çoklu İplik Çekme Testi

İplik Çekme Kuvveti

Kumaştan çekilen iplik sayısı arttıkça, iplik çekme kuvvetleri de artmaktadır. Kumaş hareket miktarının olduğu bölgenin, kumaştan çekilen iplik uç sayısından etkilendiği sonucunu vermiştir. İplik çekme kuvvetinin, kumaştan çekilen iplik uç sayısının artışıyla doğru orantılı olmadığı belirlenmiştir. Bunun nedeni, kumaşın düzlem dışı bölgelerindeki lineer olmayan iplik sürtünmeleridir. Şekil 4.5'te, 600 tex ve 2400 tex E-cam kumaşların çözgü yönünde, 10 cm ve 20 cm'lik test uzunlukları için, çoklu iplik çekme kuvvetleri verilmiştir.

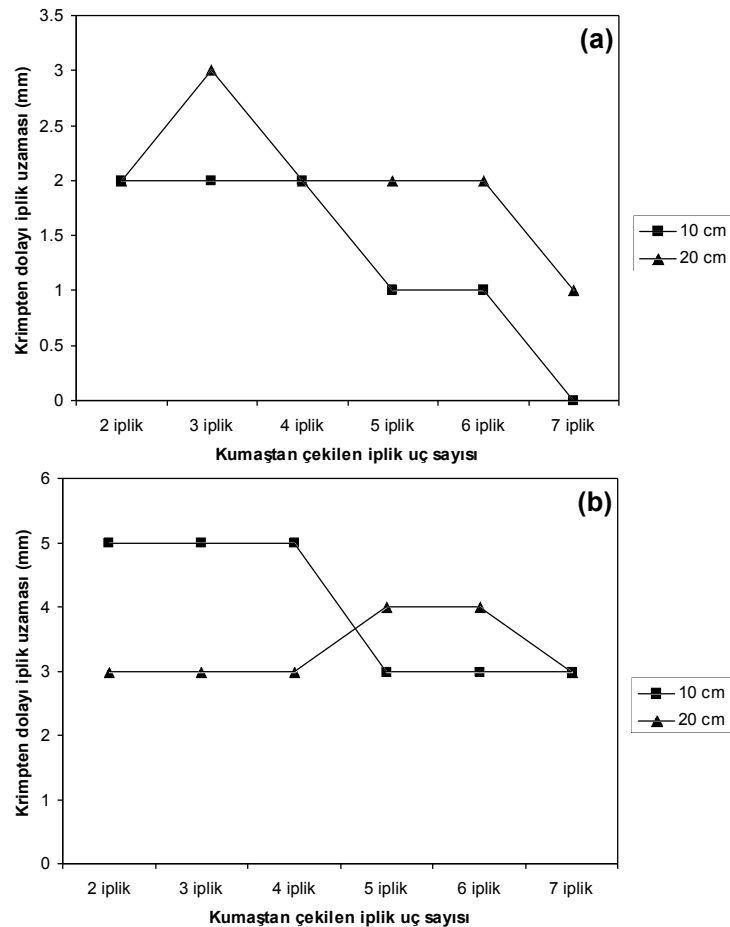


Şekil 4.5. Çoklu iplik çekmede kumaş uzunluğuna karşı iplik çekme kuvveti, (a); 600 tex, (b); 2400 tex.

Kumaş uzunluğu arttıkça, her iki kumaş türünde de çoklu iplik çekme kuvveti artmıştır. Ayrıca, kumaştan çekilen iplik uç sayısı arttıkça, 20 cm kumaş uzunluğu için, iplik çekme kuvvetleri ani bir artış göstermiştir. 2400 tex E-cam kumaşın, 10 cm ve 20 cm'lik kumaş uzunluklarındaki çoklu iplik çekme kuvvetleri, iplik lineer yoğunluğunun yüksek olması ve bu nedenle geniş iplik yüzeyinin oluşturduğu daha büyük sürtünme yüzeyi sayesinde, 600 tex E-cam kumaştan daha yüksektir.

Krimpten Dolayı İplik Uzaması

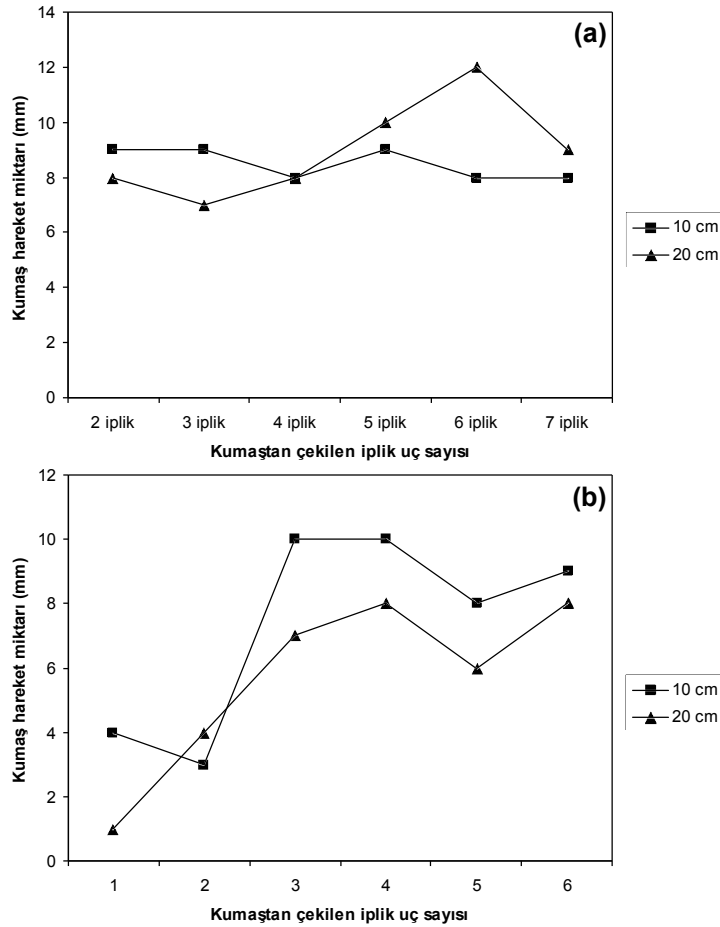
Şekil 4.6'da, 600 tex ve 2400 tex E-cam kumaşların çözgü yönünde, 10 cm ve 20 cm'lik test uzunlukları için, çoklu iplik çekmede krimpten dolayı iplik uzama değerleri verilmiştir. 2400 tex E-cam kumaşın krimpten dolayı iplik uzama değerleri, 600 tex E-cam kumaşa göre az da olsa daha yüksektir. Çekilen çoklu iplik uç sayısı ile krimpten dolayı iplik uzaması arasında doğrudan bir ilişki belirlenememiştir. Ancak, yönel krimp oranı ve kumaş uzunluğu önemli yapısal parametrelerdir.



Şekil 4.6. Çoklu iplik çekmede kumaş uzunluğuna karşı krimpten dolayı iplik uzaması, (a); 600 tex, (b); 2400 tex.

Kumaş Hareket Miktarı

Şekil 4.7’de, 600 tex ve 2400 tex E-cam kumaşların çözgü yönünde, 10 cm ve 20 cm’lik test uzunlukları için, çoklu iplik çekmede kumaş hareket miktarları verilmiştir. Çekilen çoklu iplik uç sayısı arttıkça, her iki kumaş türü için de kumaş hareket miktarı artmıştır. Ancak, kumaş uzunluğu ve kumaş hareket miktarı arasında doğrudan bir ilişki belirlenememiştir.

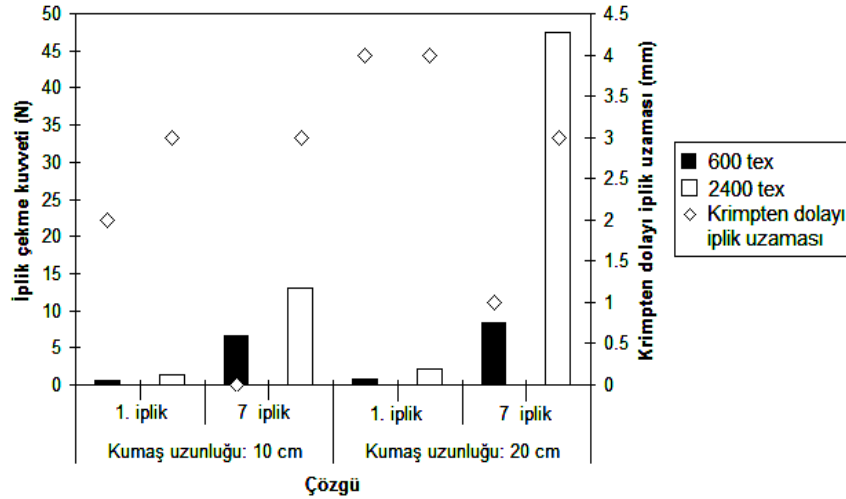


Şekil 4.7. Çoklu iplik çekmede kumaş uzunluğuna karşı kumaş hareket miktarı, (a); 600 tex, (b); 2400 tex.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, E-cam kumaşlarda, kumaştan iplik çekme kuvveti; iplik lineer yoğunluğu, kumaş sıklığı, test edilen kumaş boyutu ve çekilen iplik uç sayısına bağlıdır. Genel olarak, çoklu iplik çekme kuvvetleri, tekli iplik çekme kuvvetlerinden daha yüksektir. İplik lineer yoğunluğu daha yüksek olan 2400 tex E-cam kumaşın tekli ve çoklu iplik çekme kuvvetleri, 600 tex E-cam kumaşa göre daha yüksektir. 20 cm’lik test uzunluğunda elde edilen tekli ve çoklu iplik çekme kuvvetleri, 10 cm’lik test uzunluğunda elde edilen iplik çekme kuvvetlerine göre daha yüksektir.

Sonuçların Kompozit Yapılarla İlişkilendirilmesi

Katı formdaki E-cam/matris kompozit yapıların lif-matris ara-yüz özellikleri, iplik sürtünmeleri ve kumaş yapısından etkilenebilmektedir. Tekli ve çoklu iplik çekme kuvvetleri, E-cam/matris kompozitlerde, sürtünme esaslı kırılma yükünü sergilemektedir. Kumaştan iplik çekme testlerinde, krimpden dolayı iplik uzama değerleri, kumaşın yönsel krimp oranı ve kumaş boyutlarına bağlıdır. 20 cm'lik testlerden elde edilen krimpden dolayı iplik uzama değerleri, 10 cm'lik testlerden elde edilenlere göre daha yüksektir. Şekil 4.8'de, tekli ve çoklu iplik çekmede, 10 cm ve 20 cm'lik test uzunlukları için krimpden dolayı iplik uzama değerleri verilmiştir.

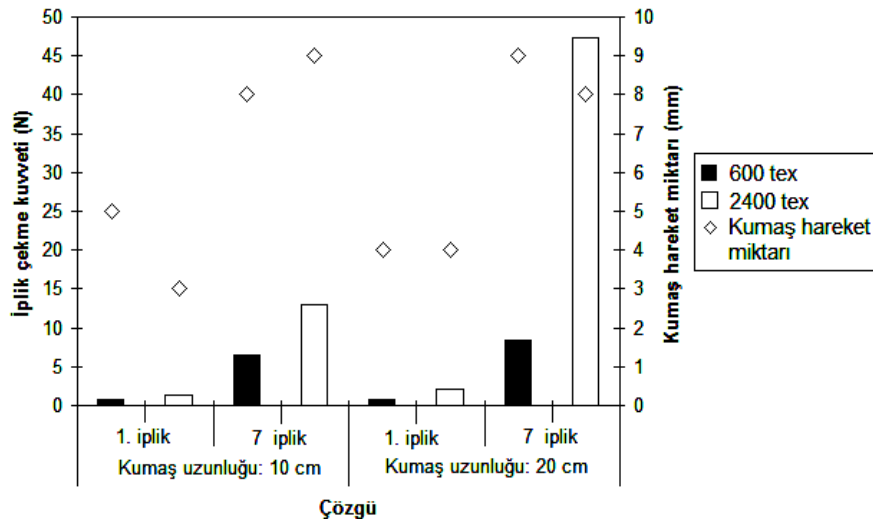


Şekil 4.8. 600 ve 2400 tex E-cam kumaşta iplik çekme kuvveti ve krimpden dolayı iplik uzaması arasındaki ilişki.

Yük altında, kompozit yapıdaki düzlemsel ve düzlem- dışı lokal gerilim yoğunlaştırıcılar ile bağlantılı olarak, krimpden dolayı iplik uzama özelliği oldukça önemli bir parametredir. Bu, kompozit yapının kırılması esnasında, çatlak oluşumu ve ilerlemesini etkileyecektir.

Kumaştan iplik çekme testinde, kumaş hareket miktarı, kumaş boyutlarına ve kumaştan çekilen iplik uç sayısına bağlıdır.

Şekil 4.9'da, tekli ve çoklu iplik çekmede, 10 cm ve 20 cm'lik test uzunlukları için kumaş hareket miktarları verilmiştir. Bütün bu özelliklerin belirlenmesi, E-cam dokuma kumaşların kompozit uygulamaları için yol gösterici olacaktır [19].

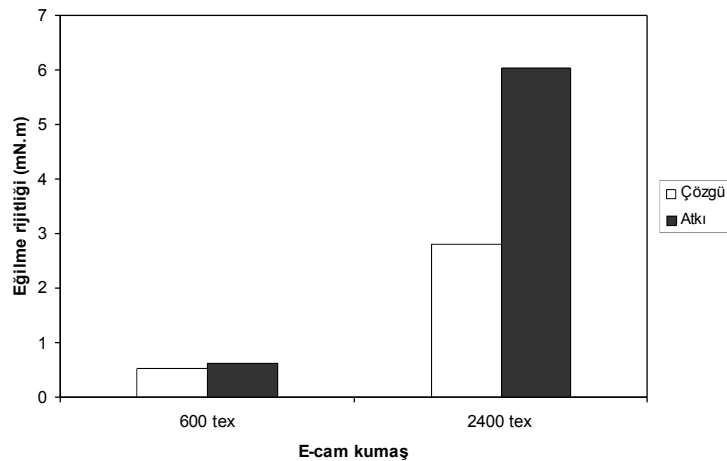


Şekil 4.9. 600 ve 2400 tex E-cam kumaşta iplik çekme kuvveti ve kumaş hareket miktarı arasındaki ilişki.

4.1.2. Kumaş ve Önşekil Eğilme Rijitliği Testi

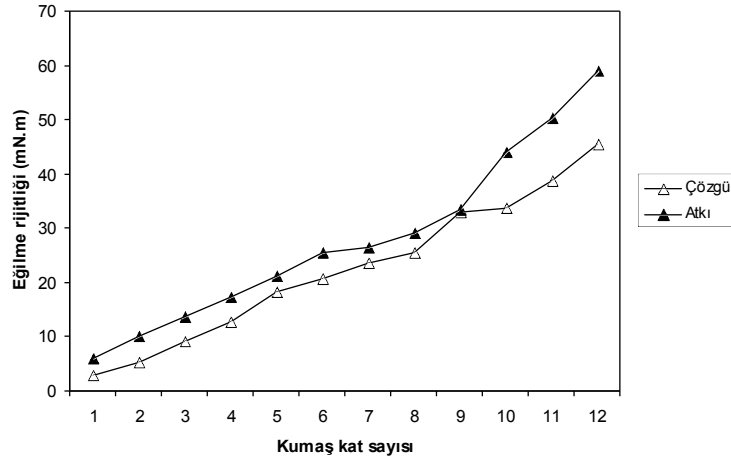
4.1.2.1. Tek Kat ve Çok Katlı Dikişsiz E-cam Kumaşlar

Şekil 4.10'da, 600 tex ve 2400 tex E-cam tek kat kumaşın çözgü ve atkı yönündeki eğilme rijitliği değerleri verilmiştir. Şekil 4.11'de, 2400 tex E-cam kumaşın kumaş kat sayısına karşı çözgü ve atkı yönündeki eğilme rijitliği değerleri verilmiştir.



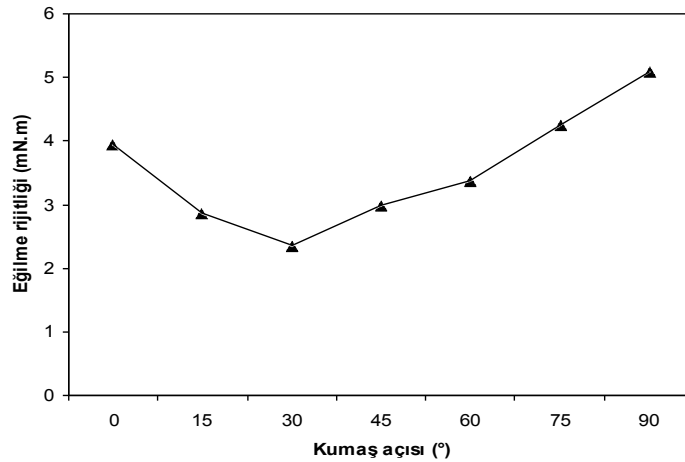
Şekil 4.10. 600 tex ve 2400 tex E-cam tek kat kumaşın çözgü ve atkı yönündeki eğilme rijitliği değerleri.

600 tex ve 2400 tex E-cam tek kat kumaşların atkı yönündeki eğilme rijitliği değerleri kumaş sıklığının bu yönde daha yüksek olmasından dolayı, çözgü yönündeki eğilme rijitliği değerlerinden daha yüksektir.



Şekil 4.11. 2400 tex E-cam kumaşın kumaş kat sayısına karşı çözgü ve atkı yönündeki eğilme rijitliği değerleri.

2400 tex E-cam tek kat kumaşın çözgü ve atkı yönündeki eğilme rijitliği değerleri iplik lineer yoğunluğundan dolayı, 600 tex E-cam tek kat kumaştan daha yüksektir. Dikişsiz çok katlı 2400 tex E-cam kumaşta, kumaş kat sayısının artmasıyla birlikte, çözgü ve atkı yönündeki eğilme rijitliği değerleri de artmıştır. Ayrıca, her bir kumaş kat sayısı için, atkı yönündeki eğilme rijitliği değerlerinin kumaş sıklığının bu yönde daha yüksek olmasından dolayı, çözgü yönündeki eğilme rijitliği değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



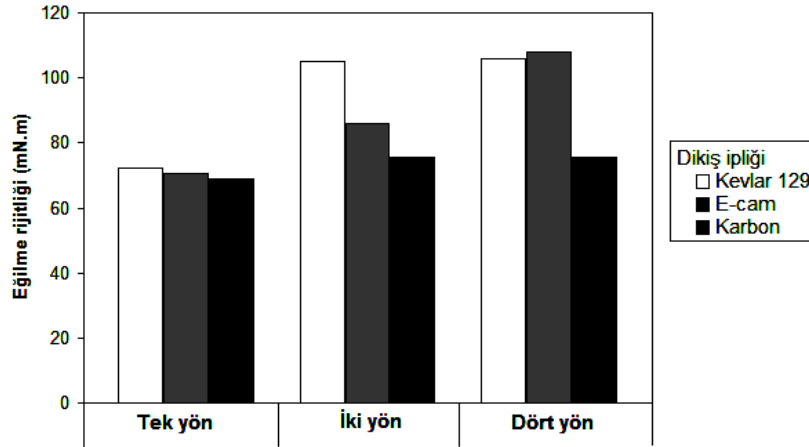
Şekil 4.12. 2400 tex E-cam kumaş açısına karşı eğilme rijitliği değerleri.

Şekil 4.12'de, 2400 tex E-cam kumaş açısına karşı eğilme rijitliği değerleri verilmiştir. 2400 tex E-cam tek kat kumaşın eğilme rijitliği değerleri, 0° (çözgü) ve 30° arasında düşmekte, ancak 45° ve 90° (atkı) arasında orantılı bir biçimde artış göstermektedir. Bu

durum, kumaşa 0° ve 90° haricinde lif oryantasyonunun bulunmamasından kaynaklanmaktadır. 90° 'deki eğilme rijitliği değeri, bu yöndeki kumaş sıklığının daha yüksek olmasından dolayı, 0° 'deki eğilme rijitliği değerinden daha yüksektir. Kumaş eğilme rijitliğinin, kumaş düzlemindeki açısız oryantasyona bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.

4.1.2.2. Çok Katlı Dikişsiz ve Dikişli E-cam Öncekiler

Şekil 4.13 ve 4.14'te sırasıyla, 2400 tex E-cam el dikişli ve makine dikişli öncekilerin eğilme rijitliği değerleri dikiş yönlerine bağlı olarak verilmiştir. Şekil 4.13'te görüldüğü gibi, 2400 tex E-cam çok katlı ve dört yön el dikişli öncekin eğilme rijitliği, tek yön ve iki yön dikişli öncekilerden daha yüksektir. Kevlar® 129 ve Karbon el dikişli öncekilerde iki yön ve dört yön dikişli numunelerin eğilme rijitliği değerleri birbirine yakınken, E-cam dikişli numunelerde belirgin bir farklılık mevcuttur.

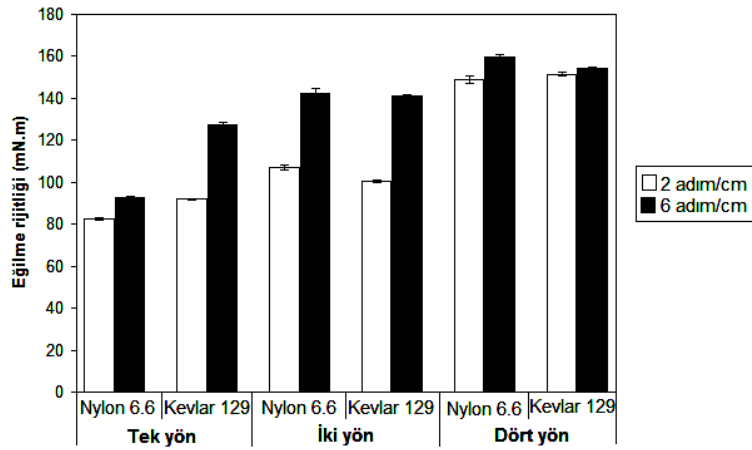


Şekil 4.13. 2400 tex E-cam el dikişli öncekilerin eğilme rijitliği değerleri.

E-cam ve Kevlar® 129 el dikişli 2400 tex E-cam öncekilerin eğilme rijitliği değerleri, Karbon el dikişli öncekilerle göre az da olsa daha yüksektir. Dikiş yön sayısı, geliştirilen öncekilerin eğilme rijitliği değerlerini etkilemektedir. Dikiş, öncekli rijit hale getirmekte ve bu da öncekilerin eğilme davranışlarını etkilemektedir. Dikiş ipliği türü, öncekilerin eğilme rijitliğini etkileyen bir diğer önemli parametredir.

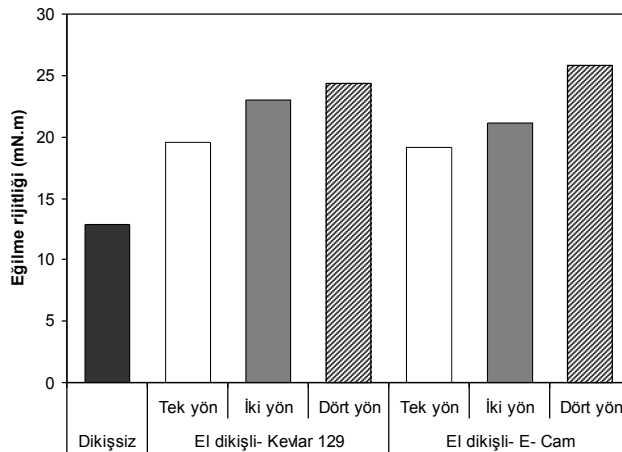
Şekil 4.14'te görüldüğü gibi, 2400 tex E-cam çok katlı ve dört yön Nylon 6.6 ve Kevlar® 129 gevşek ve sıkı makine dikişli öncekilerin eğilme rijitliği değerleri, tek yön

ve iki yön makine dikişli önşekillere göre daha yüksektir. Sıkı (6 adım/cm) makine dikişli tüm önşekillerin eğilme rijitliği değerleri, gevşek (2 adım/cm) makine dikişli önşekillere kıyasla daha yüksektir. Her bir dikiş yönü için geçerli olmak üzere, artan dikiş adım sayısı, önşekilleri rijit yapmakta ve eğilme rijitliğini etkilemektedir. Dikiş adım sayısı, önşekillerin eğilme rijitliğini etkileyen önemli bir parametredir.

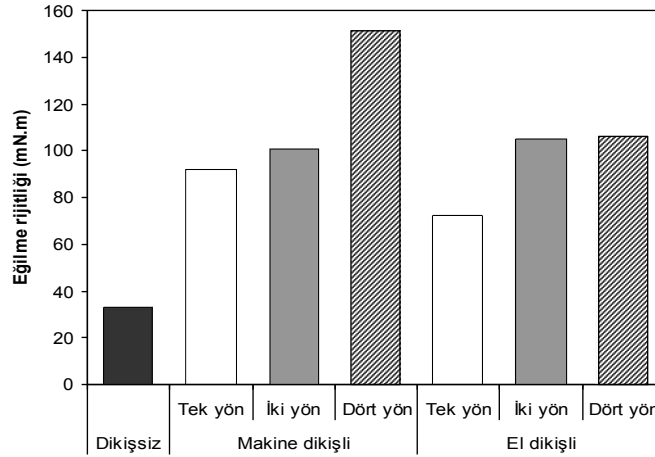


Şekil 4.14. 2400 tex E-cam makine dikişli önşekillerde dikiş yönüne karşı eğilme rijitliği değerleri.

Şekil 4.15'te, 600 tex dikişsiz ve el dikişli önşekillerin eğilme rijitliği değerleri, dikiş ipliği türü ve dikiş yönüne bağlı olarak verilmiştir. Şekil 4.16'da, 2400 tex dikişsiz, makine dikişli ve el dikişli önşekillerin eğilme rijitliği değerleri, dikiş ipliği türü ve dikiş yönüne bağlı olarak verilmiştir.



Şekil 4.15. 600 tex dikişsiz ve el dikişli önşekillerde dikiş ipliği türü ve dikiş yönüne karşı eğilme rijitliği değerleri.



Şekil 4.16. 2400 tex önşekillerde dikiş ipliği türü ve dikiş yönüne karşı eğilme rijitliği değerleri.

600 tex E-cam el dikişli önşekillerin eğilme rijitliği değerleri, dikişsiz önşeklin eğilme rijitliği değerinden daha yüksektir. 2400 tex E-cam Kevlar® 129 el dikişli ve gevşek makine dikişli önşekillerin eğilme rijitliği değerleri, dikişsiz önşekle göre oldukça yüksektir. 2400 tex E-cam tek yön ve dört yön Kevlar® 129 gevşek makine dikişli önşekillerin eğilme rijitliği değerleri, tek yön ve iki yön Kevlar® 129 el dikişli önşekillere göre daha yüksektir. Ancak, iki yön Kevlar® 129 gevşek makine dikişli önşeklin eğilme rijitliği, iki yön Kevlar® 129 el dikişli önşekle göre daha düşüktür.

4.2. Kompozit Yoğunlukları ve Lif Hacmi

Kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir. E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapılar için, reçine içerisindeki ağırlıkça nano/mikro madde miktarı dikkate alınarak, ağırlık esaslı ve hacim esaslı lif hacmi (%) değerleri hesaplanmıştır. E-cam/Polyester dikişli kompozit yapılarda ise, önşekil içerisindeki ağırlıkça dikiş ipliği miktarı dikkate alınarak, ağırlık esaslı ve hacim esaslı lif hacmi (%) değerleri, ‘toplam lif hacmi’, ‘lif hacmi’ ve ‘dikiş ipliği lif hacmi’ olmak üzere ifade edilmiştir.

Tablo 4.2’de, diğer tüm kompozit yapıların ölçülen yoğunluk, lif hacmi ve boşluk miktarı değerlerinin, dikişsiz (T1-a) kompozit yapının değerlerinden farkı alınarak; ‘ölçülen yoğunluk farkı’, ‘lif hacmi farkı’ ve ‘boşluk miktarı farkı’ değerleri hesaplanmıştır. Bu farklar hesaplanırken, dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılarda; [T1-a – T2-a...T2-d], dikişsiz/mikro dolgulu yapılarda; [T1-a – T3-a...T3-e],

makine dikişli kompozit yapılarda; |T1-a – T4-a...T4-l|, el dikişli kompozit yapılarda; |T1-a – T5-a...T5-i| ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılarda; |T1-a – T6-a...T6-b| ifadesi kullanılmıştır.

Tablo 4.1. E-cam/Polyester kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri.

Kod	Ölçülen Yoğunluk (g/cm ³)	Toplam lif hacmi Ağırlık esası (Hacim esası) (%)	Lif hacmi Ağırlık esası (Hacim esası) (%)	Dikiş ipliği lif hacmi Ağırlık esası (Hacim esası) (%)	Boşluk miktarı (%)
T0-a	1.305	-	-	-	-
T0-b	1.343	-	-	-	-
T0-c	1.327	-	-	-	-
T0-d	1.182	-	-	-	-
T0-e	1.367	-	-	-	-
T0-f	1.434	-	-	-	-
T0-g	1.513	-	-	-	-
T0-h	1.249	-	-	-	-
T1-a	1.998	78.689 (61.186)	-	-	3.344
T1-b	1.952	78.155 (59.353)	-	-	5.110
T1-c	2.006	78.298 (61.115)	-	-	2.601
T2-a	1.949	74.162 (56.232)	-	-	2.360
T2-b	1.806	74.717 (52.400)	-	-	10.266
T2-c	1.869	75.998 (55.256)	-	-	8.728
T2-d	1.914	77.509 (57.696)	-	-	7.278
T3-a	1.930	79.585 (59.731)	-	-	8.230
T3-b	1.869	77.321 (56.213)	-	-	9.326
T3-c	2.008	78.164 (61.062)	-	-	3.332
T3-d	1.900	76.724 (56.717)	-	-	7.349
T3-e	1.954	75.712 (57.568)	-	-	3.867
T4-a	2.017	79.829 (62.668)	79.431 (62.356)	0.397 (0.312)	3.083
T4-b	1.979	78.973 (60.797)	78.191 (60.195)	0.782 (0.602)	3.842
T4-c	1.974	77.540 (59.553)	76.237 (58.552)	1.304 (1.001)	2.354
T4-d	2.000	79.754 (62.074)	79.122 (61.581)	0.633 (0.493)	3.617
T4-e	1.950	77.896 (59.091)	76.654 (58.149)	1.242 (0.942)	3.924
T4-f	1.949	76.794 (58.249)	74.746 (56.696)	2.048 (1.553)	2.277
T4-g	1.913	79.341 (59.049)	78.648 (58.533)	0.692 (0.515)	7.437
T4-h	1.919	78.226 (58.409)	76.888 (57.410)	1.338 (0.999)	5.630
T4-i	1.893	75.966 (55.948)	73.782 (54.340)	2.184 (1.608)	4.305
T4-j	1.922	77.724 (58.118)	76.636 (57.305)	1.088 (0.814)	5.286
T4-k	1.886	75.375 (55.314)	73.322 (53.807)	2.053 (1.507)	4.261
T4-l	1.874	77.309 (56.376)	73.846 (53.851)	3.463 (2.526)	5.303
T5-a	1.910	78.378 (58.247)	78.043 (57.998)	0.336 (0.249)	7.055
T5-b	1.974	77.681 (59.667)	77.019 (59.159)	0.662 (0.509)	3.045
T5-c	1.961	77.553 (59.188)	76.025 (58.022)	1.528 (1.166)	2.793
T5-d	1.990	78.222 (60.565)	76.423 (59.172)	1.799 (1.393)	3.317
T5-e	1.997	79.059 (61.446)	75.502 (58.681)	3.558 (2.765)	3.696
T5-f	1.962	77.176 (58.915)	69.435 (53.006)	7.741 (5.909)	3.770
T5-g	1.962	77.520 (56.569)	77.287 (56.399)	0.233 (0.170)	4.052
T5-h	1.967	77.959 (59.681)	77.530 (59.353)	0.429 (0.328)	4.191
T5-i	1.948	78.895 (59.795)	77.870 (59.018)	1.026 (0.777)	5.946
T6-a	1.823	68.818 (48.246)	65.735 (47.228)	3.083 (1.018)	2.652
T6-b	1.894	73.540 (49.469)	70.245 (48.206)	3.295 (1.263)	2.482

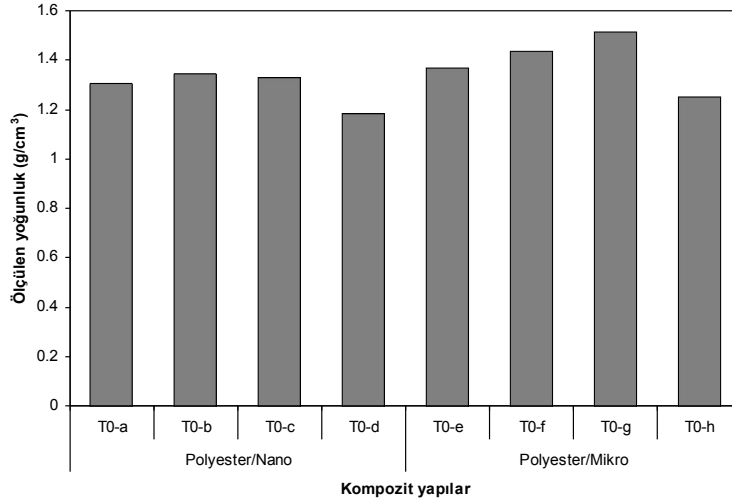
Tablo 4.2. E-cam/Polyester kompozit yapıların yoğunluk, lif hacmi ve boşluk miktarı farkları.

Kod	Ölçülen Yoğunluk Farkı (g/cm ³)	Lif hacmi farkı Ağırlık esası (Hacim esası) (%)	Boşluk miktarı farkı (%)
T1-a	0	0 (0)	0
T1-b	0.046	0.534 (1.833)	1.766
T1-c	0.008	0.391 (0.071)	0.743
T2-a	0.049	4.527 (4.954)	0.984
T2-b	0.192	3.972 (8.786)	6.922
T2-c	0.129	2.691 (5.930)	5.384
T2-d	0.084	1.180 (3.490)	3.934
T3-a	0.068	0.896 (1.455)	4.886
T3-b	0.129	1.368 (4.973)	5.982
T3-c	0.010	0.525 (0.124)	0.012
T3-d	0.098	1.965 (4.469)	4.005
T3-e	0.044	2.977 (3.618)	0.523
T4-a	0.019	0.742 (1.170)	0.261
T4-b	0.019	0.498 (0.991)	0.498
T4-c	0.024	2.452 (2.634)	0.990
T4-d	0.002	0.433 (0.395)	0.273
T4-e	0.048	2.035 (3.037)	0.580
T4-f	0.049	3.943 (4.490)	1.067
T4-g	0.085	0.041 (2.653)	4.093
T4-h	0.079	1.801 (3.776)	2.286
T4-i	0.105	4.907 (6.846)	0.961
T4-j	0.076	2.053 (3.881)	1.942
T4-k	0.112	5.367 (7.379)	0.917
T4-l	0.124	4.843 (7.335)	1.959
T5-a	0.088	0.646 (3.188)	3.711
T5-b	0.024	1.670 (2.027)	0.299
T5-c	0.037	2.664 (3.164)	0.551
T5-d	0.008	2.266 (2.014)	0.027
T5-e	0.001	3.187 (2.505)	0.352
T5-f	0.036	9.254 (8.180)	0.426
T5-g	0.036	1.402 (4.787)	0.708
T5-h	0.031	1.159 (1.833)	0.847
T5-i	0.050	0.819 (2.168)	2.602
T6-a	0.175	9.871 (12.940)	0.692
T6-b	0.104	5.149 (11.717)	0.862

4.2.1. Kompozit Yoğunlukları

4.2.1.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar

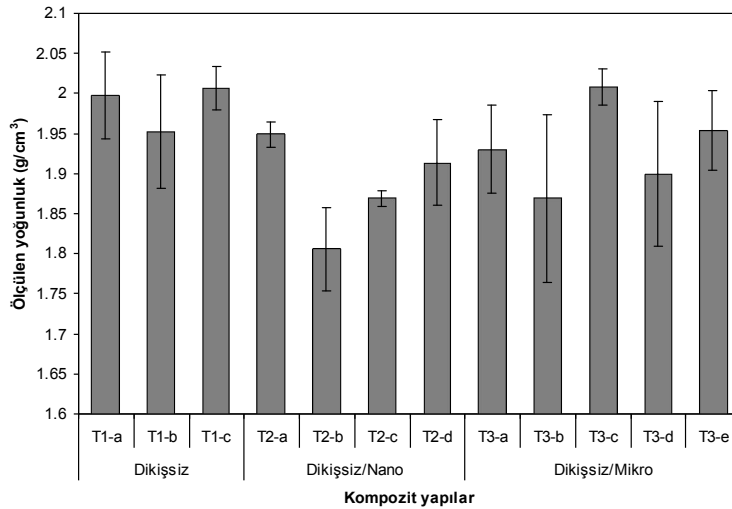
Şekil 4.17’de, polyester/nano ve polyester/mikro dolgulu kompozit yapılar için, ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Genel olarak, polyester/mikro dolgulu kompozit yapıların yoğunluk değerlerinin, polyester/nano dolgulu yapılara kıyasla bir miktar daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.17. Ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi (polyester/nano-mikro) arasındaki ilişki.

4.2.1.2. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.18'de, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano dolgulu ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapılar için ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.18. Ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano, dikişsiz/mikro) arasındaki ilişki.

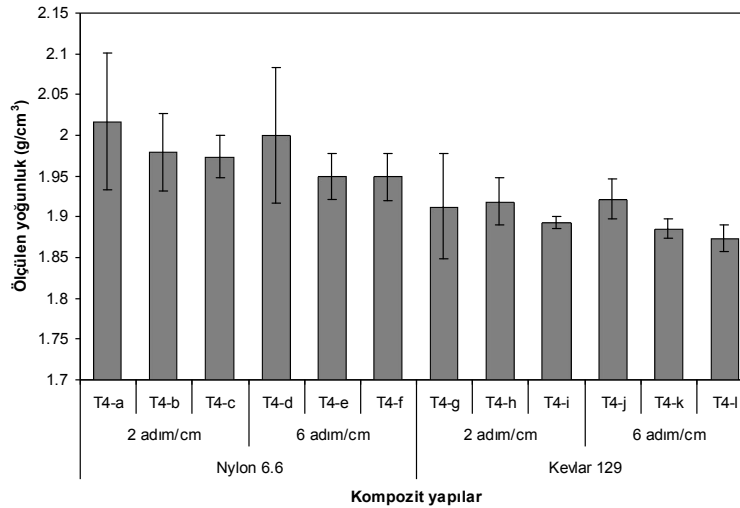
Dikişsiz/nano ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların ölçülen yoğunluk değerlerinin sırasıyla; 1.806-1.949 g/cm³ ve 1.869-2.008 g/cm³ aralığında gerçekleştiği

tespit edilmiştir. Dikişsiz kompozit yapıyla, dikişsiz/nano ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapılar arasındaki yoğunluk farkları $|T1-a - T2-a...T2-d|$ ve $|T1-a - T3-a...T3-e|$ ise sırasıyla; $0.049-0.192 \text{ g/cm}^3$ ve $0.010-0.129 \text{ g/cm}^3$ aralığında gerçekleşmiştir.

4.2.1.3. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.19'da, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapılar için ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Makine dikişli kompozit yapıların ölçülen yoğunluk değerlerinin; $1.874-2.017 \text{ g/cm}^3$ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişsiz kompozit yapıyla, makine dikişli kompozit yapılar arasındaki yoğunluk farkları $|T1-a - T4-a...T4-l|$ ise; $0.002-0.124 \text{ g/cm}^3$ aralığında gerçekleşmiştir. Yoğunluk sonuçları, dikişin, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif yerleşimine sebep olduğunu göstermiştir.

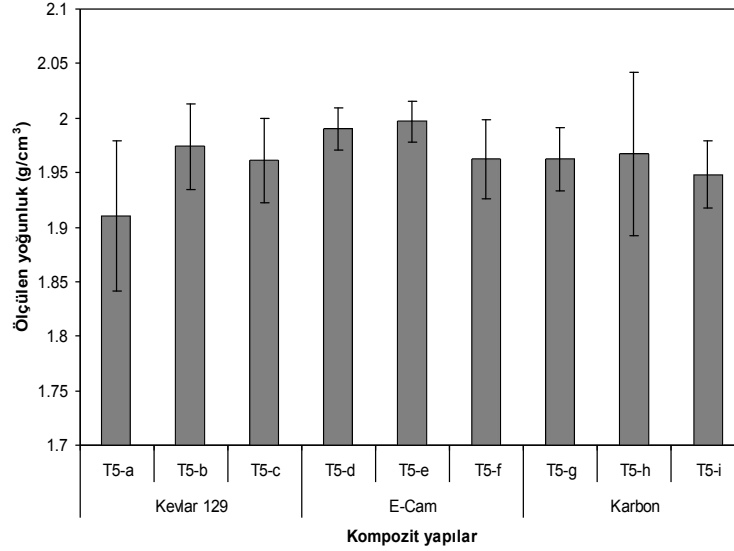


Şekil 4.19. Ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.20'de, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapılar için ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. El dikişli kompozit yapıların ölçülen yoğunluk değerlerinin; $1.910-1.997 \text{ g/cm}^3$ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişsiz kompozit yapıyla, el dikişli kompozit yapılar arasındaki yoğunluk farkları $|T1-$

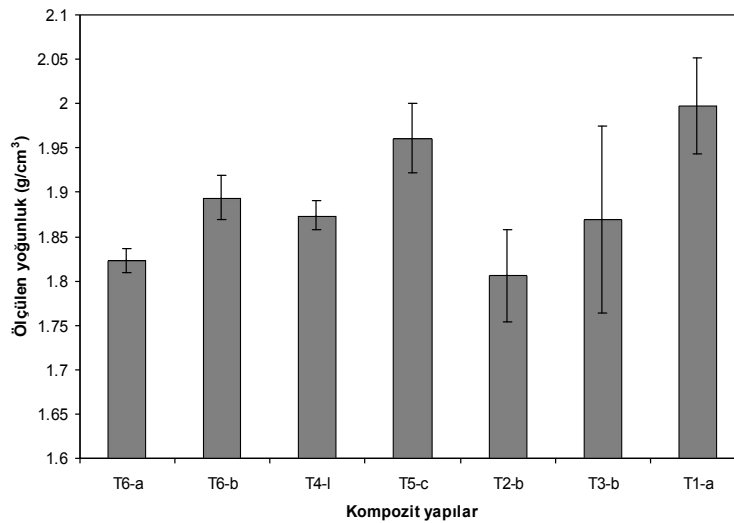
a – T5-a...T5-i] ise; 0.001-0.088 g/cm³ aralığında gerçekleşmiştir. Yoğunluk sonuçları, dikişin, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif yerleşimine sebep olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.20. Ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.

4.2.1.4. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.21'de, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



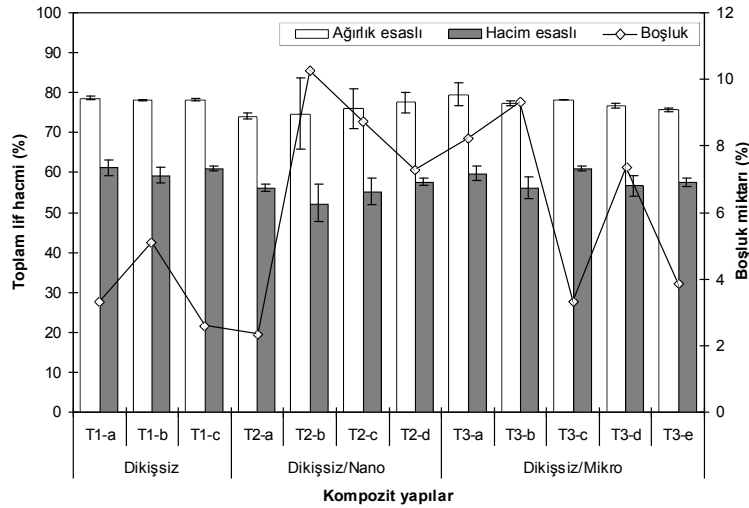
Şekil 4.21. Ölçülen yoğunluk değerleri ve yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

Dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların ölçülen yoğunluk değerleri; $1.823-1.894 \text{ g/cm}^3$ aralığında gerçekleşmiştir. Dikişsiz (T1-a) kompozit yapıyla, dikişli/nano dolgulu (T6-a, T6-b) kompozit yapılar arasındaki yoğunluk farkları ise; $0.104-0.175 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Yoğunluk sonuçları, kısmen dikişin, kısmen de VARTM prosesinin, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif yerleşimine sebep olduğunu göstermiştir.

4.2.2. Toplam Lif Hacmi ve Boşluk Miktarı

4.2.2.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.22'de, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano dolgulu ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapılar için toplam lif hacmi, boşluk miktarı ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.22. Toplam lif hacmi, boşluk miktarı ve yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano, dikişsiz/mikro) arasındaki ilişki.

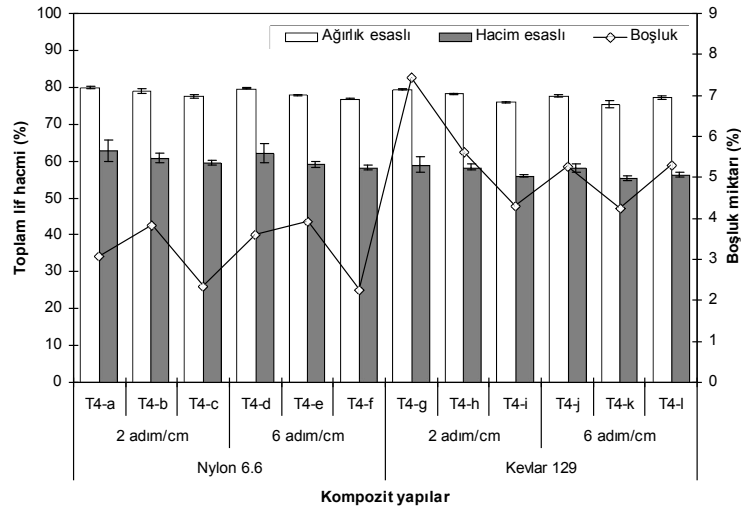
Dikişsiz/nano ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların toplam lif hacmi (ağırlık esaslı, %) değerlerinin sırasıyla; % 74.162-77.509 ve % 75.712-79.585 aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişsiz kompozit yapıyla, dikişsiz/nano ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapılar arasındaki lif hacmi farkları (ağırlık esaslı, %) |T1-a – T2-a...T2-d| ve |T1-a – T3-a...T3-e| ise sırasıyla; % 1.180-4.527 ve % 0.525-2.977 aralığında gerçekleşmiştir. Dikişsiz/nano ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların boşluk miktarı değerlerinin sırasıyla; % 2.360-10.266 ve % 3.332-9.326

aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişsiz kompozit yapıyla, dikişsiz/nano ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapılar arasındaki boşluk miktarı farkları $|T1-a - T2-a...T2-d|$ ve $|T1-a - T3-a...T3-e|$ ise sırasıyla; % 0.984-6.922 ve % 0.012-5.982 aralığında gerçekleşmiştir.

4.2.2.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.23'te, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapılar için toplam lif hacmi, boşluk miktarı ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.23. Toplam lif hacmi, boşluk miktarı ve yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.

Makine dikişli kompozit yapıların toplam lif hacmi (ağırlık esaslı, %) değerlerinin; % 75.375-79.829 aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişsiz kompozit yapıyla, makine dikişli kompozit yapılar arasındaki lif hacmi farkları (ağırlık esaslı, %) $|T1-a - T4-a...T4-l|$ ise; % 0.041-5.367 aralığında gerçekleşmiştir. Toplam lif hacmi sonuçları, dikişin, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif yerleşimine sebep olduğunu göstermiştir. Ayrıca, yapıdaki dikiş yönü arttıkça, dikiş ipliğinin lif hacmi de, dikiş adım sayısı ve dikiş ipliğinin türüne bağlı olarak artış göstermiştir. Ancak, toplam lif hacmi değerleri, dikim işlemiyle orantılı olarak artış göstermemiştir. Makine dikişli kompozit yapıların boşluk miktarı değerlerinin; % 2.277-7.437 aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişsiz kompozit yapıyla, makine dikişli kompozit yapılar arasındaki

boşluk miktarı farkları $|T1-a - T4-a...T4-l|$ ise; % 0.261-4.093 aralığında gerçekleşmiştir. Boşluk miktarı sonuçları da, dikişin, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif yerleşimine sebep olduğunu göstermiştir. Genel olarak, dikiş yönü arttıkça, boşluk miktarının da arttığı sonucuna varılmıştır.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.24'te, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapılar için toplam lif hacmi, boşluk miktarı ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



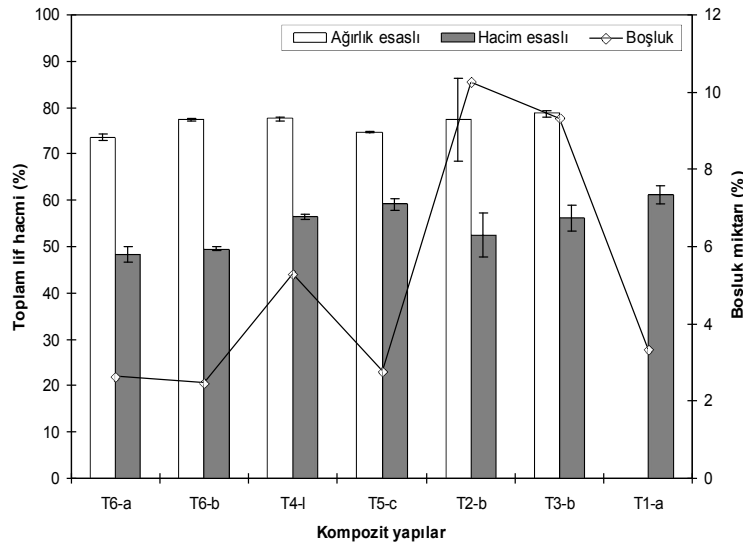
Şekil 4.24. Toplam lif hacmi, boşluk miktarı ve yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.

El dikişli kompozit yapıların toplam lif hacmi (ağırlık esaslı, %) değerlerinin; % 77.176-79.059 aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişsiz kompozit yapıyla, el dikişli kompozit yapılar arasındaki lif hacmi farkları (ağırlık esaslı, %) $|T1-a - T5-a...T5-i|$ ise; % 0.646-9.254 aralığında gerçekleşmiştir. Toplam lif hacmi sonuçları, dikişin, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif yerleşimine sebep olduğunu göstermiştir. Ayrıca, yapıdaki dikiş yönü arttıkça, dikiş ipliğinin lif hacmi de, dikiş adım sayısı ve dikiş ipliğinin türüne bağlı olarak artış göstermiştir. Ancak, toplam lif hacmi değerleri, dikim işlemiyle orantılı olarak artış göstermemiştir. El dikişli kompozit yapıların boşluk miktarı değerlerinin; % 2.793-7.055 aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişsiz kompozit yapıyla, el dikişli kompozit yapılar arasındaki boşluk miktarı farkları $|T1-a - T5-a...T5-i|$ ise; % 0.027-3.711 aralığında gerçekleşmiştir. Boşluk miktarı sonuçları da, dikişin, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif

yerleşimine sebep olduğunu göstermiştir. Genel olarak, dikiş yönü arttıkça, boşluk miktarının da arttığı sonucuna varılmıştır.

4.2.2.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.25'te, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için toplam lif hacmi, boşluk miktarı ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.25. Toplam lif hacmi, boşluk miktarı ve yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

Dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların toplam lif hacmi (ağırlık esaslı, %) değerleri; % 68.818-73.540 aralığında gerçekleşmiştir. Dikişsiz kompozit yapıyla, dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar arasındaki lif hacmi farkları (ağırlık esaslı, %) |T1-a – T6-a...T6-b|; % 5.149-9.841 aralığında gerçekleşmiştir. Dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların boşluk miktarı değerleri; % 2.482-2.652 aralığında gerçekleşmiştir. Dikişsiz kompozit yapıyla, dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar arasındaki boşluk miktarı farkları ise |T1-a – T6-a...T6-b|; % 0.692-0.862 aralığında gerçekleşmiştir. Toplam lif hacmi ve boşluk miktarı sonuçları; kısmen dikişin, kısmen de VARTM prosesinin, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif yerleşimine sebep olduğunu göstermiştir.

4.3. Çekme Dayanımı Testi

Tablo 4.3'te, Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Tablo 4.4 ve 4.5'te sırasıyla, kompozit

yapıların çözü ve atkı yönü, ve +45° ve -45° yönü çekme dayanımı test sonuçları verilmiştir. Her bir kompozit yapının çözü, atkı, +45° ve -45° yönü testleri için ‘spesifik çekme dayanımı’, ‘spesifik çekme uzaması’ ve ‘spesifik çekme modülü’ değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 4.3. Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların çekme dayanımı test sonuçları.

Kod	Çekme kuvveti (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)	Spesifik çekme dayanımı (MPa/g/cm ³)	Spesifik çekme uzaması (%/g/cm ³)	Spesifik çekme modülü (GPa/g/cm ³)
T0-a	773.93	0.59	20.32	0.91	2.30	15.57	0.70	1.76
T0-b	676.80	0.49	23.82	0.75	2.90	17.74	0.56	2.16
T0-c	619.71	0.56	15.63	0.87	1.95	11.78	0.66	1.47
T0-d	540.77	0.48	13.69	0.74	1.85	11.59	0.63	1.57
T0-e	828.89	0.65	22.91	1.01	2.26	16.76	0.74	1.65
T0-f	853.15	0.82	25.92	1.26	2.26	18.08	0.88	1.58
T0-g	415.87	0.77	26.66	1.18	2.22	17.62	0.78	1.47
T0-h	990.19	0.70	22.76	1.08	2.09	18.22	0.86	1.67

Tablo 4.4. E-cam/Polyester kompozit yapıların çözü ve atkı yönü çekme dayanımı test sonuçları.

Kod	Çekme kuvveti (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)	Spesifik çekme dayanımı (MPa/g/cm ³)	Spesifik çekme uzaması (%/g/cm ³)	Spesifik çekme modülü (GPa/g/cm ³)
ÇÖZGÜ YÖNÜ								
T1-a	19626.57	5.31	303.37	4.22	9.99	151.84	2.11	5.00
T2-a	21832.93	5.74	315.34	4.58	9.17	161.80	2.35	4.70
T2-b	19784.67	5.71	329.88	4.57	10.06	182.66	2.53	5.57
T2-c	19626.03	5.91	316.18	4.71	10.01	169.17	2.52	5.36
T2-d	19485.90	5.54	314.24	4.39	10.45	164.18	2.29	5.46
T4-a	20775.87	6.22	330.35	4.95	10.31	163.78	2.45	5.11
T4-b	19992.00	5.63	302.20	4.47	9.43	152.70	2.26	4.77
T4-c	20487.00	5.51	297.84	4.36	9.37	150.88	2.21	4.75
T4-d	20112.43	5.77	353.14	4.65	10.46	176.57	2.33	5.23
T4-e	21670.73	5.71	318.11	4.47	9.84	163.13	2.29	5.05
T4-f	19509.50	5.51	260.81	4.28	8.41	133.82	2.20	4.32
T4-g	20549.93	6.16	310.82	4.85	9.32	162.48	2.54	4.87
T4-h	20893.00	6.03	289.36	4.79	8.87	150.79	2.50	4.62
T4-i	19840.27	5.88	265.55	4.72	7.75	140.28	2.49	4.09
T4-j	23933.17	6.68	348.89	5.24	9.79	181.52	2.73	5.09
T4-k	21563.43	6.73	285.86	5.37	7.58	151.57	2.85	4.02
T4-l	16902.40	5.57	228.50	4.49	6.54	121.93	2.40	3.49
T6-a	19339.00	5.91	238.79	4.74	7.32	130.99	2.60	4.02
T6-b	17941.20	5.77	258.15	4.57	8.00	136.30	2.41	4.22
ATKI YÖNÜ								
T1-a	17890.70	5.85	285.32	4.63	8.52	142.80	2.32	4.26
T2-a	19484.40	5.85	290.42	4.67	8.50	149.01	2.40	4.36
T2-b	19144.23	6.06	302.26	4.85	9.01	167.36	2.69	4.99
T2-c	18226.57	6.06	285.82	4.76	9.38	152.93	2.55	5.02
T2-d	18356.63	6.11	207.23	4.88	9.80	108.27	2.55	5.12
T4-a	21787.80	6.70	345.04	5.32	10.34	171.07	2.64	5.13
T4-b	21248.13	6.23	323.65	4.92	8.99	163.54	2.49	4.54

Tablo 4.4'ün devamı.

T4-c	16178.40	5.27	248.53	4.13	8.90	125.90	2.09	4.51
T4-d	16667.90	5.17	273.88	4.17	9.17	136.94	2.09	4.59
T4-e	18462.47	5.65	278.87	4.51	9.08	143.01	2.31	4.66
T4-f	16421.50	5.60	233.09	4.41	7.47	119.59	2.26	3.83
T4-g	20243.63	6.36	301.92	5.02	9.05	157.83	2.62	4.73
T4-h	22058.27	6.83	299.46	5.39	8.31	156.05	2.81	4.33
T4-i	18376.80	6.19	241.35	4.89	7.43	127.50	2.58	3.92
T4-j	22659.00	6.94	336.81	5.42	9.12	175.24	2.82	4.75
T4-k	23167.93	7.25	312.26	5.83	6.35	165.57	3.09	3.37
T4-l	15727.03	5.72	208.87	4.52	5.87	111.46	2.41	3.13
T6-a	16597.53	5.98	204.08	4.72	5.51	111.95	2.59	3.02
T6-b	16968.43	6.05	240.21	4.99	7.36	126.83	2.63	3.89

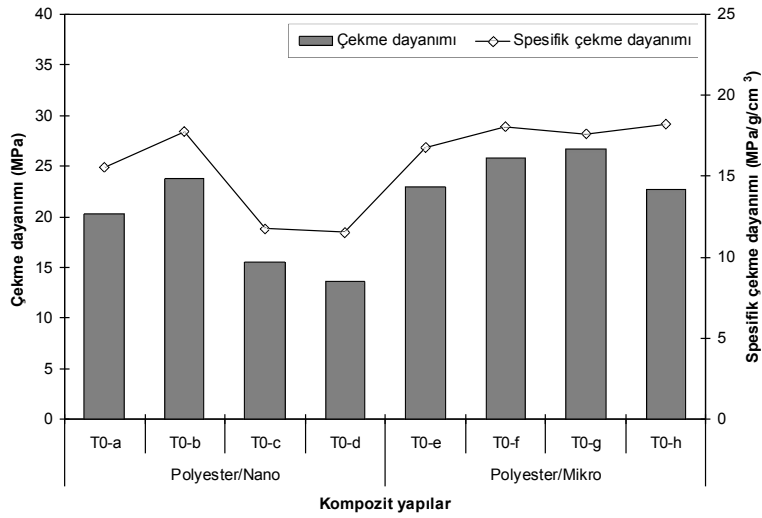
Tablo 4.5. E-cam/Polyester kompozit yapıların +45° ve -45° yönü çekme dayanımı test sonuçları.

Kod	Çekme kuvveti (N)	Uzama (mm)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Çekme modülü (GPa)	Spesifik çekme dayanımı (MPa/g/cm ³)	Spesifik çekme uzaması (%/g/cm ³)	Spesifik çekme modülü (GPa/g/cm ³)
+45° YÖNÜ								
T1-a	5313.86	8.32	84.10	6.61	5.93	42.09	3.31	2.97
T2-a	5464.82	14.23	84.46	11.20	4.15	43.34	5.75	2.13
T2-b	4926.16	10.34	77.48	8.04	5.39	42.90	4.45	2.98
T2-c	5756.45	10.86	90.01	8.65	5.92	48.16	4.63	3.17
T2-d	4728.96	8.87	78.61	6.83	5.50	41.07	3.57	2.87
T4-a	5498.11	6.47	86.49	5.09	6.40	42.88	2.52	3.17
T4-b	5564.51	6.32	82.06	4.85	5.68	41.47	2.45	2.87
T4-c	5065.82	5.33	74.78	4.09	5.37	37.88	2.07	2.72
T4-d	4212.96	5.07	69.96	3.88	5.78	34.98	1.94	2.89
T4-e	4549.18	5.05	70.47	3.91	5.24	36.14	2.01	2.69
T4-f	4881.13	5.25	70.06	3.87	4.75	35.95	1.99	2.44
T4-g	4880.15	4.34	73.89	3.40	5.64	38.63	1.78	2.95
T4-h	5781.63	5.89	79.66	4.52	5.10	41.51	2.36	2.66
T4-i	5528.70	5.34	71.61	4.14	4.75	37.83	2.19	2.51
T4-j	4693.23	5.93	70.36	4.70	5.20	36.61	2.45	2.71
T4-k	5916.58	9.34	79.29	7.30	4.36	42.04	3.87	2.31
T4-l	5548.13	8.12	71.37	6.39	4.02	38.08	3.41	2.15
T6-a	7119.03	16.11	86.78	12.16	3.76	47.60	6.67	2.06
T6-b	5377.54	8.05	73.09	6.38	4.42	38.59	3.37	2.33
-45° YÖNÜ								
T1-a	4529.03	7.52	75.35	5.85	6.18	37.71	2.93	3.09
T2-a	5434.16	9.48	85.29	7.50	5.86	43.76	3.85	3.01
T2-b	6140.16	11.72	95.75	9.31	5.72	53.02	5.16	3.17
T2-c	5711.90	11.44	86.97	8.96	5.69	46.53	4.79	3.04
T2-d	4938.80	9.66	79.54	7.53	5.44	41.56	3.93	2.84
T4-a	4919.47	4.57	75.92	3.55	6.34	37.64	1.76	3.14
T4-b	5110.86	6.13	77.00	4.84	5.60	38.91	2.45	2.83
T4-c	5232.45	5.97	77.53	4.65	5.31	39.28	2.36	2.69
T4-d	4184.55	3.53	64.09	2.69	5.71	32.05	1.35	2.86
T4-e	4994.83	6.18	75.29	4.80	5.14	38.61	2.46	2.64
T4-f	5102.15	5.49	70.60	4.23	4.50	36.22	2.17	2.31
T4-g	5278.86	6.18	83.47	4.77	5.85	43.63	2.49	3.06
T4-h	5308.30	6.70	74.93	5.06	5.02	39.05	2.64	2.62
T4-i	5333.14	5.35	71.18	4.20	4.76	37.60	2.22	2.51
T4-j	4508.35	6.43	67.38	5.01	5.02	35.06	2.61	2.61
T4-k	4998.63	6.95	66.80	5.44	4.27	35.42	2.88	2.26
T4-l	5807.20	12.93	70.53	10.29	3.70	37.64	5.49	1.97
T6-a	6530.50	13.84	80.09	10.89	3.74	43.93	5.97	2.05
T6-b	5619.39	9.15	76.22	7.30	4.41	40.24	3.85	2.33

4.3.1. Çekme Dayanımı

4.3.1.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar

Şekil 4.26'da, Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapılar için, çekme dayanımı ve spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



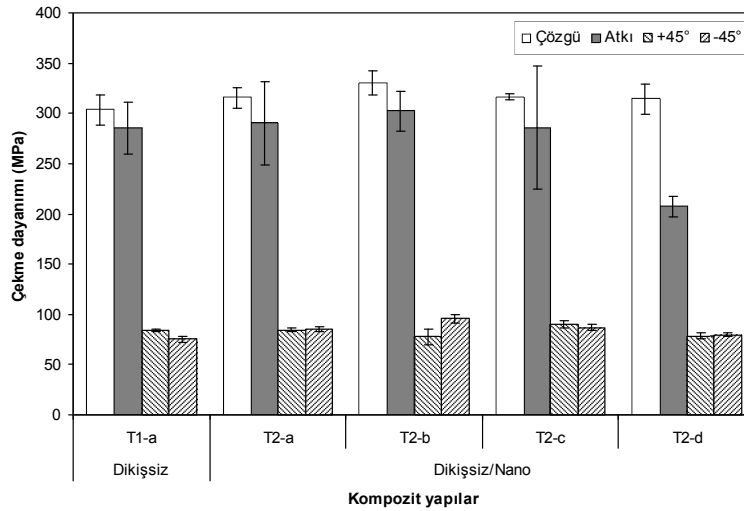
Şekil 4.26. Çekme dayanımı ve spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (polyester/nano, polyester/mikro) arasındaki ilişki.

Genel olarak, polyester/mikro dolgulu yapıların çekme dayanımı değerlerinin, polyester/nano dolgulu yapılara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, nano boyuttaki maddenin, polyester reçine içerisinde heterojen dağılımından kaynaklandığı söylenebilir. Çekme dayanımı değerleri, 13.69-26.66 MPa aralığındadır. Çekme dayanımı ve spesifik çekme dayanımı sonuçları birbirleriyle uyumludur.

4.3.1.2. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.27'de, E-cam/Polyester dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözü, atkı, +45° ve -45° yönündeki çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Dikişsiz ve dikişsiz/dolgulu kompozit yapıların çekme dayanımı değerlerinin, çözü ve atkı yönünde, +45° ve -45° yönüne göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bunun nedeni; ±bias yönlerinde, lifin doğrultulanmamasından kaynaklanmaktadır ve beklenen bir durumdur. Çözü yönündeki çekme dayanımı

değerleri, atkı yönüne kıyasla daha yüksektir. Atkı sıklığının 18 tel/10 cm, çözgü sıklığının 16 tel/10 cm olmasına karşın; atkı yönündeki çekme dayanımının, çözgü yönündeki çekme dayanımından düşük olmasının, atkı sıklığındaki varyasyona bağlı olduğu söylenebilir. Bunun da, dokuma esnasındaki dokuma parametreleri olan tefeleme ve besleme proses parametrelerine bağlı olduğu açıktır. Çekme dayanımı değerlerinin, çözgü yönünde; 314.24-329.88 MPa, atkı yönünde; 207.23-302.26 MPa, +45° yönünde; 77.48-90.01 MPa ve -45° yönünde; 75.35-95.75 MPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişsiz/dolgulu kompozit yapıların (T2-a, T2-b, T2-c, T2-d) çekme testi verilerindeki değişimlerin, nano-silika ve nano-karbonun yapı içerisindeki heterojen dağılımı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. %5 nano-silika dolgulu kompozit yapının (T2-b), dikişsiz kompozit yapıya (T1-a) kıyasla çözgü ve atkı yönündeki çekme dayanımı değerlerinde, sırasıyla %8 ve %5.6 artış sağladığı belirlenmiştir.



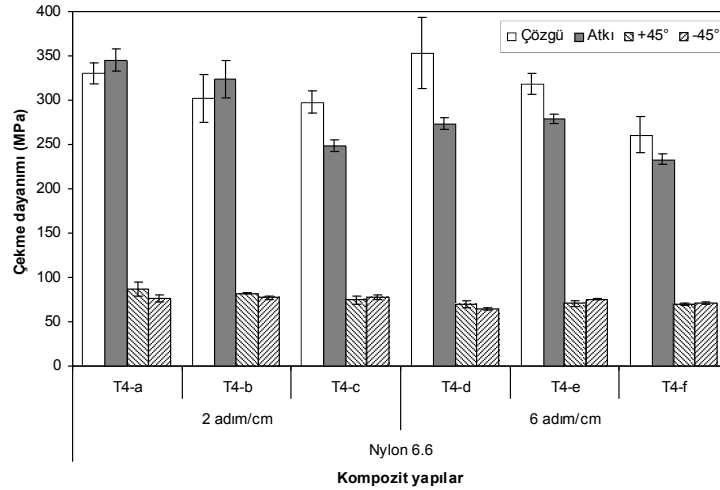
Şekil 4.27. Çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

4.3.1.3. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.28'de, E-cam/Polyester makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapıların çekme dayanımı değerlerinin; çözgü ve atkı yönünde, +45° ve -45° yönüne göre daha

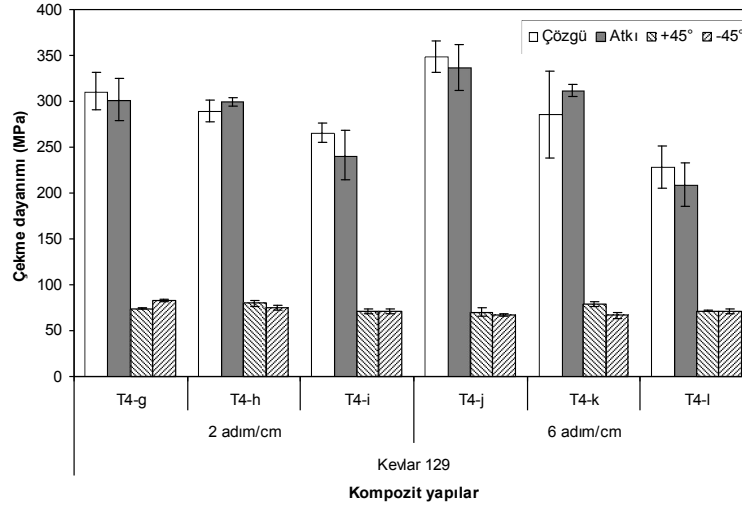
yüksek olduğu belirlenmiştir. Makine dikişli yapılarda; dikiş yönü arttıkça, çekme dayanımı değerlerinde düşüş meydana gelmiştir. Bu durumun, dikiş yönünün artmasıyla birlikte, dikişin öngörülebilir şekilde sebep olduğu hasar miktarının da artmasından kaynaklandığı söylenebilir. Çekme dayanımı değerlerinin, çözgü yönünde; 260.81-330.35MPa, atkı yönünde; 233.09-345.04 MPa, +45° yönünde; 69.96-86.49 MPa ve -45° yönünde; 64.09-77.53 MPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Özellikle dört yön dikişte, dikiş adım sayısının artmasıyla birlikte, çekme dayanımı değerlerindeki düşüş miktarı da artmaktadır. ±Bias yönündeki çekme dayanımı değerlerinde büyük farklılık bulunmamıştır.



Şekil 4.28. Çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli- Nylon 6.6 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

Şekil 4.29'da, E-cam/Polyester makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların çekme dayanımı değerlerinin; çözgü ve atkı yönünde, +45° ve -45° yönüne göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Makine dikişli yapılarda; dikiş yönü arttıkça, çekme dayanımı değerlerinde düşüş meydana gelmiştir. Bu durumun, dikiş yönünün artmasıyla birlikte, dikişin öngörülebilir şekilde sebep olduğu hasar miktarının da artmasından kaynaklandığı söylenebilir. Çekme dayanımı değerlerinin, çözgü yönünde; 228.50-348.89 MPa, atkı yönünde; 208.87-336.81 MPa, +45° yönünde; 71.37-79.66 MPa ve -45° yönünde; 66.80-83.47 MPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Özellikle dört yön dikişte,

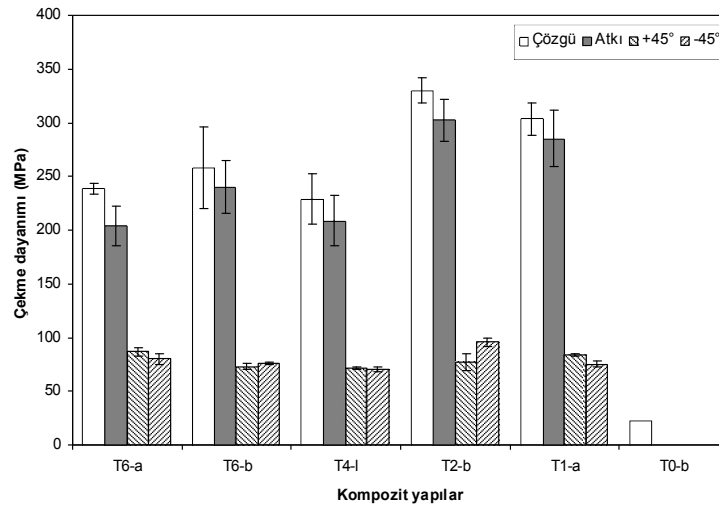
dikiş adım sayısının artmasıyla birlikte, çekme dayanım değerlerindeki düşüş miktarı da artmaktadır. \pm Bias yönündeki çekme dayanımı değerlerinde büyük farklılık bulunmamıştır.



Şekil 4.29. Çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli- Kevlar® 129 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

4.3.1.4. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.30'da, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



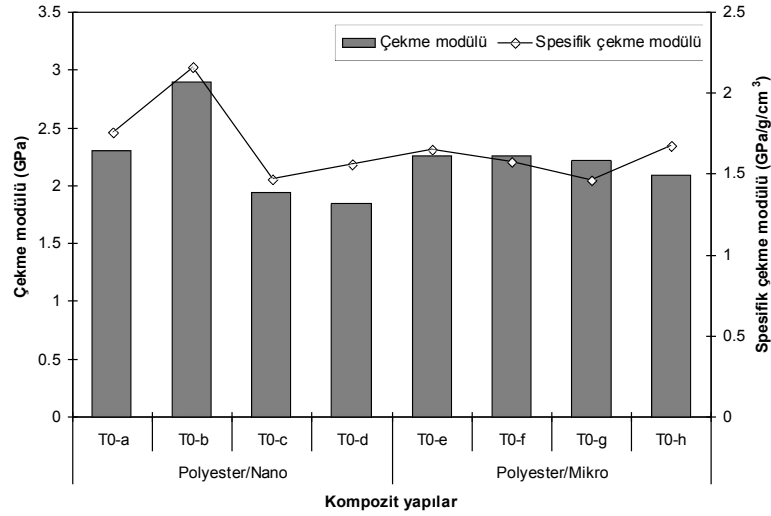
Şekil 4.30. Çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların çekme dayanımı değerlerinin; çözgü ve atkı yönünde, $+45^\circ$ ve -45° yönüne göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bunun nedeni; \pm bias yönlerinde lifin doğrultulanmamasıdır ve beklenen bir durumdur. Çözgü yönündeki çekme dayanımı değerleri, atkı yönüne kıyasla daha yüksektir. Atkı sıklığının 18 tel/10 cm, çözgü sıklığının 16 tel/10 cm olmasına karşın; atkı yönündeki çekme dayanımının, çözgü yönündeki çekme dayanımından düşük olmasının, atkı sıklığındaki varyasyona bağlı olduğu söylenebilir. Bunun da; dokuma esnasındaki dokuma parametreleri olan tefeleme ve besleme proses parametrelerine bağlı olduğu açıktır. Dikişsiz kompozit yapıya (T1-a) kıyasla, dikişsiz- %5 nano-silika dolgulu (T2-b) kompozit yapının çekme dayanımı değerlerinde, çözgü ve atkı yönlerinde sırasıyla %8 ve %5.6'lık bir artış belirlenmiştir. Dikişli (T4-l) ve dikişli/nano dolgulu (T6-a, T6-b) kompozit yapıların çekme dayanımı değerleri, dikişsiz (T1-a) kompozit yapıya göre düşüktür. Makine dikişli (T4-l) kompozit yapı, dikişsiz (T1-a) kompozit yapıya kıyasla çekme dayanımı değerlerinde çözgü ve atkı yönünde sırasıyla, %24.7 ve %26.8'lik düşüş sergilemiştir. Bu düşüş eğilimi, makine dikişli/nano dolgulu (T6-a) kompozit yapıda, çözgü ve atkı yönleri için sırasıyla %21.3 ve %28.5'tir. El dikişli/nano dolgulu (T6-b) kompozit yapıda ise, makine dikişli (T4-l) ve makine dikişli/nano dolgulu (T6-a) kompozit yapılara kıyasla meydana gelen düşüş, daha düşük seviyede olmakla birlikte, çözgü yönünde; %14.9, atkı yönünde ise %15.8'dir. Bunun nedeninin, el dikişinin, makine dikişine kıyasla önşekilde daha az hasara yol açmasından kaynaklandığı söylenebilir. \pm Bias yönündeki çekme dayanımı değerlerinde büyük farklılık bulunmamıştır.

4.3.2. Çekme Modülü

4.3.2.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar

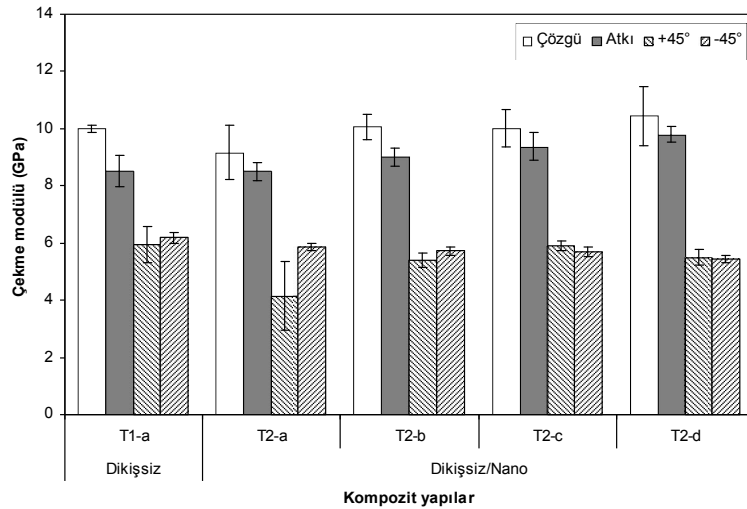
Şekil 4.31'de, Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapılar için, çekme modülü ve spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Genel olarak, polyester/mikro dolgulu yapıların çekme modülü değerlerinin, polyester/nano dolgulu yapılara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, nano boyuttaki maddenin, polyester reçine içerisinde heterojen dağılımından kaynaklandığı söylenebilir. Çekme modülü değerleri, 1.85-2.90 GPa aralığındadır. Çekme modülü ve spesifik çekme modülü sonuçları birbirleriyle uyumludur.



Şekil 4.31. Çekme modülü ve spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi (polyester/nano, polyester/mikro) arasındaki ilişki.

4.3.2.2. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgu Kompozit Yapılar

Şekil 4.32’de, E-cam/Polyester dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgu kompozit yapılar için, çözüğü, atkı, +45° ve -45° yönündeki çekme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.32. Çekme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

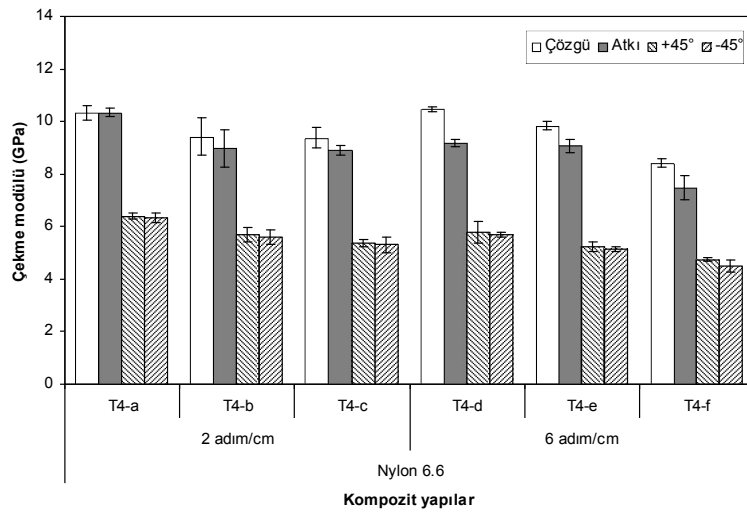
Dikişsiz ve dikişsiz/dolgu kompozit yapıların çekme modülü değerlerinin, çözüğü ve atkı yönünde, +45° ve -45° yönüne göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ancak bu fark, çekme dayanımı değerlerinde olduğu kadar belirgin değildir. Çözgü yönündeki

çekme modülü değerleri, atkı yönüne kıyasla daha yüksektir. Atkı sıklığının 18 tel/10 cm, çözgü sıklığının 16 tel/10 cm olmasına karşın; atkı yönündeki çekme modülünün, çözgü yönündeki çekme modülünden düşük olmasının, atkı sıklığındaki varyasyona bağlı olduğu söylenebilir. Bunun da, dokuma esnasındaki dokuma parametreleri olan tefeleme ve besleme proses parametrelerine bağlı olduğu açıktır. Çekme modülü değerlerinin, çözgü yönünde; 9.17-10.45 GPa, atkı yönünde; 8.52-9.80 GPa, +45° yönünde; 4.15-5.93 GPa ve -45° yönünde; 5.44-6.18 GPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişsiz kompozit yapıya (T1-a) kıyasla, çekme modülü değerlerindeki en belirgin artışı, %5 nano-karbon dolgulu kompozit yapı (T2-d), çözgü yönünde; %4.4, atkı yönünde %13.1 olmak üzere sağlamıştır. \pm Bias yönlerindeki çekme modülü değerleri, dolgulu kompozit yapılarda bir miktar düşüş göstermiş veya belirgin bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Dikişsiz/dolgulu kompozit yapıların (T2-a, T2-b, T2-c, T2-d) çekme testi verilerindeki değişimlerin, nano-silika ve nano-karbonun yapı içerisindeki heterojen dağılımı ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

4.3.2.3. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

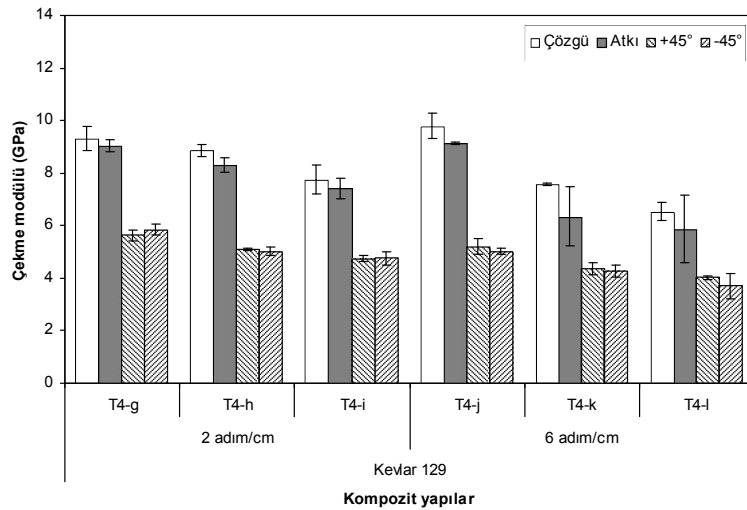
Şekil 4.33'te, E-cam/Polyester makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki çekme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.33. Çekme modülü değerleri ile yapı tipi (makine dikişli- Nylon 6.6 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

Makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapıların çekme modülü değerlerinin; çözü ve atkı yönünde, +45° ve -45° yönüne göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çekme modülü değerlerinin, çözü yönünde; 8.41-10.46 GPa, atkı yönünde; 7.47-10.34 GPa, +45° yönünde; 4.75-6.40 GPa ve -45° yönünde; 4.50-6.34 GPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Makine dikişli yapılarda, dikiş yönü arttıkça, çekme modülü değerlerinde düşüş meydana gelmiştir. Bu durumun, dikiş yönünün artmasıyla birlikte, dikişin önsükilde sebep olduğu hasar miktarının da artmasından kaynaklandığı söylenebilir. Çekme modülü değerlerindeki en belirgin düşüş, dört yön-sıkı dikişli yapıda (T4-f) gerçekleşmiştir. Dikiş adım sayısındaki artış, özellikle dört yönlü dikişte, çekme modülü değerlerinde önemli bir düşüşe neden olmuştur. Bunun nedeni, dikiş yönü ve dikiş adım sayısındaki artışla beraber, dikişin yapıda sebep olduğu lokal düzensizlikler ve reçine-yoğun bölgelerin de artmasıdır.

Şekil 4.34'te, E-cam/Polyester makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çözü, atkı, +45° ve -45° yönündeki çekme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



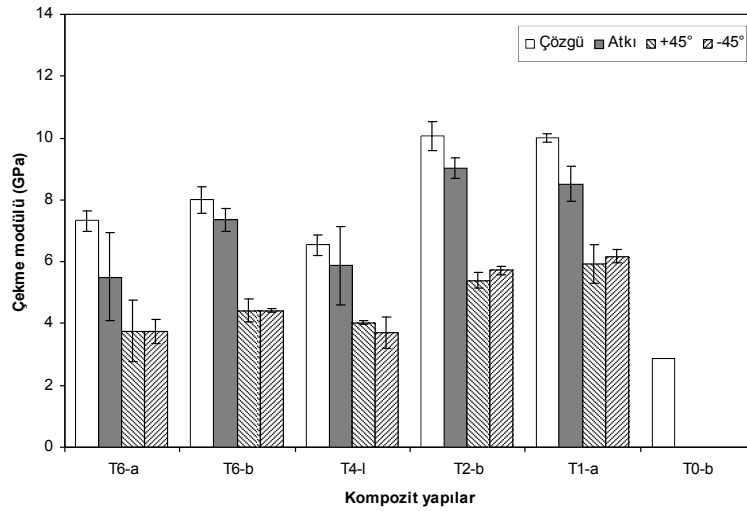
Şekil 4.34. Çekme modülü değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Kevlar® 129 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

Makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların çekme modülü değerlerinin; çözü ve atkı yönünde, +45° ve -45° yönüne göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çekme modülü değerlerinin, çözü yönünde; 6.54-9.32 GPa, atkı yönünde; 5.87-9.05 GPa, +45° yönünde; 4.02-5.64 GPa ve -45° yönünde; 3.70-5.85

GPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Makine dikişli yapılarda, dikiş yönü arttıkça, çekme modülü değerlerinde düşüş meydana gelmiştir. Bu durumun, dikiş yönünün artmasıyla birlikte, dikişin önşekilde sebep olduğu hasar miktarının da artmasından kaynaklandığı söylenebilir. Çekme modülü değerlerindeki en belirgin düşüş, dört yön-sıkı dikişli yapıda (T4-l) gerçekleşmiştir. Bu yapıda; çözgü ve atkı yönlerindeki çekme modülü değerlerinin, $+45^\circ$ ve -45° yönündeki çekme modülü değerlerine yakınlığı tespit edilmiştir. Dikiş adım sayısındaki artış, özellikle dört yönlü dikişte, çekme modülü değerlerinde önemli bir düşüşe neden olmuştur. Bunun nedeni, dikiş yönü ve dikiş adım sayısındaki artışla beraber, dikişin yapıda sebep olduğu lokal düzensizlikler ve reçine-yoğun bölgelerin de artmasıdır.

4.3.2.4. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.35'te, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönündeki çekme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.35. Çekme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

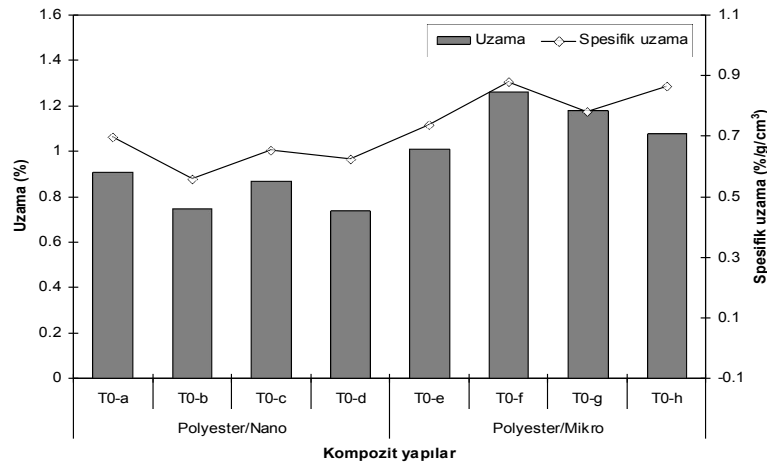
Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların çekme modülü değerlerinin; çözgü ve atkı yönünde, $+45^\circ$ ve -45° yönüne göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bunun nedeni; \pm bias yönlerinde lifin doğrultulanmamasıdır ve beklenen bir durumdur. Çözgü yönündeki çekme modülü değerleri, atkı yönüne kıyasla daha yüksektir. Dikişsiz (T1-a) ve dikişsiz- %5 nano-silika dolgulu (T2-b) kompozit yapıların çekme modülü değerleri

benzerlik göstermektedir. Dikişli (T4-l) ve dikişli/nano dolgulu (T6-a, T6-b) kompozit yapıların çekme modülü değerleri, dikişsiz (T1-a) kompozit yapıya göre düşüktür. Makine dikişli (T4-l) kompozit yapı, dikişsiz (T1-a) kompozit yapıya kıyasla çekme modülü değerlerinde çözü ve atkı yönünde sırasıyla, %34.5 ve %31.1'lük düşüş sergilemiştir. Bu düşüş eğilimi, makine dikişli/nano dolgulu (T6-a) kompozit yapıda, çözü ve atkı yönleri için sırasıyla %26.7 ve %35.3'tür. El dikişli/nano dolgulu (T6-b) kompozit yapıda ise, makine dikişli (T4-l) ve makine dikişli/nano dolgulu (T6-a) kompozit yapıya kıyasla meydana gelen düşüş, daha düşük seviyede olmakla birlikte, çözü yönünde; %19.9, atkı yönünde ise %13.6'dır. Bunun nedeninin, el dikişinin, makine dikişine kıyasla önşekilde daha az hasara yol açmasından kaynaklandığı söylenebilir. \pm Bias yönündeki çekme modülü değerlerinde de benzer düşüş eğilimi gerçekleşmiştir.

4.3.3. Çekme Uzaması

4.3.3.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar

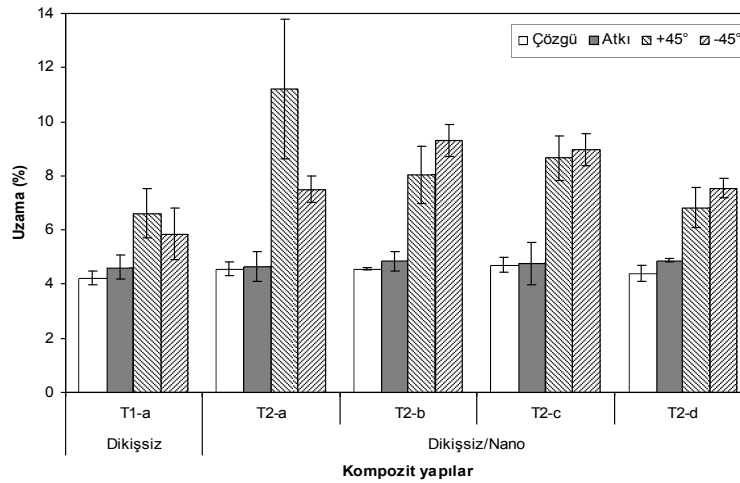
Şekil 4.36'da, Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapılar için, çekme uzaması ve spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Genel olarak, polyester/mikro dolgulu yapıların çekme uzaması değerlerinin, polyester/nano dolgulu yapılara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çekme uzaması değerleri, %0.74-1.26 aralığındadır. Çekme uzaması ve spesifik çekme uzaması sonuçları birbirleriyle uyumludur.



Şekil 4.36. Çekme uzaması ve spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (polyester/nano, polyester/mikro) arasındaki ilişki.

4.3.3.2. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.37’de, E-cam/Polyester dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki çekme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. +45° ve -45° yönünde, çözgü ve atkı yönüne göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Uzama miktarlarının, çözgü ve atkı yönündeki çekmede lif özelliklerine bağlıyken, +45° ve -45°’deki yükleme durumunda ise kumaş yapısına bağlı olduğu görülmüştür. ±Bias yönlerindeki çekme sonucu, kompozit yapılarda kayma esaslı bir bozunma gerçekleşmiştir. Çekme uzaması değerlerinin, çözgü yönünde; %4.22-4.58, atkı yönünde; %4.63-4.88, +45° yönünde; %6.61-11.20 ve -45° yönünde; % 5.85-9.31 aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişsiz (T1-a) kompozit yapıya kıyasla, dikişsiz/nano dolgulu (T2-a, T2-b, T2-c, T2-d) kompozit yapıların çözgü ve atkı yönündeki uzama değerlerinde benzerlik görülmüş ancak, ±bias yönlerindeki uzama miktarlarında bir miktar artış gerçekleşmiştir. Dikişsiz/dolgulu kompozit yapıların çekme testi verilerindeki değişimlerin, nano-silika ve nano-karbonun yapı içerisindeki heterojen dağılımı ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

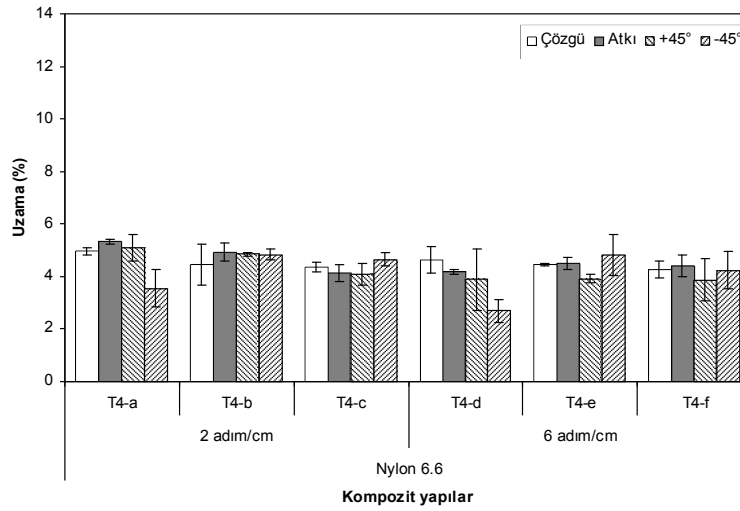


Şekil 4.37. Çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

4.3.3.3. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.38’de, E-cam/Polyester makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki çekme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

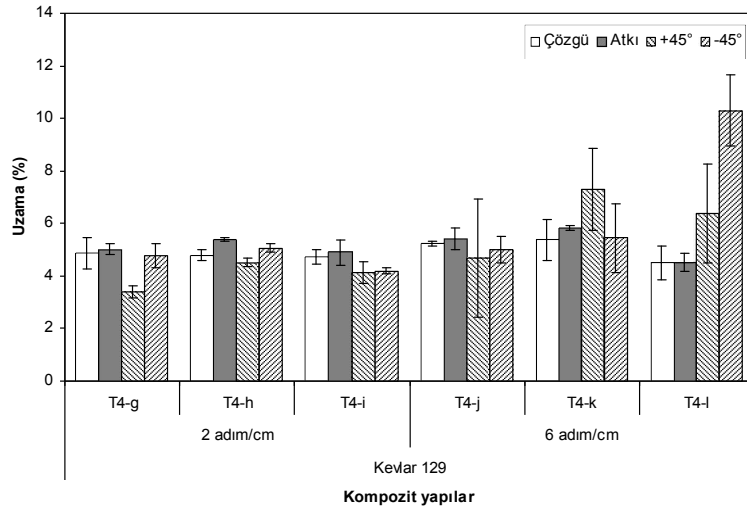


Şekil 4.38. Çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (makine dikişli- Nylon 6.6 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

Makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapıların çekme uzaması değerleri; çözgü, atkı, +45° ve -45° yönlerinde genel olarak benzerlik göstermektedir. Dikiş yönü ve dikiş adım sayısının, çekme uzaması değerleri üzerinde belirgin bir fark ortaya koymadığı sonucuna varılmıştır. Makine dikişli kompozit yapıların +45° ve -45° yönlerindeki çekme uzaması değerlerinin, çözgü ve atkı yönlerindeki çekme uzaması değerlerinin seviyesine düştüğü belirlenmiştir. Uzama miktarlarının, çözgü ve atkı yönündeki çekmede lif özelliklerine bağlıyken, +45° ve -45°deki yükleme durumunda ise kumaş yapısına bağlı olduğu görülmüştür. ±Bias yönlerindeki çekme sonucu, kompozit yapılarda kayma esaslı bir bozunma gerçekleşmiştir. Dikişin, yapıdaki iplik hareketini kısıtlaması nedeniyle, dikişli kompozit yapılarda, ±bias yönlerindeki uzama miktarlarında düşüş meydana gelmiştir. Çekme uzaması değerlerinin, çözgü yönünde; %4.28-4.95, atkı yönünde; %4.13-5.32, +45° yönünde; %3.87-5.09 ve -45° yönünde; % 2.69-4.84 aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Şekil 4.39'da, E-cam/Polyester makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki çekme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların çekme uzaması değerleri; çözgü, atkı, +45° ve -45° yönlerinde genel olarak benzerlik göstermektedir. Dikiş yönü ve dikiş adım sayısının, çekme uzaması değerleri üzerinde belirgin bir fark ortaya koymadığı sonucuna varılmıştır. Makine dikişli kompozit yapıların +45° ve -45° yönlerindeki çekme uzaması değerlerinin, çözgü ve atkı

yönlerindeki çekme uzaması değerlerinin seviyesine düştüğü belirlenmiştir. Uzama miktarlarının, çözgü ve atkı yönündeki çekmede lif özelliklerine bağlıken, +45° ve -45°'deki yükleme durumunda ise kumaş yapısına bağlı olduğu görülmüştür. ±Bias yönlerindeki çekme sonucu, kompozit yapılarda kayma esaslı bir bozunma gerçekleşmiştir. Dikişin, yapıdaki iplik hareketini kısıtlaması nedeniyle, dikişli kompozit yapılarda, ±bias yönlerindeki uzama miktarlarında düşüş meydana gelmiştir. Çekme uzaması değerlerinin, çözgü yönünde; %4.79-5.37, atkı yönünde; %4.52-5.83, +45° yönünde; %3.40-7.30 ve -45° yönünde; % 4.20-10.29 aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

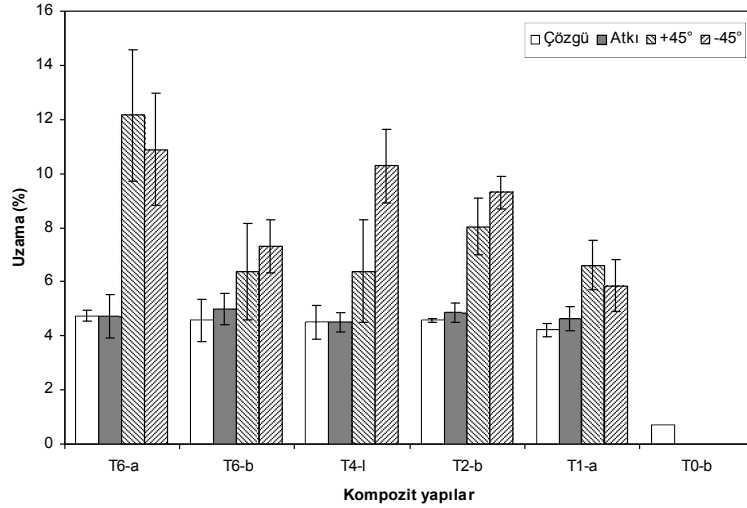


Şekil 4.39. Çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Kevlar® 129 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

4.3.3.4. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.40'ta, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki çekme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların çekme uzaması değerleri, çözgü ve atkı yönünde benzerlik göstermekle beraber, +45° ve -45° yönündeki uzama miktarlarından daha düşüktür. Makine dikişli/dolgulu (T6-a) yapıda, ±bias yönündeki uzama değerlerinde, dikişsiz (T1-a) ve makine dikişli (T4-l) yapıya kıyasla bir miktar artış belirlenmiştir. Uzama miktarlarının, çözgü ve atkı yönündeki çekmede lif özelliklerine bağlıken, +45° ve -45°'deki yükleme durumunda ise kumaş yapısına bağlı olduğu görülmüştür. T6-a'daki uzama değerlerinin, T4-l'ye göre yüksek

çıkmasının gerekçesinin, dikiş ipliği olduğu göz önüne alınmıştır. \pm Bias yönlerindeki çekme sonucu, kompozit yapılarda kayma esaslı bir bozunma gerçekleşmiştir.

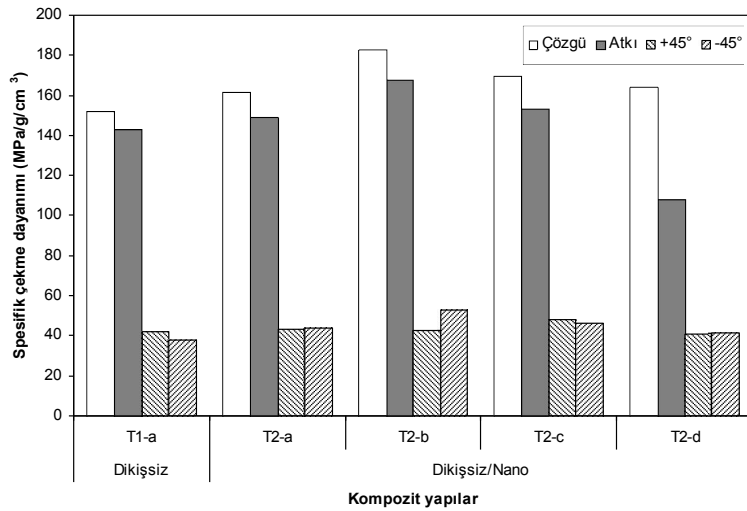


Şekil 4.40. Çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

4.3.4. Spesifik Çekme Dayanımı

4.3.4.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.41’de, E-cam/Polyester dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



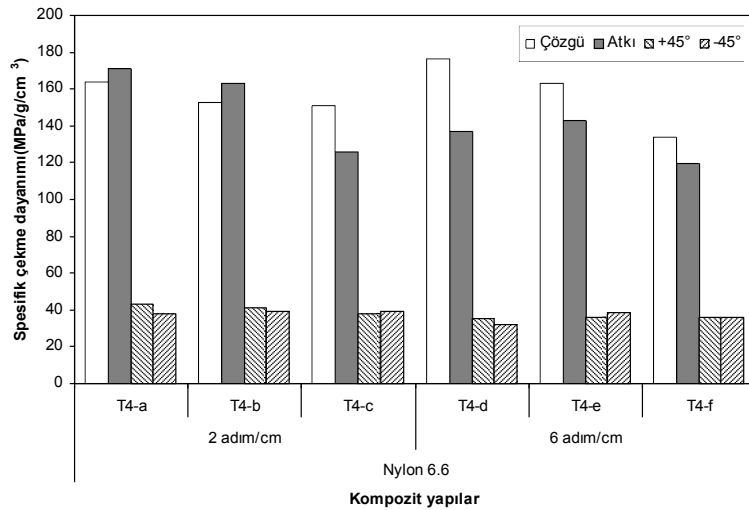
Şekil 4.41. Spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

Dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların çekme dayanımı ve spesifik çekme dayanımı değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik çekme dayanımı değerlerinin, çözü yönünde; 151.84-182.66 MPa/g/cm³, atkı yönünde; 108.27-167.36 MPa/g/cm³, +45° yönünde; 41.07-48.16 MPa/g/cm³ ve -45° yönünde; 37.71-53.02 MPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

4.3.4.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

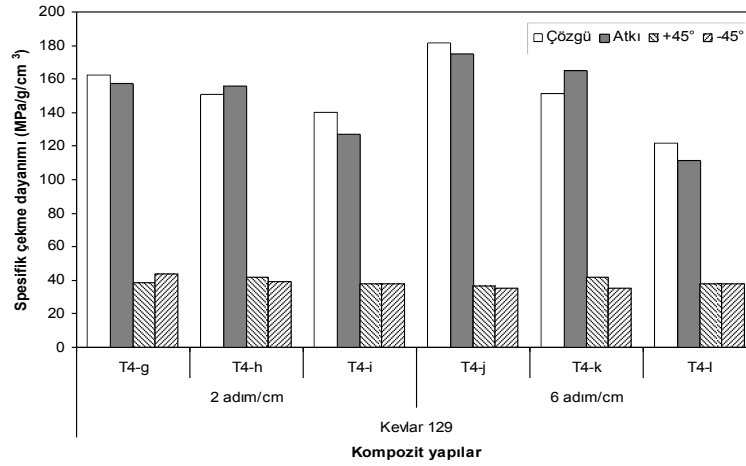
Şekil 4.42’de, E-cam/Polyester makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çözü, atkı, +45° ve -45° yönündeki spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapıların çekme dayanımı ve spesifik çekme dayanımı değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik çekme dayanımı değerlerinin, çözü yönünde; 133.82-176.57 MPa/g/cm³, atkı yönünde; 119.59-171.07 MPa/g/cm³, +45° yönünde; 34.98-42.88 MPa/g/cm³ ve -45° yönünde; 32.05-38.91 MPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.42. Spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Nylon 6.6 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

Şekil 4.43’te, E-cam/Polyester makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çözü, atkı, +45° ve -45° yönündeki spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit

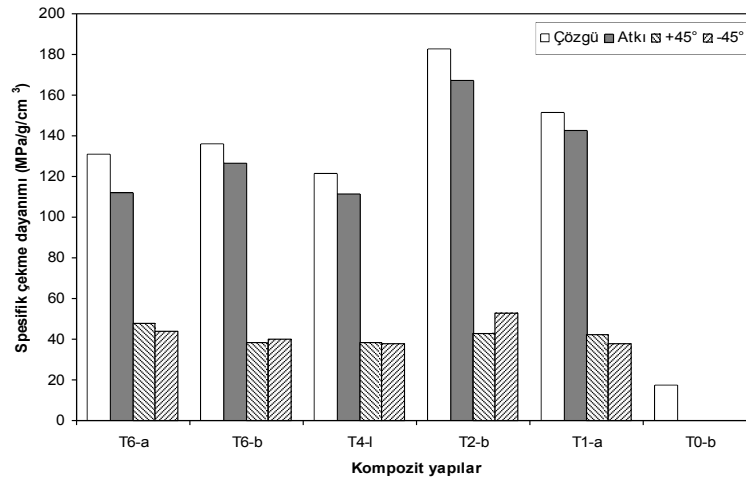
yapıların çekme dayanımı ve spesifik çekme dayanımı değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik çekme dayanımı değerlerinin, çözgü yönünde; 121.93-181.52 MPa/g/cm³, atkı yönünde; 111.46-175.24 MPa/g/cm³, +45° yönünde; 36.61-41.51 MPa/g/cm³ ve -45° yönünde; 35.06-43.63 MPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.43. Spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Kevlar® 129 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

4.3.4.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.44'te, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



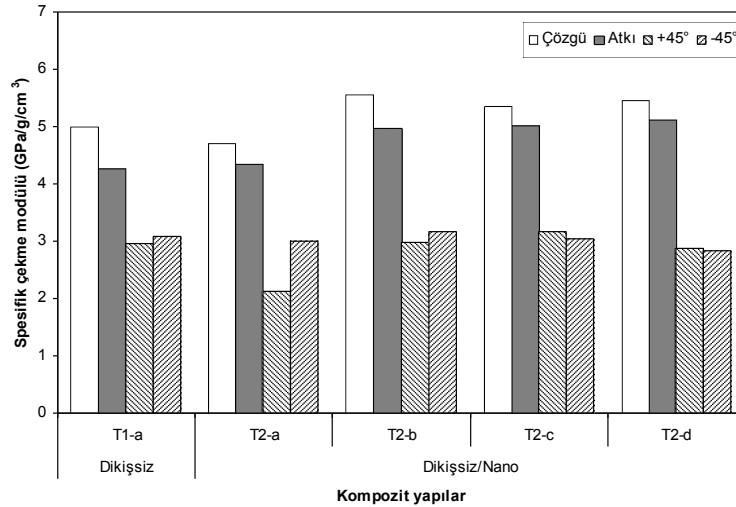
Şekil 4.44. Spesifik çekme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların çekme dayanımı ve spesifik çekme dayanımı değerleri birbirleriyle uyumludur.

4.3.5. Spesifik Çekme Modülü

4.3.5.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.45'te E-cam/Polyester dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların çekme modülü ve spesifik çekme modülü değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik çekme modülü değerlerinin, çözgü yönünde; 4.70-5.57 GPa/g/cm³, atkı yönünde; 4.26-5.12 GPa/g/cm³, +45° yönünde; 2.13-3.17 GPa/g/cm³ ve -45° yönünde; 2.84-3.17 GPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.



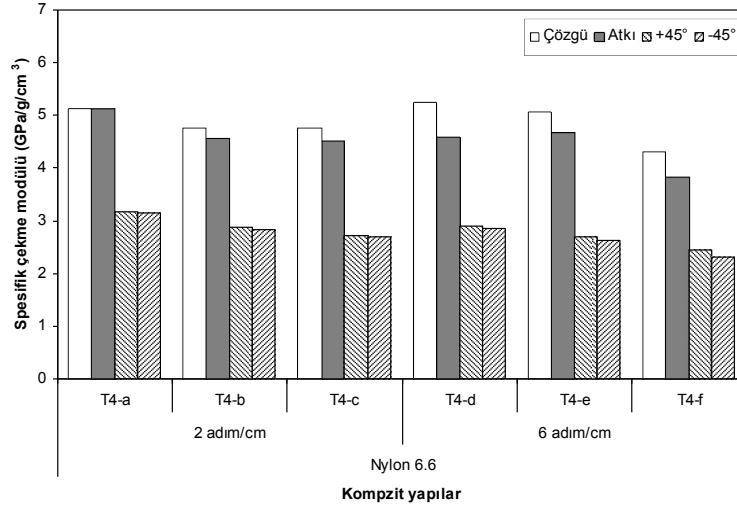
Şekil 4.45. Spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

4.3.5.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

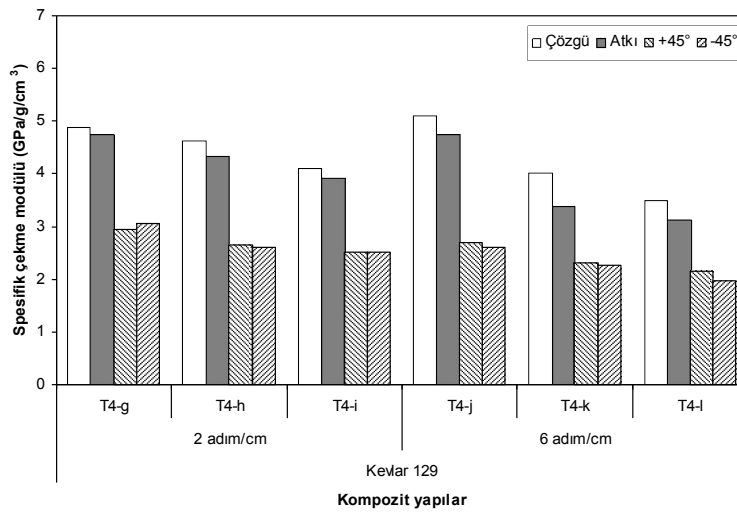
Şekil 4.46'da, E-cam/Polyester makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapıların çekme modülü ve spesifik çekme modülü değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik

çekme modülü değerlerinin, çözgü yönünde; 4.32-5.23 GPa/g/cm³, atkı yönünde; 3.83-5.13 GPa/g/cm³, +45° yönünde; 2.44-3.17 GPa/g/cm³ ve -45° yönünde; 2.31-3.14 GPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.46. Spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Nylon 6.6 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

Şekil 4.47’de, E-cam/Polyester makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

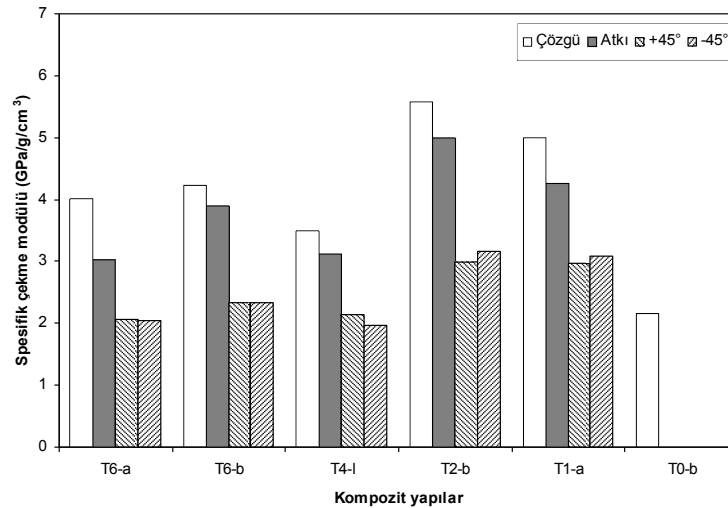


Şekil 4.47. Spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Kevlar® 129 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

Makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların çekme modülü ve spesifik çekme modülü değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik çekme modülü değerlerinin, çözüğü yönünde; 3.49-5.09 GPa/g/cm³, atkı yönünde; 3.13-4.73 GPa/g/cm³, +45° yönünde; 2.15-2.95 GPa/g/cm³ ve -45° yönünde; 1.97-3.06 GPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

4.3.5.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.48'de, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözüğü, atkı, +45° ve -45° yönündeki spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların çekme modülü ve spesifik çekme modülü değerleri birbirleriyle uyumludur.



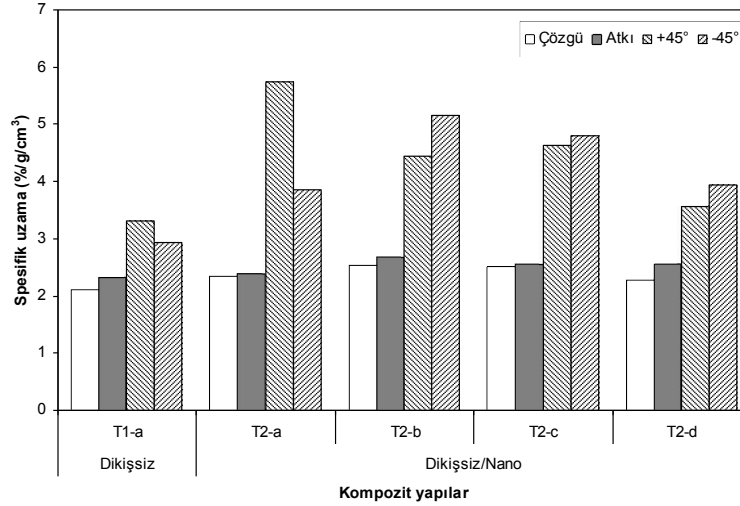
Şekil 4.48. Spesifik çekme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

4.3.6. Spesifik Çekme Uzaması

4.3.6.1. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.49'da, E-cam/Polyester dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözüğü, atkı, +45° ve -45° yönündeki spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların çekme uzaması ve spesifik çekme uzaması değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik çekme uzaması değerlerinin, çözüğü yönünde; 2.11-2.53 %/g/cm³, atkı yönünde; 2.32-

2.69 %/g/cm³, +45° yönünde; 3.31-5.75 %/g/cm³ ve -45° yönünde; 2.93-5.16 %/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

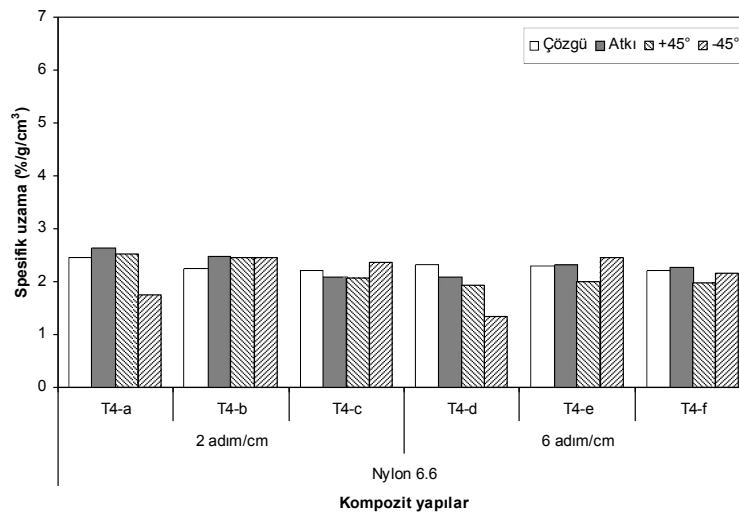


Şekil 4.49. Spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

4.3.6.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

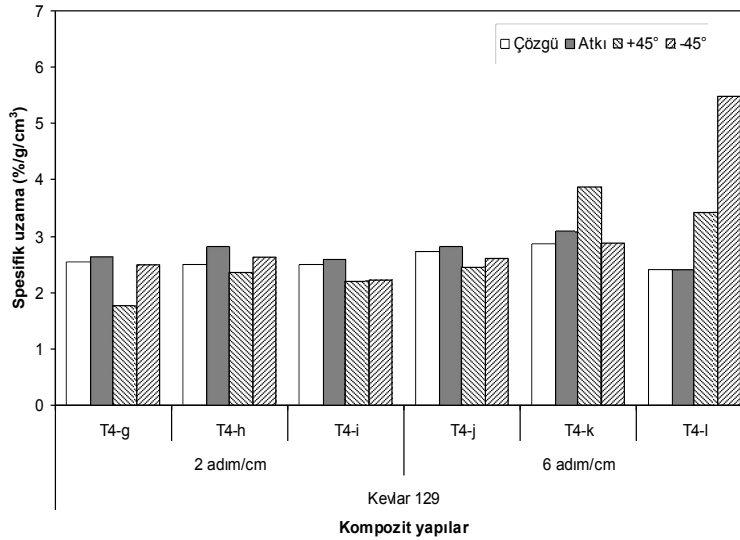
Şekil 4.50’de, E-cam/Polyester makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.50. Spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Nylon 6.6 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

Makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapıların çekme uzaması ve spesifik çekme uzaması değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik çekme uzaması değerlerinin, çözümlü yönünde; 2.20-2.45 %/g/cm³, atkı yönünde; 2.09-2.64 %/g/cm³, +45° yönünde; 1.94-2.52 %/g/cm³ ve -45° yönünde; 1.35-2.46 %/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

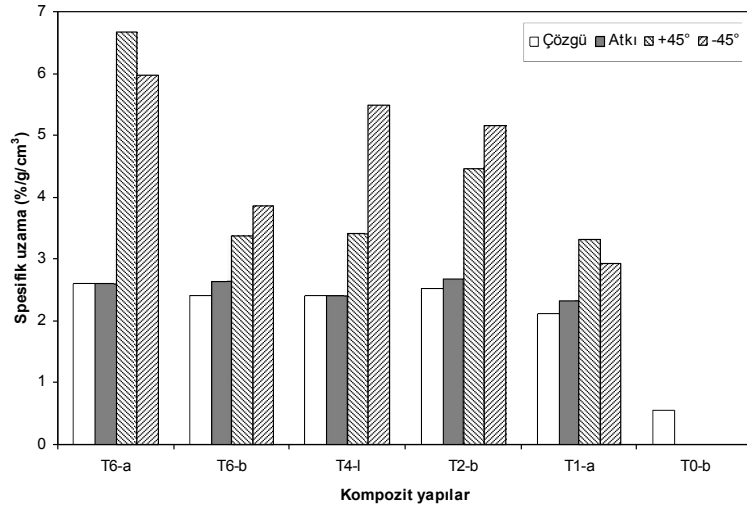
Şekil 4.51’de, E-cam/Polyester makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çözümlü, atkı, +45° ve -45° yönündeki spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların çekme uzaması ve spesifik çekme uzaması değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik çekme uzaması değerlerinin, çözümlü yönünde; 2.40-2.85 %/g/cm³, atkı yönünde; 2.41-3.09 %/g/cm³, +45° yönünde; 1.78-3.87 %/g/cm³ ve -45° yönünde; 2.22-5.49 %/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.51. Spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Kevlar® 129 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

4.3.6.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.52’de, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözümlü, atkı, +45° ve -45° yönündeki spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların çekme uzaması ve spesifik çekme uzaması değerleri birbirleriyle uyumludur.



Şekil 4.52. Spesifik çekme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

4.3.7. Çekme Testi Sonrası Kompozit Yapılara Uygulanan Ölçüm Sonuçları

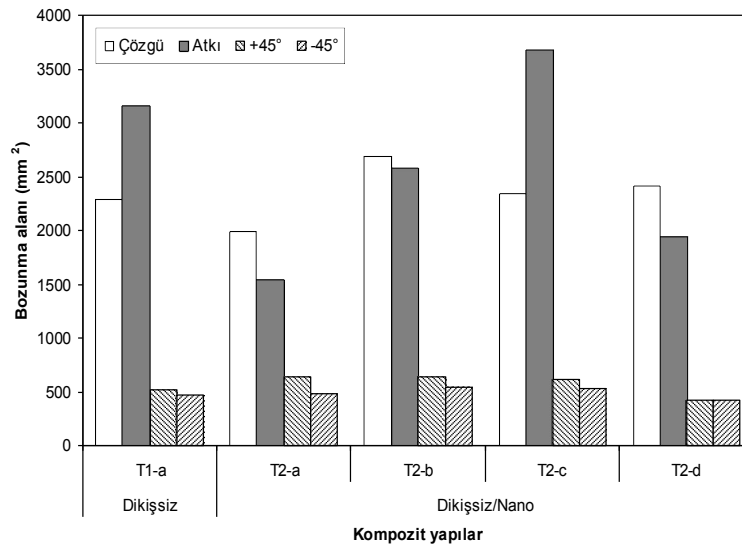
4.3.7.1. Bozunma Alanı

Bu ölçüm, çözgü yönü, atkı yönü, +45° yönü ve -45° yönünde çekme yükü uygulanan tüm örnekler için yapılmıştır. Tablo 4.6'da, E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası bozunma alanı ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.6. E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası bozunma alanı ölçüm sonuçları.

Kod	Bozunma Alanı (mm ²)			
	Çözgü yönü	Atkı yönü	+45° yönü	-45° yönü
T1-a	2287.46	3152.31	521.16	466.53
T2-a	1983.25	1546.79	640.92	482.85
T2-b	2681.91	2572.89	644.23	546.79
T2-c	2341.96	3677.06	620.18	532.82
T2-d	2404.61	1936.30	420.44	420.77
T4-a	2127.15	2963.80	408.32	587.87
T4-b	1084.95	1170.15	403.92	524.50
T4-c	1010.69	1312.92	489.91	391.54
T4-d	1802.64	1902.63	430.15	412.32
T4-e	1422.57	2108.14	735.06	636.89
T4-f	1164.86	1077.82	1030.52	1302.08
T4-g	2726.21	2214.05	506.99	448.06
T4-h	2080.53	3011.52	656.36	721.79
T4-i	818.90	1187.36	679.11	565.48
T4-j	1155.86	1754.32	393.09	471.76
T4-k	1185.54	1819.72	637.79	925.54
T4-l	680.12	549.88	450.39	592.66
T6-a	382.81	570.06	495.03	465.86
T6-b	1651.40	1099.30	708.72	470.08

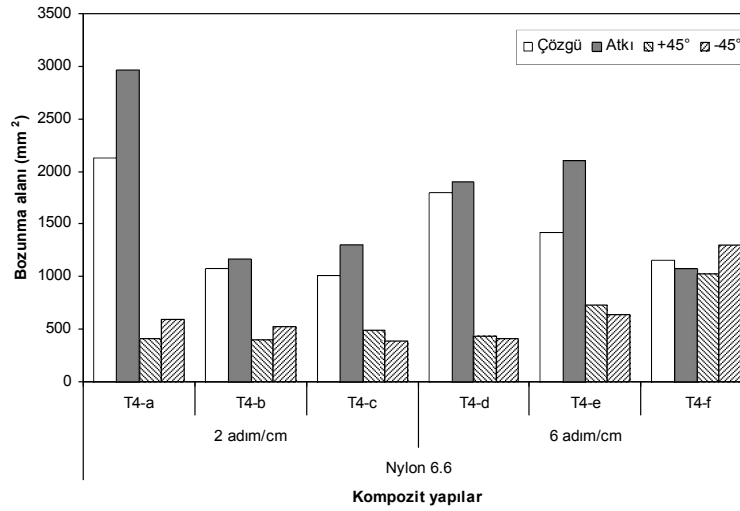
Şekil 4.53'te, E-cam/Polyester dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, çekme testi sonrası, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki bozunma alanı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılarda, iplik eksenine boyuncaki çekme, açılı çekme ile kıyaslandığında, yapının bozunması açısından, çözgü yönü ve atkı yönünde yüklemelerdeki bozunma alanı, açılı çekmelerdeki bozunma alanından daha yüksektir. Yani, daha geniş bir alana yayılmıştır. Nano- silika oranı arttıkça, bozunma alanının arttığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.53. Çekme testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

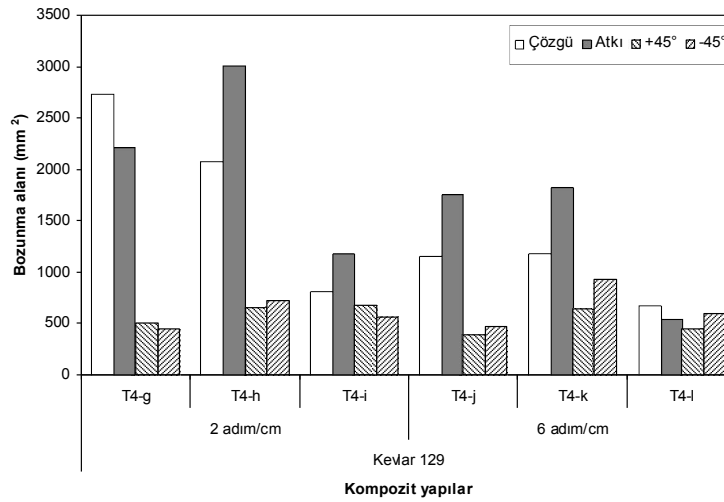
Şekil 4.54'te, E-cam/Polyester makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çekme testi sonrası, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki bozunma alanı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

Makine dikişli (Nylon 6.6 dikiş ipliği) kompozit yapılarda, iplik eksenine boyuncaki çekme, açılı çekme ile kıyaslandığında, yapının bozunması açısından, çözgü yönü ve atkı yönünde yüklemelerdeki bozunma alanı, açılı çekmelerdeki bozunma alanından daha yüksektir. Dikişli yapılarda; dikiş yönü arttıkça, meydana gelen kırılma alanı azalmaktadır ve kırılma lokal bölgede hapsedilerek etrafa yayılması engellenmektedir. Dikişli malzemenin bu özelliği; 'damage tolerance material' olarak tanımlanmaktadır. Bu özelliği en fazla gösteren yapı dört yön dikişli yapıdır. Bunu, iki yön dikişli ve tek yön dikişli yapılar takip etmektedir.



Şekil 4.54. Çekme testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Nylon 6.6 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

Şekil 4.55'te, E-cam/Polyester makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapılar için, çekme testi sonrası, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki bozunma alanı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

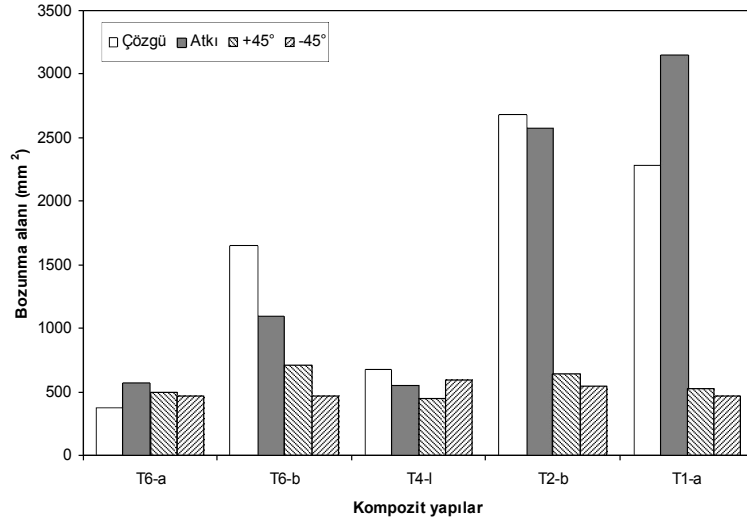


Şekil 4.55. Çekme testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli-Kevlar® 129 dikiş ipliği) arasındaki ilişki.

Makine dikişli (Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapılarda, iplik eksenine boyuncaki çekme, açılı çekme ile kıyaslandığında, yapının bozunması açısından, çözgü yönü ve atkı yönünde yüklemelerdeki bozunma alanı, açılı çekmelerdeki bozunma alanından

daha yüksektir. Dikişli yapılarda; dikiş yönü arttıkça, meydana gelen kırılma alanı azalmaktadır ve kırılma lokal bölgede hapsedilerek etrafa yayılması engellenmektedir. Dikişli malzemenin bu özelliği; ‘damage tolerance material’ olarak tanımlanmaktadır. Bu özelliği en fazla gösteren yapı dört yön dikişli yapıdır. Bunu, iki yön dikişli ve tek yön dikişli yapılar takip etmektedir. Ayrıca, dikiş adım sayısı arttıkça, bozunma alanının düştüğü belirlenmiştir.

Şekil 4.56’da, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çekme testi sonrası, çözgü, atkı, +45° ve -45° yönündeki bozunma alanı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.56. Çekme testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

Dikişli (T4-l) ve dikişli/nano dolgulu (T6-a, T6-b) yapılardaki bozunma alanı, dikişsiz (T1-a) ve dikişsiz/nano dolgulu (T2-b) yapılara göre daha düşük değerdedir. Dört yön dikişli yapılarda; meydana gelen kırılma alanı azalmaktadır ve kırılma lokal bölgede hapsedilerek etrafa yayılması engellenmektedir. Dikişli malzemenin bu özelliği; ‘damage tolerance material’ olarak tanımlanmaktadır. Dikişli yapılarda, buna ek olarak, çekme yükünün normali doğrultusunda, dikişin iplik hareketini kısıtlaması nedeniyle, yapının eninde büzülme meydana gelmiştir. Bundan dolayı, off-axis ($\pm 45^\circ$) esaslı çekme sonucu bozunma alanı, çözgü ve atkı yönündeki bozunma alanına göre daha düşük gerçekleşmekte, ve dikişli ve dikişsiz yapıların off-axis esaslı çekme sonucu bozunma alanları birbirine yaklaşmaktadır.

4.3.7.2. Kayma Sonucu Meydana Gelen Yer Değişirme

Bu ölçüm, +45° yönü ve -45° yönünde çekme yükü uygulanan tüm örnekler için yapılmıştır. Tablo 4.7’de, E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.7. E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme ölçüm sonuçları.

Kod	Kayma Sonucu Meydana Gelen Yer Değişirme (mm)	
	+45° yönü	-45° yönü
T1-a	2.78	4.34
T2-a	6.37	3.04
T2-b	2.65	4.41
T2-c	3.93	3.83
T2-d	6.12	4.06
T4-a	2.62	3.77
T4-b	3.28	3.48
T4-c	3.48	4.58
T4-d	4.21	4.57
T4-e	4.13	3.28
T4-f	2.84	1.67
T4-g	4.67	2.79
T4-h	2.51	2.62
T4-i	1.43	1.64
T4-j	4.06	4.57
T4-k	2.14	2.23
T4-l	-	-
T6-a	-	-
T6-b	2.76	4.15

4.3.7.3. Kırılma Bölgesindeki Materyal Enindeki Büzülme (Shrinkage)

Tablo 4.8’de, E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası kırılma bölgesindeki materyal enindeki büzülmenin ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.8. E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası kırılma bölgesindeki materyal enindeki büzülmenin ölçüm sonuçları.

Kod	Kırılma Bölgesindeki Materyal Enindeki Büzülme (mm)	
	+45° yönü	-45° yönü
T1-a	-	-
T2-a	-	-
T2-b	-	-
T2-c	-	-

Tablo 4.8'in devamı.

T2-d	-	-
T4-a	-	-
T4-b	-	-
T4-c	-	-
T4-d	-	-
T4-e	2.66	4.37
T4-f	3.93	3.28
T4-g	-	-
T4-h	4.57	3.06
T4-i	1.84	2.72
T4-j	-	-
T4-k	4.80	2.23
T4-l	2.21	2.66
T6-a	2.70	4.27
T6-b	2.56	3.49

Belirlenen iki yön ve dört yön dikişli kompozit yapılarda, +45° ve -45° çekme numunelerinde, kayma esaslı kırılmanın olduğu yerde, materyalin eninde büzülme gerçekleşmiştir.

4.3.7.4. Çekme Yönünde, Çekme Yönünün Normalinde ve 45°'deki Uzama Miktarı

Belirlenen iki yön ve dört yön dikişli kompozit yapılarda, çözgü ve atkı yönü çekme yükü uygulanan numunelerde, çekme yönündeki uzama miktarı ölçülmüştür. Tablo 4.9'da, E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası uzama miktarı ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.9. E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası uzama miktarı ölçüm sonuçları.

Kod	Uzama Miktarı (mm)					
	Çözgü yönü			Atkı yönü		
	0°	90°	45°	0°	90°	45°
T1-a	-	-	-	-	-	-
T2-a	-	-	-	-	-	-
T2-b	-	-	-	-	-	-
T2-c	-	-	-	-	-	-
T2-d	-	-	-	-	-	-
T4-a	-	-	-	-	-	-
T4-b	4.70	-0.20	-	2.79	-0.36	-
T4-c	1.75	-0.60	0.12	4.63	-0.64	3.81
T4-d	-	-	-	-	-	-
T4-e	4.85	-0.22	-	2.65	-0.80	-
T4-f	5.30	-0.69	2.73	4.85	-0.59	3.32
T4-g	-	-	-	-	-	-

Tablo 4.9'un devamı.

T4-h	2.68	-0.48	-	3.65	-0.40	-
T4-i	6.11	-0.59	2.71	4.51	-0.63	2.33
T4-j	-	-	-	-	-	-
T4-k	4.96	-0.64	-	3.97	-0.66	-
T4-l	4.34	-0.78	2.46	4.10	-0.43	3.49
T6-a	5.40	-0.85	1.05	4.02	-0.23	3.23
T6-b	3.39	-0.67	2.69	5.62	-1.74	0.93

4.3.7.5. Şekil Değişiminin Çekme Yönüne θ° Açısı

Bu ölçüm, $+45^\circ$ yönü ve -45° yönünde çekme yükü uygulanan tüm örnekler için yapılmıştır. Tablo 4.10'da, E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası kırılma yüzeyinde meydana gelen şekil değişiminin çekme yönüne olan θ° açısı ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.10. E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası kırılma yüzeyinde meydana gelen şekil değişiminin çekme yönüne olan θ° açısı ölçüm sonuçları.

Kod	Şekil Değişiminin Çekme Yönüne θ° Açısı ($^\circ$)			
	$+45^\circ$ yönü		-45° yönü	
	+0	-0	+0	-0
T1-a	-	43.55	44.06	-
T2-a	-	45	45	-
T2-b	-	44.14	-	45
T2-c	-	45	45	-
T2-d	-	43.41	-	43.41
T4-a	45	-	-	45
T4-b	45	-	-	44.29
T4-c	45	-	-	42.8
T4-d	45	-	-	45
T4-e	45	45	45	45
T4-f	39.56	39.40	35.7	37.3
T4-g	45	-	-	43.07
T4-h	45	45	44.1	45
T4-i	45	45	35.31	41.42
T4-j	45	-	-	45
T4-k	39.38	38.25	40.06	39
T4-l	41.19	38.16	33.23	35.36
T6-a	38.66	36.57	37.78	36.03
T6-b	39.47	35.21	36.33	39.67

4.3.7.6. Kayma Sonucu Yapının İplik Setlerinde Meydana Gelen Açısal Fark (Skew)

Bu ölçüm, $+45^\circ$ yönü ve -45° yönünde çekme yükü uygulanan tüm örnekler için yapılmıştır. Tablo 4.11'de, E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası

kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılmal farkın ölçüm sonuçları verilmiştir.

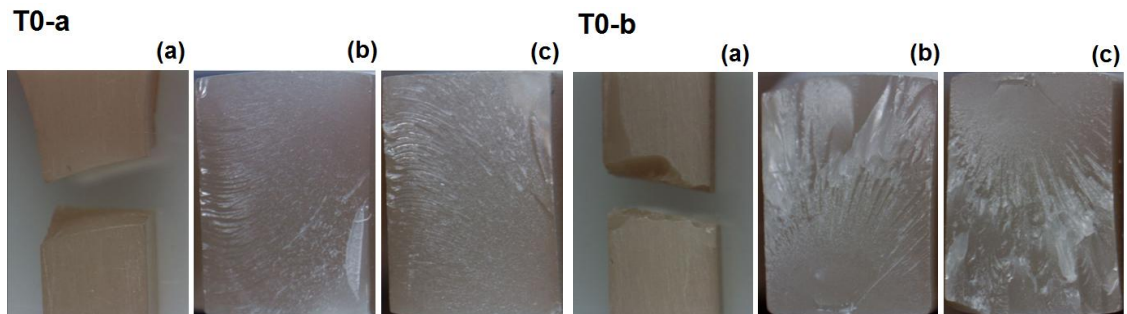
Tablo 4.11. E-cam/Polyester kompozit yapıların çekme testi sonrası kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılmal farkın ölçüm sonuçları.

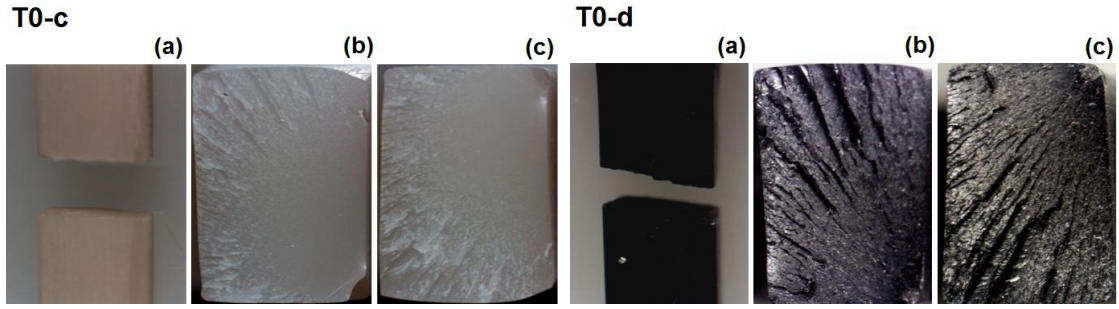
Kod	Kayma Sonucu Yapının İplik Setlerinde Meydana Gelen Açılmal Fark, $\theta_s = \theta_2 - \theta_1$ (°)			
	+45° yönü		-45° yönü	
	+ θ	- θ	+ θ	- θ
T1-a	-	1.45	0.94	-
T2-a	-	0	0	-
T2-b	-	0.86	-	0
T2-c	-	0	0	-
T2-d	-	1.59	-	1.59
T4-a	0	-	-	0
T4-b	0	-	-	0.71
T4-c	0	-	-	2.20
T4-d	0	-	-	0
T4-e	0	0	0	0
T4-f	5.44	5.60	9.3	7.70
T4-g	0	-	-	1.93
T4-h	0	0	0.90	0
T4-i	0	0	9.69	3.58
T4-j	0	-	-	0
T4-k	5.62	6.75	4.94	6.00
T4-l	3.81	6.84	11.77	9.64
T6-a	6.34	8.43	7.22	8.97
T6-b	5.53	9.79	8.67	5.33

4.3.8. Kompozit Yapıların Çekme Testi Sonrası Görüntü Analizi

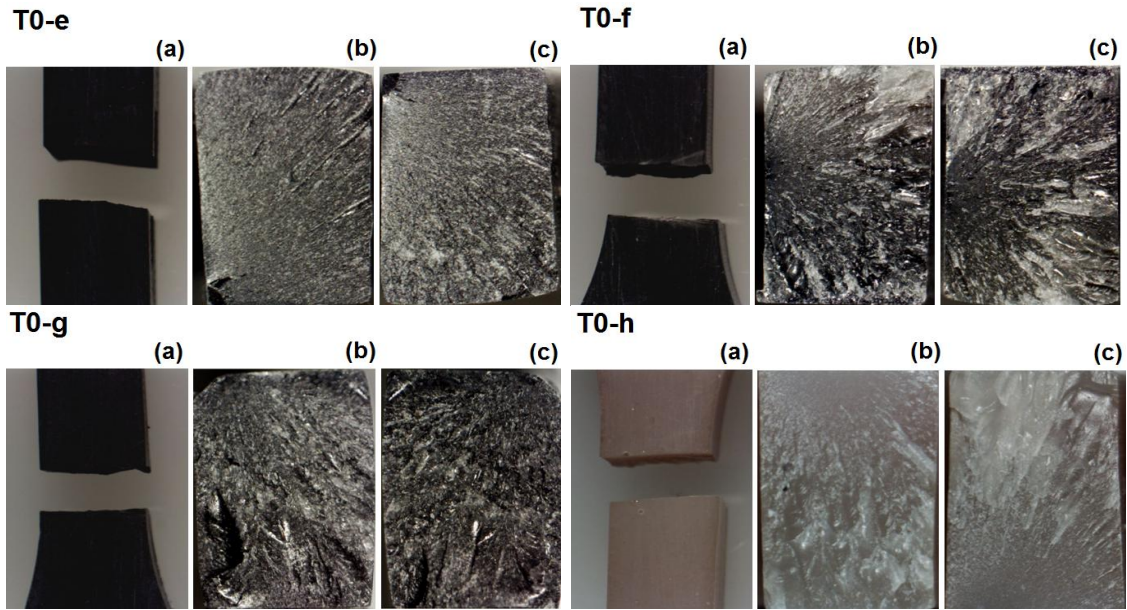
4.3.8.1. Dolgulu Polyester Reçine Yapılar

Şekil 4.57 ve 4.58’de sırasıyla, Polyester/Nano ve Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların çekme testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.





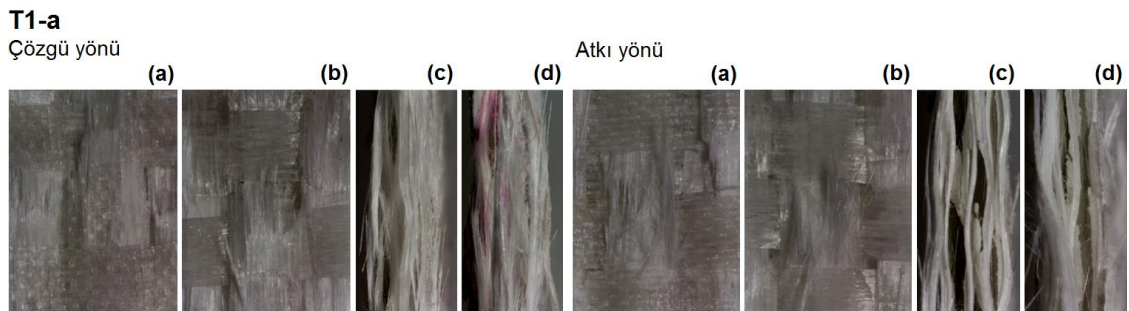
Şekil 4.57. Polyester/Nano dolgulu polyester reçine yapıların çekme testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri, (a); yüzey ($\times 6.7$), (b); üst-kesit, (c); alt kesit ($\times 20$).

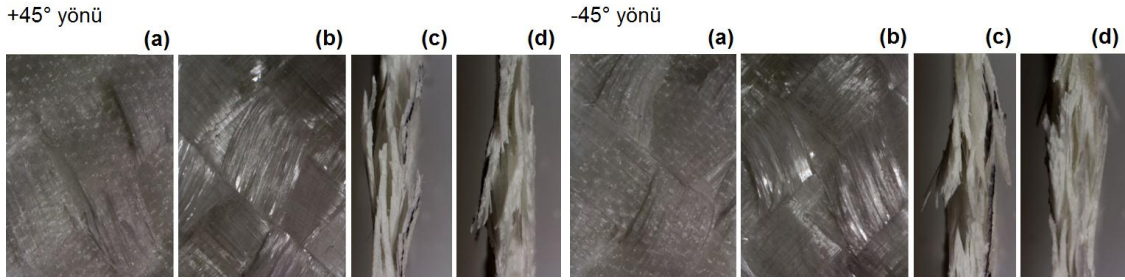


Şekil 4.58. Polyester/Mikro dolgulu polyester reçine yapıların çekme testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri, (a); yüzey ($\times 6.7$), (b); üst-kesit, (c); alt kesit ($\times 20$).

4.3.8.2. Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.59'da, E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapının çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.





Şekil 4.59. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz) çekme testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T1-a].

- Çözü yönü

Yüzeyde; matris kırılması, çekme yükünün normali doğrultusunda çoklu çözgü ipliğinde filament ve iplik kırılmaları gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve çözgü-atkı iplik ayrılması meydana gelmiştir. Örnek sınırlarında, çoklu çözgü ipliklerinin ayrılması ve geniş bir bozunma alanı (2287.46 mm^2) gözlemlenmiştir.

- Atkı yönü

Yüzeyde; matris kırılması, çekme yükünün normali doğrultusunda çoklu atkı ipliğinde filament ve iplik kırılmaları gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve çözgü-atkı iplik ayrılması meydana gelmiştir. Örnek sınırlarında, çoklu atkı ipliklerinin ayrılması ve geniş bir bozunma alanı (3152.31 mm^2) gözlemlenmiştir.

- +45° yönü

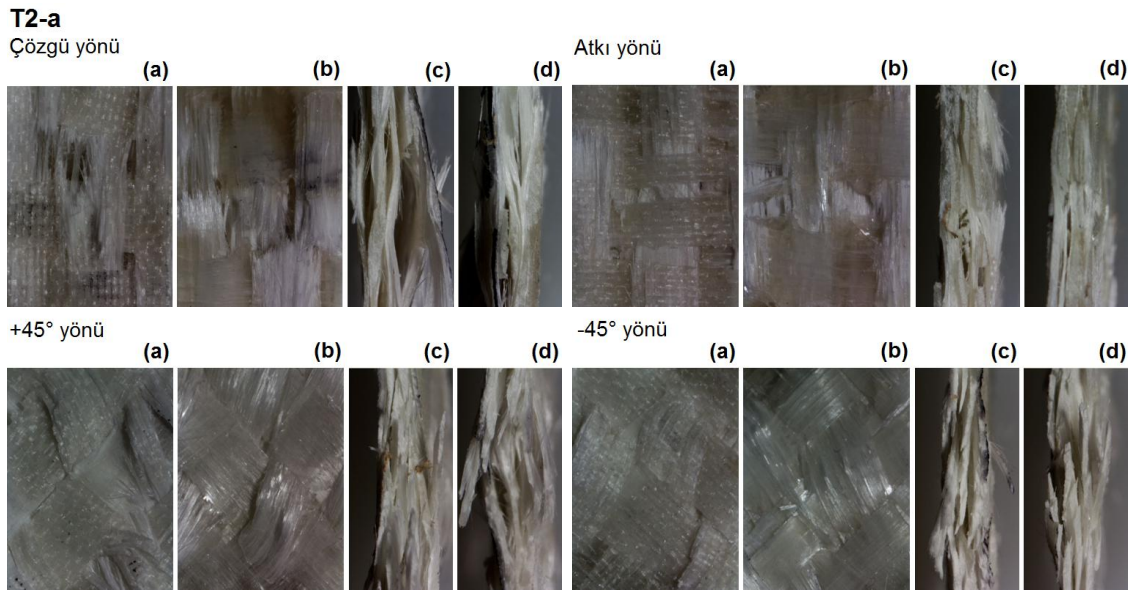
Yüzeyde; çekme yönüne -43.55° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 521.16 mm^2 olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 2.78 mm 'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; $-\theta$ yönünde, $\theta_s = 1.45^\circ$ dir.

- -45° yönü

Yüzeyde; çekme yönüne $+44.06^\circ$ açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 466.53 mm^2 olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 4.34 mm 'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir.

Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; $+\theta$ yönünde, $\theta_s = 0.94^\circ$ dir.

Şekil 4.60'ta, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%2.5-silika) kompozit yapının çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.60. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%2.5-silika) çekme testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T2-a].

- Çözgü yönü

Yüzeyde; matris kırılması, çekme yükünün normali doğrultusunda çoklu çözgü ipliğinde filament ve iplik kırılmaları gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve çözgü-atkı iplik ayrılması meydana gelmiştir. Örnek sınırlarında, çoklu çözgü ipliklerinin ayrılması ve geniş bir bozunma alanı (1983.25 mm^2) gözlemlenmiştir. Kırılma şekli, daha kırılıgandır.

- Atkı yönü

Yüzeyde; matris kırılması, çekme yükünün normali doğrultusunda çoklu atkı ipliğinde filament ve iplik kırılmaları gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve çözgü-atkı iplik ayrılması meydana gelmiştir. Örnek sınırlarında, çoklu atkı ipliklerinin ayrılması ve geniş bir bozunma alanı (1546.79 mm^2) gözlemlenmiştir. Kırılma şekli, daha kırılıgandır.

- **+45° yönü**

Yüzeyde; çekme yönüne -45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 640.92 mm^2 olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 6.37 mm 'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözümlü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; $-\theta$ yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ 'dir.

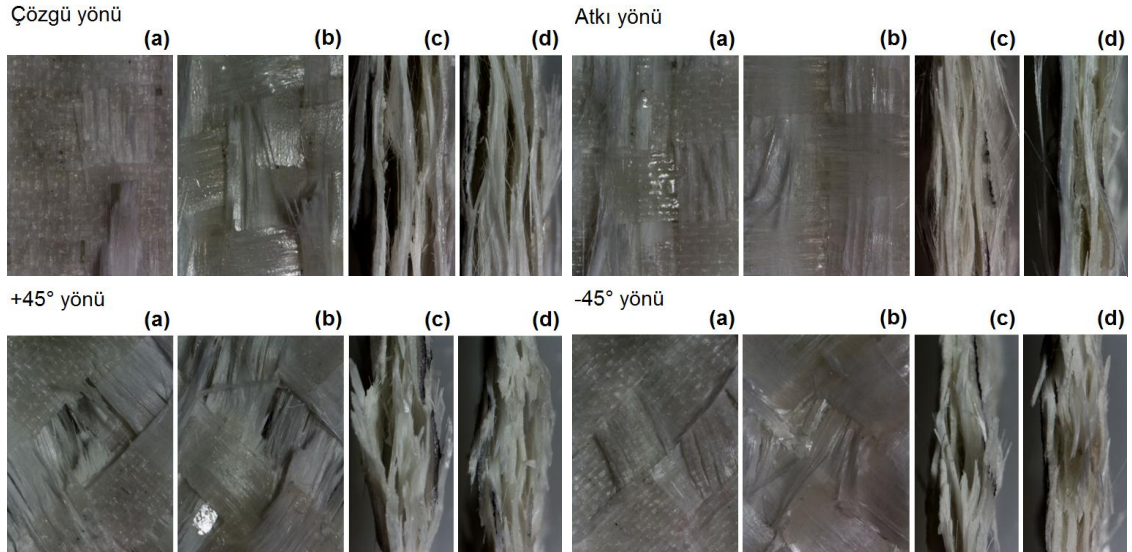
- **-45° yönü**

Yüzeyde; çekme yönüne $+45^\circ$ açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 482.85 mm^2 olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 3.04 mm 'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözümlü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; $+\theta$ yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ 'dir.

Şekil 4.61'de, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%5-silika) kompozit yapının çözümlü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T2-b

Çözümlü yönü



Şekil 4.61. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-silika) çekme testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T2-b].

- **Çözü yönü**

Yüzeyde; matris kırılması, çekme yükünün normalı doğrultusunda çoklu çözgü ipliğinde filament ve iplik kırılmaları gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve çözgü-atkı iplik ayrılması meydana gelmiştir. Örnek sınırlarında, çoklu çözgü ipliklerinin ayrılması ve geniş bir bozunma alanı (2681.91 mm²) gözlemlenmiştir. Kırılma şekli, daha kırılıgandır.

- **Atkı yönü**

Yüzeyde; matris kırılması, çekme yükünün normalı doğrultusunda çoklu atkı ipliğinde filament ve iplik kırılmaları gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve çözgü-atkı iplik ayrılması meydana gelmiştir. Örnek sınırlarında, çoklu atkı ipliklerinin ayrılması ve geniş bir bozunma alanı (2572.89 mm²) gözlemlenmiştir. Kırılma şekli, daha kırılıgandır.

- **+45° yönü**

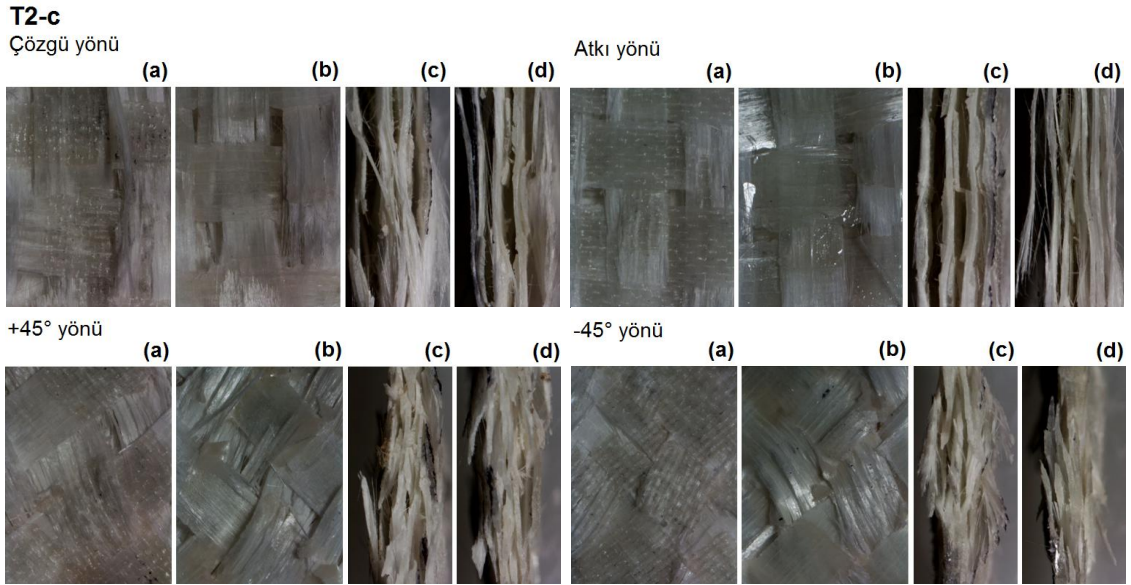
Yüzeyde; çekme yönüne -44.14° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 644.23 mm² olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 2.65 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısız fark; -θ yönünde, θ_s= 0.86°'dir.

- **-45° yönü**

Yüzeyde; çekme yönüne -45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 546.79 mm² olarak ölçülmüştür.

Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 4.41 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısız fark; -θ yönünde, θ_s= 0°'dir.

Şekil 4.62'de, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%7.5-silika) kompozit yapının çözgü, atkı, +45° ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.62. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%7.5-silika) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T2-c].

- Çözgü yönü

Yüzeyde; matris kırılması, çekme yükünün normalı doğrultusunda çoklu çözgü ipliğinde filament ve iplik kırılmaları gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve çözgü-atkı iplik ayrılması meydana gelmiştir. Örnek sınırlarında, çoklu çözgü ipliklerinin ayrılması ve geniş bir bozunma alanı (2341.96 mm^2) gözlemlenmiştir. Kırılma şekli, daha kırılıgandır.

- Atkı yönü

Yüzeyde; matris kırılması, çekme yükünün normalı doğrultusunda çoklu atkı ipliğinde filament ve iplik kırılmaları gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve çözgü-atkı iplik ayrılması meydana gelmiştir. Örnek sınırlarında, çoklu atkı ipliklerinin ayrılması ve geniş bir bozunma alanı (3677.06 mm^2) gözlemlenmiştir. Kırılma şekli, daha kırılıgandır.

- +45° yönü

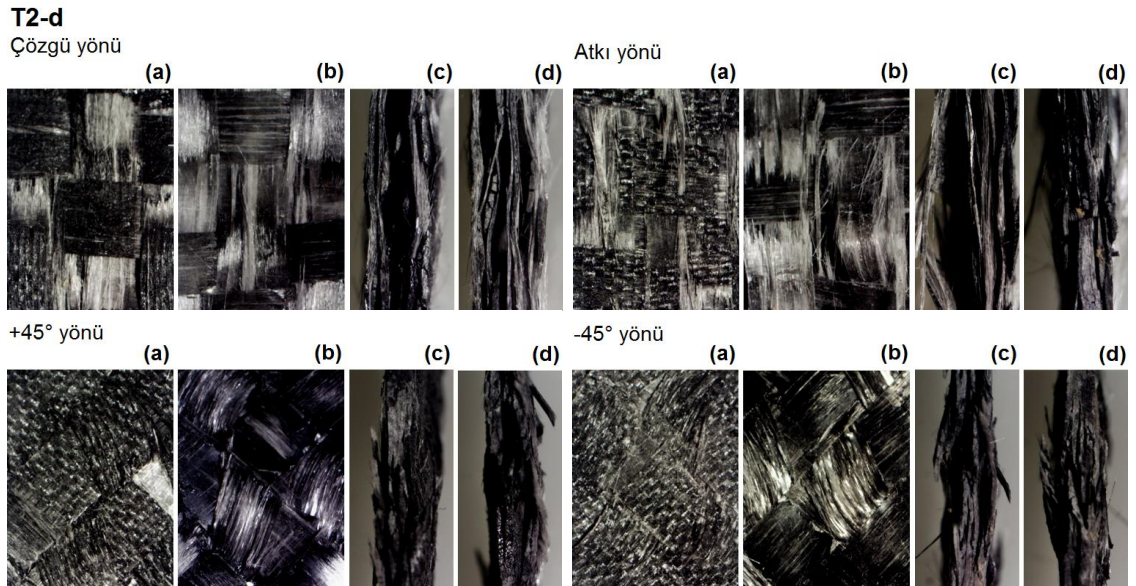
Yüzeyde; çekme yönüne -45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 620.18 mm^2 olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 3.93 mm 'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir.

Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; $-\theta$ yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ 'dir.

- **-45° yönü**

Yüzeyde; çekme yönüne $+45^\circ$ açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 532.82 mm^2 olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 3.83 mm 'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; $+\theta$ yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ 'dir.

Şekil 4.63'te, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%5-karbon) kompozit yapının çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.63. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-karbon) çekme testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T2-d].

- **Çözgü yönü**

Yüzeyde; matris kırılması, çekme yükünün normalı doğrultusunda çoklu çözgü ipliğinde filament ve iplik kırılmaları gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve çözgü-atkı iplik ayrılması meydana gelmiştir. Örnek sınırlarında, çoklu çözgü

ipliklerinin ayrılması ve geniş bir bozunma alanı (2404.61 mm²) gözlemlenmiştir. Kırılma şekli, daha kırılıgandır.

- **Atkı yönü**

Yüzeyde; matris kırılması, çekme yükünün normali doğrultusunda çoklu atkı ipliğinde filament ve iplik kırılmaları gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve çözgü-atkı iplik ayrılması meydana gelmiştir. Örnek sınırlarında, çoklu atkı ipliklerinin ayrılması ve geniş bir bozunma alanı (1936.30 mm²) gözlemlenmiştir. Kırılma şekli, daha kırılıgandır.

- **+45° yönü**

Yüzeyde; çekme yönüne -43.41° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 420.44 mm² olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 6.12 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısıl fark; -θ yönünde, θ_s= 1.59°'dir.

- **-45° yönü**

Yüzeyde; çekme yönüne -43.41° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası ayrılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 420.77 mm² olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 4.06 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısıl fark; -θ yönünde, θ_s= 1.59°'dir.

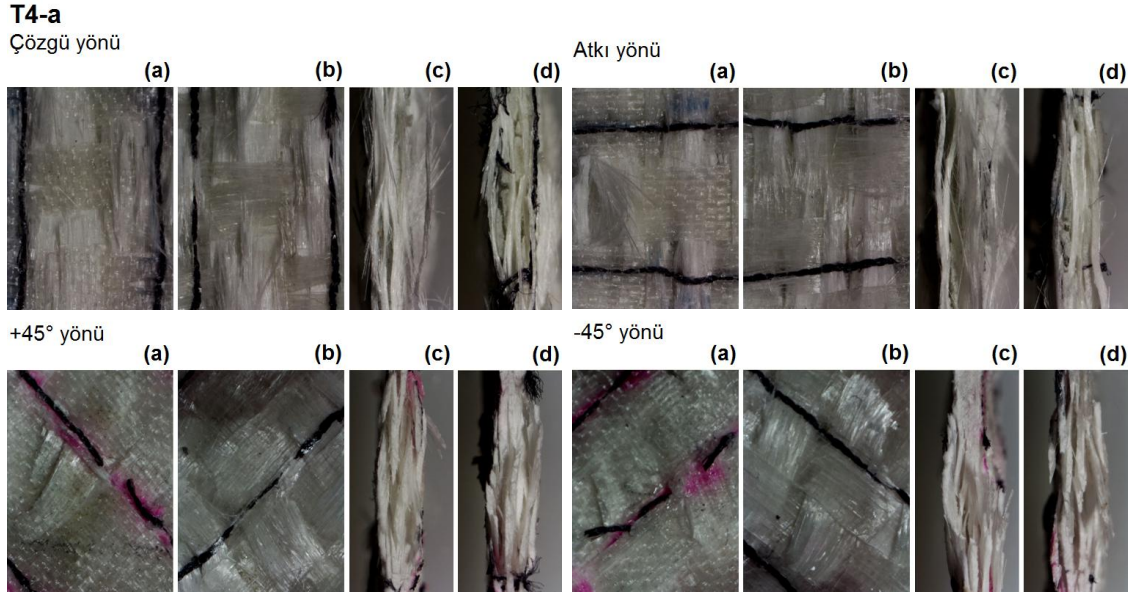
4.3.8.3. Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.64'te, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının çözgü, atkı, +45° ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- **Çözgü yönü**

Yüzeyde; çekme ekseninin normali doğrultusunda kısmi filament kırılmaları ve tamamıyla iplik kırılması meydana gelmiştir. Kesitte; katlararası açılma, kırılmanın

olduğu bölgede lokal olarak gerçekleşmiştir. Katlararası açılma, dikişsiz ve dikişsiz/dolgu yapıya kıyasla, geniş bir alana yayılmamıştır. Bozunma alanı; 2127.15 mm² olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.64. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-a].

- Atkı yönü

Yüzeyde; çekme ekseninin normaline doğrultusunda kısmi filament kırılmaları ve tamamıyla iplik kırılması meydana gelmiştir. Kesitte; dikiş yönünün, çekme yönünün normaline doğrultusunda olması nedeniyle, katlararası açılma geniş bir alana yayılmıştır. Bozunma alanı; 2963.80 mm² olarak ölçülmüştür. Bozunma, daha geniş alanda gözlemlenmiştir.

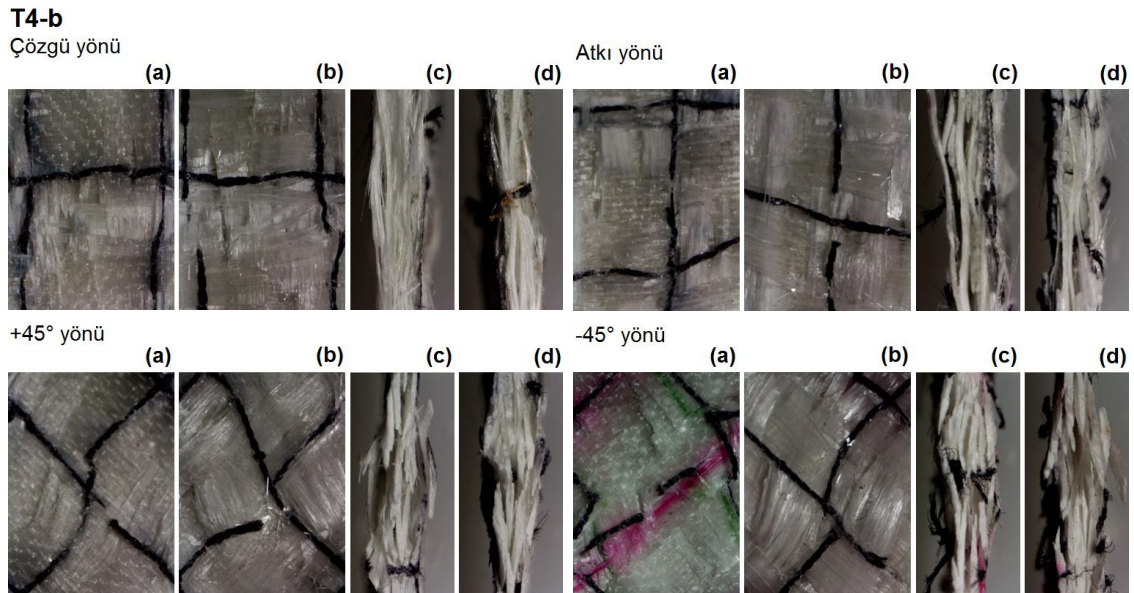
- +45° yönü:

Yüzeyde; çekme yönüne +45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası açılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 408.32 mm² olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 2.62 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliğinde kırılmalar gözlenmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; +0 yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ dir.

- -45° yönü

Yüzeyde; çekme yönüne -45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası açılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 587.87 mm^2 olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 3.77 mm 'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliğinde kırılmalar gözlenmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; $-\theta$ yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ dir.

Şekil 4.65'te, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.65. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-b].

- Çözgü yönü

Yüzeyde; çekme ekseninin normaline doğrultusunda matris kırılması, çoklu filament ve iplik kırılması, dikiş ipliğinde kırılma meydana gelmiştir. Kalınlık boyunca lokal bölgede katlararası açılma gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 1084.95 mm^2 olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0° : 4.70 mm , 90° : 0.20 mm 'dir.

- Atkı yönü

Yüzeyde; çekme ekseninin normalini doğrultusunda matris kırılması, çoklu filament ve iplik kırılması, dikiş ipliğinde kırılma meydana gelmiştir. Kalınlık boyunca lokal bölgede katlararası açılma gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 1170.15 mm² olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0°: 2.79 mm, 90°: -0.36 mm'dir.

- +45° yönü

Yüzeyde; çekme yönüne +45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası açılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 403.92 mm² olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 3.28 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; +θ yönünde, θ_s=0°'dir.

- -45° yönü

Yüzeyde; çekme yönüne -44.29° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası açılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 524.50 mm² olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 3.48 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; -θ yönünde, θ_s=0.71°'dir.

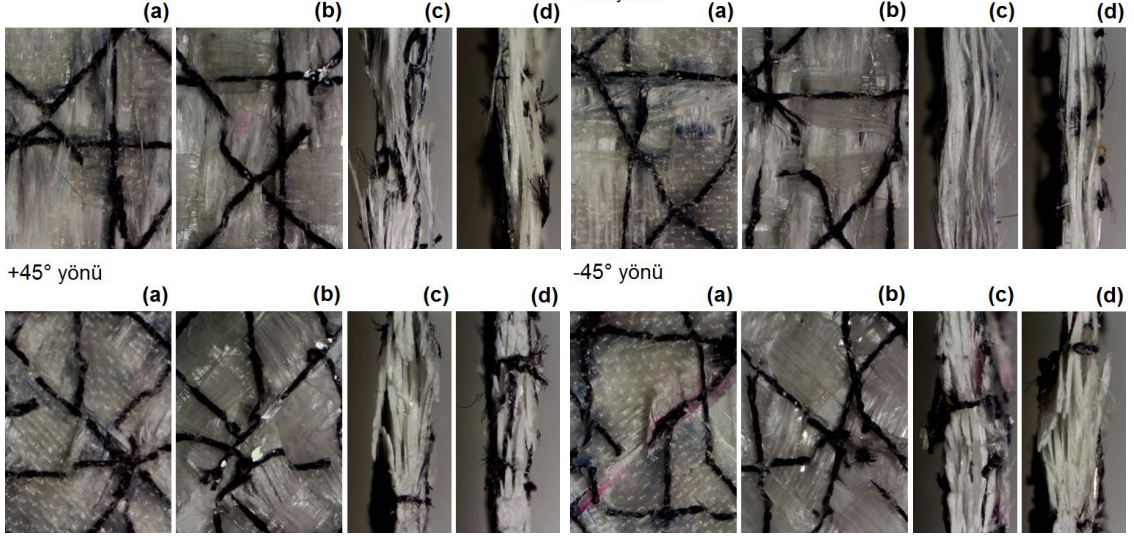
Şekil 4.66'da, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek-2 adım/cm) kompozit yapının çözgü, atkı, +45° ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- Çözgü yönü

Yüzeyde; çekme yönünün normalini doğrultusunda çoklu filament ve iplik kırılması, ayrıca, dört yöndeki dikiş ipliklerinde kırılmalar meydana gelmiştir. Katlararası açılma, kesitte lokal bölgede oluşmakta ve geniş alana yayılmamaktadır. Bozunma alanı; 1010.69 mm² olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0°: 1.75 mm, 90°: -0.60 mm, 45°: 0.12 mm'dir.

T4-c

Çözümlü yönü



Şekil 4.66. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-c].

- **Atkı yönü**

Yüzeyde; çekme yönünün normaline doğrultusunda çoklu filament ve iplik kırılması, ayrıca, dört yöndeki dikiş ipliklerinde kırılmalar meydana gelmiştir. Katlararası açılma, kesitte lokal bölgede oluşmakta ve geniş bir alana yayılmamaktadır. Bozunma alanı; 1312.92 mm^2 olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0° : 4.63 mm, 90° : -0.64 mm, 45° : 3.81 mm'dir.

- **+45° yönü**

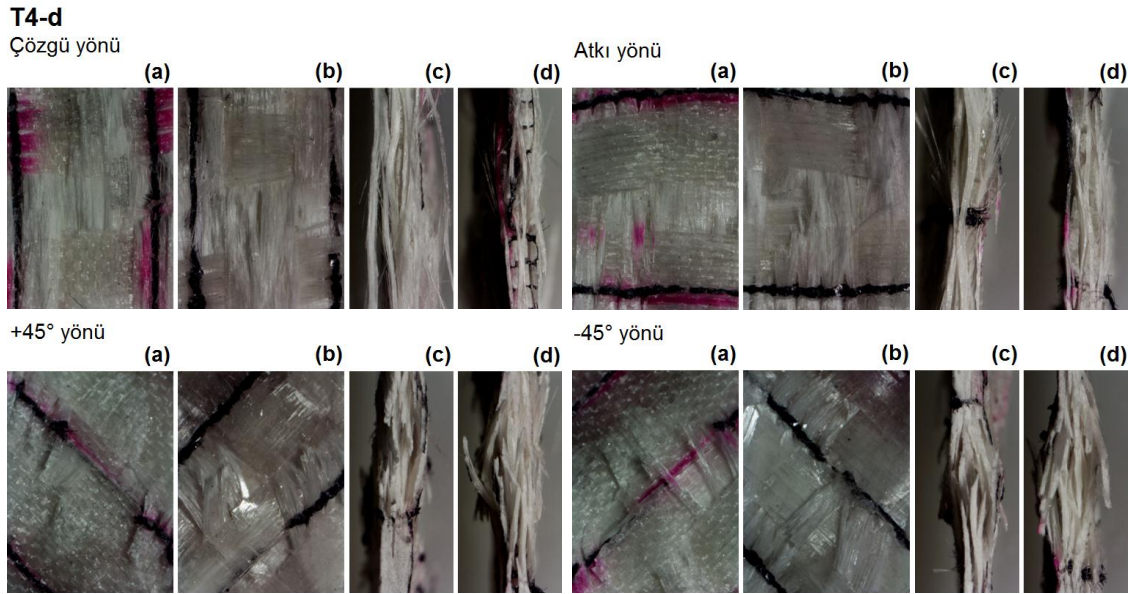
Yüzeyde; çekme yönüne $+45^\circ$ açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası açılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 489.91 mm^2 olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 3.48 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısız fark; $+0$ yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ dir.

- **-45° yönü**

Yüzeyde; çekme yönüne -42.8° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası açılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 391.54 mm^2 olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 4.58 mm'dir. Kırılmanın

olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; $-\theta$ yönünde, $\theta_s=2.20^\circ$ dir.

Şekil 4.67'de, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.67. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-d].

- Çözgü yönü

Yüzeyde; çekme ekseninin normali doğrultusunda kısmi filament kırılmaları ve tamamıyla iplik kırılması meydana gelmiştir. Kesitte; katlararası açılma, kırılmanın olduğu bölgede lokal olarak gerçekleşmiştir. Katlararası açılma, dikişsiz ve dikişsiz/dolgulu yapılara kıyasla, geniş bir alana yayılmamıştır. Bozunma alanı; 1802.64 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Yüzeyde; çekme ekseninin normali doğrultusunda kısmi filament kırılmaları ve tamamıyla iplik kırılması meydana gelmiştir. Kesitte; dikiş yönünün, çekme yönünün normali doğrultusunda olması nedeniyle, katlararası açılma geniş bir alana yayılmıştır.

Bozunma alanı; 1902.63 mm² olarak ölçülmüştür. Bozunma, daha geniş alanda gözlemlenmiştir.

- **+45° yönü**

Yüzeyde; çekme yönüne +45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası açılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 430.15 mm² olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 4.21 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliklerinde çoklu kırılma gözlenmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılma fark; +θ yönünde, θ_s= 0°'dir.

- **-45° yönü**

Yüzeyde; çekme yönüne -45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası açılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 412.32 mm² olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 4.57 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliklerinde çoklu kırılma gözlenmiştir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılma fark; -θ yönünde, θ_s= 0°'dir.

Şekil 4.68'de, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözü, atkı, +45° ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- **Çözü yönü**

Yüzeyde; çekme ekseninin normalini doğrultusunda matris kırılması, çoklu filament ve iplik kırılması, dikiş ipliğinde kırılma meydana gelmiştir. Kalınlık boyunca lokal bölgede katlararası açılma gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 1422.57 mm² olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0°: 4.85 mm, 90°: - 0.22 mm'dir.

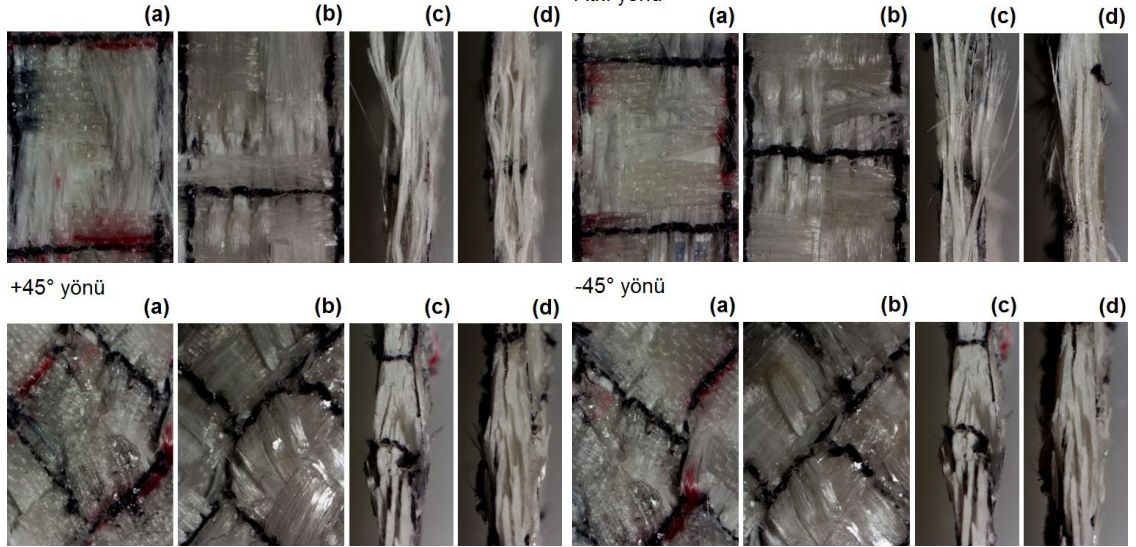
- **Atkı yönü**

Yüzeyde; çekme ekseninin normalini doğrultusunda matris kırılması, çoklu filament ve iplik kırılması, dikiş ipliğinde kırılma meydana gelmiştir. Kalınlık boyunca lokal bölgede katlararası açılma gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 2108.14 mm² olarak

ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0° : 2.65 mm, 90° : - 0.80 mm'dir.

T4-e

Çözgü yönü



Şekil 4.68. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-e].

- +45° yönü

Çekme yönü $+45^\circ$ olan bu yapıda, $+45^\circ$ ve -45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Bu bozunma modu, iki yönlü Nylon 6.6 gevşek dikişli, dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu yapılarda gözlenmemiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normali doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, büzülme olduğu gözlenmiştir. Bu bozunma modunun olası gerekçesi, sıkı adımlı dikişten dolayı, çekme yükünün dar bir alanda hapsedilmesi nedeniyle, burada katastrofik bozunma gerçekleşmiştir. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Dikiş ipliklerinde kırılma vardır. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 735.06 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Bu yapıda, hem kayma sonucu yer değiştirme, hem de materyal eninde büzülme gerçekleşmiştir. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 4.13 mm'dir. Materyal eninde büzülme; 2.66 mm'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılma farkı; $+0$ yönünde, $\theta_s = 0^\circ$; -0 yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ 'dir.

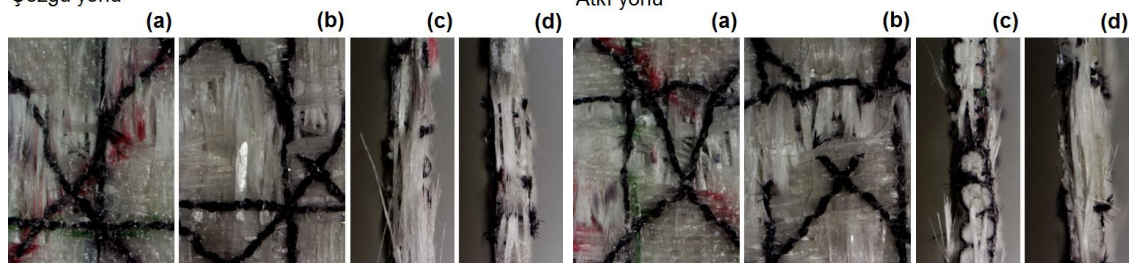
- -45° yönü

Çekme yönü -45° olan bu yapıda, $+45^\circ$ ve -45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Bu bozunma modu, iki yönlü Nylon 6.6 gevşek dikişli, dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu yapılarda gözlenmemiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normali doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, büzülme olduğu gözlenmiştir. Bu bozunma modunun olası gerekçesi, sıkı adımlı dikişten dolayı, çekme yükünün dar bir alanda hapsedilmesi nedeniyle, burada katastropik bozunma gerçekleşmiştir. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Dikiş ipliklerinde kırılma vardır. Kayma esaslı bozunma alanı; 636.89 mm^2 olarak ölçülmüştür. Bu yapıda, hem kayma sonucu yer değiştirme, hem de materyal eninde büzülme gerçekleşmiştir. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 3.28 mm 'dir. Materyal eninde büzülme; 4.37 mm 'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılma fark; $+0$ yönünde, $\theta_s = 0^\circ$; -0 yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ 'dir.

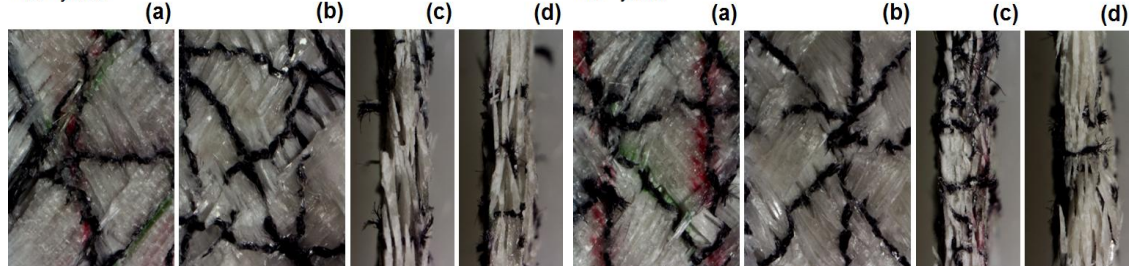
Şekil 4.69'da, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T4-f

Çözgü yönü



$+45^\circ$ yönü



Şekil 4.69. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-f].

- **Çözü yönü**

Yüzeyde; çekme yönünün normali doğrultusunda çoklu filament ve iplik kırılması, ayrıca, dört yöndeki dikiş ipliklerinde kırılmalar meydana gelmiştir. Çok sayıda tamamıyla kırılan iplikler gözlenmiştir. Katlararası açılma, kesitte lokal bölgede oluşmakta ve geniş alana yayılmamaktadır. Bozunma alanı; 1164.86 mm² olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0°: 5.30 mm, 90°: - 0.69 mm, 45°: 2.73 mm'dir.

- **Atkı yönü**

Yüzeyde; çekme yönünün normali doğrultusunda çoklu filament ve iplik kırılması, ayrıca, dört yöndeki dikiş ipliklerinde kırılmalar meydana gelmiştir. Çok sayıda tamamıyla kırılan iplikler gözlenmiştir. Katlararası açılma, kesitte lokal bölgede oluşmakta ve geniş alana yayılmamaktadır. Bozunma alanı; 1077.82 mm² olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0°: 4.85 mm, 90°: - 0.59 mm, 45°: 3.32 mm'dir.

- **+45° yönü**

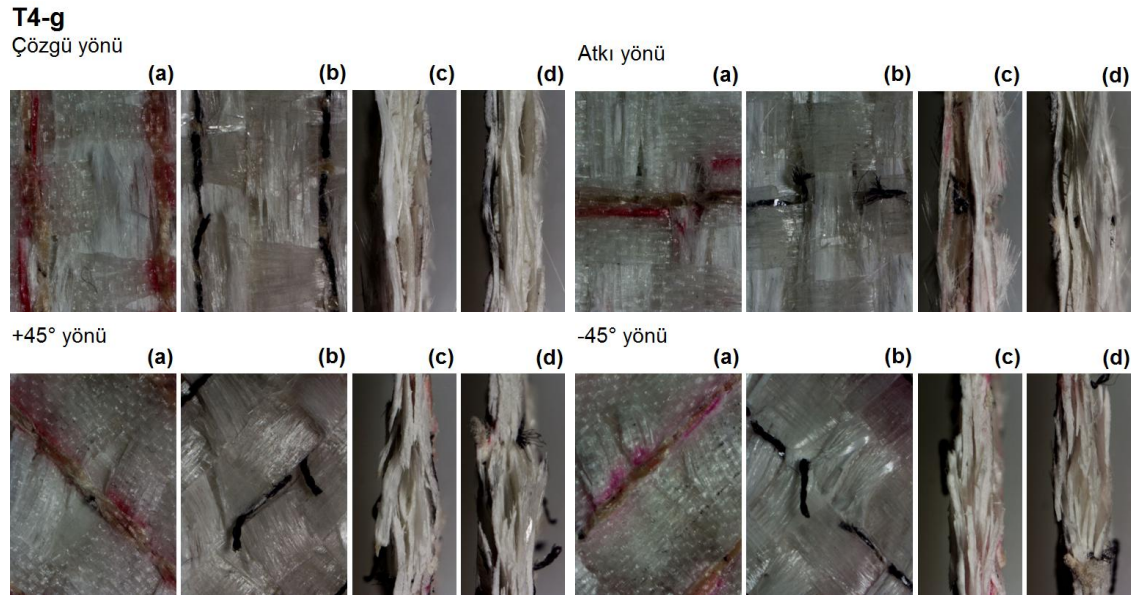
Çekme yönü +45° olan bu yapıda, +39.56° ve -39.40° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normali doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, büzülme olduğu gözlenmiştir. İpliklerarası kayma yoluyla yer değiştirme gözlenmiştir. Bu da, yapının eninde büzülmeye yol açmıştır. Bu bozunma modunun olası gerekçesi, sıkı adımlı dikişten dolayı, çekme yükünün dar bir alanda hapsedilmesi nedeniyle, burada katastropik bozunma gerçekleşmiştir. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Dikiş ipliklerinde kırılma vardır. Kayma esaslı bozunma alanı; 1030.52 mm² olarak ölçülmüştür. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Bu yapıda, hem kayma sonucu yer değiştirme, hem de materyal eninde büzülme gerçekleşmiştir. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 2.84 mm'dir. Materyal eninde büzülme; 3.93 mm'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; +θ yönünde, θ_s= 5.44°; -θ yönünde, θ_s= 5.60°'dir.

- **-45° yönü**

Çekme yönü -45° olan bu yapıda, +35.7° ve -37.3° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normali doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, büzülme olduğu gözlenmiştir. İpliklerarası kayma yoluyla yer değiştirme gözlenmiştir. Bu da, yapının eninde büzülmeye yol açmıştır. Bu bozunma

modunun olası gerekçesi, sıkı adımlı dikişten dolayı, çekme yükünün dar bir alanda hapsedilmesi nedeniyle, burada katastropik bozunma gerçekleşmiştir. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Dikiş ipliklerinde kırılma vardır. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 1302.08 mm^2 olarak ölçülmüştür. Bu yapıda, hem kayma sonucu yer değiştirme, hem de materyal eninde büzülme gerçekleşmiştir. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 1.67 mm 'dir. Materyal eninde büzülme; 3.28 mm 'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılma farkı; $+45^\circ$ yönünde, $\theta_s = 9.30^\circ$; -45° yönünde, $\theta_s = 7.70^\circ$ dir.

Şekil 4.70'te, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.70. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-g].

- Çözgü yönü

Yüzeyde; çekme ekseninin normali doğrultusunda kısmi filament kırılmaları ve tamamıyla iplik kırılması meydana gelmiştir. Kesitte; katlararası açılma, kırılmanın olduğu bölgede lokal olarak gerçekleşmiştir. Katlararası açılma, dikişsiz ve

dikişsiz/dolgu yapılar kıyasla, geniş bir alana yayılmamıştır. Bozunma alanı; 2726.21 mm² olarak ölçülmüştür.

- **Atkı yönü**

Yüzeyde; çekme ekseninin normal doğrultusunda kısmi filament kırılmaları ve tamamıyla iplik kırılması meydana gelmiştir. Kesitte; dikiş yönünün, çekme yönünün normal doğrultusunda olması nedeniyle, katlararası açılma geniş bir alana yayılmıştır. Bozunma alanı; 2214.05 mm² olarak ölçülmüştür. Bozunma, daha geniş alanda gözlemlenmiştir.

- **+45° yönü**

Yüzeyde; çekme yönüne +45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası açılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 506.99 mm² olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 4.67 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliklerinde herhangi bir hasar oluşmamıştır. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılma fark; -θ yönünde, θ_s= 0° dir.

- **-45° yönü**

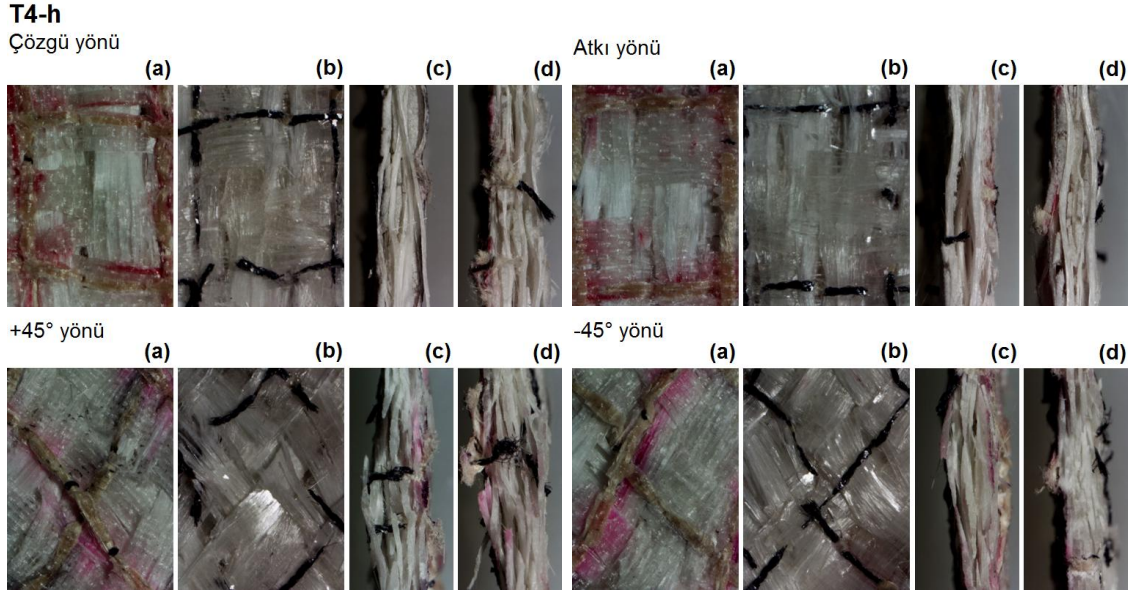
Yüzeyde; çekme yönüne -43.7° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası açılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 448.06 mm² olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 2.79 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliklerinde herhangi bir hasar oluşmamıştır. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılma fark; -θ yönünde, θ_s= 1.93° dir.

Şekil 4.71'de, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek-2 adım/cm) kompozit yapının çözgü, atkı, +45° ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- **Çözgü yönü**

Yüzeyde; çekme ekseninin normal doğrultusunda matris kırılması, çoklu filament ve iplik kırılması meydana gelmiştir. Kalınlık boyunca lokal bölgede katlararası açılma gerçekleşmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliklerinde herhangi bir hasar

oluşmamıştır. Bozunma alanı; 2080.53 mm² olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0°: 2.68 mm, 90°: -0.48 mm'dir.



Şekil 4.71. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-h].

- Atkı yönü

Yüzeyde; çekme ekseninin normaline doğrultusunda matris kırılması, çoklu filament ve iplik kırılması meydana gelmiştir. Kalınlık boyunca lokal bölgede katlararası açılma gerçekleşmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliklerinde herhangi bir hasar oluşmamıştır. Bozunma alanı; 3011.52 mm² olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0°: 3.65 mm, 90°: -0.40 mm'dir.

- +45° yönü

Çekme yönü +45° olan bu yapıda, +45° ve -45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normaline doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, düşük düzeyli lokal büzülme olduğu gözlenmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliklerinde herhangi bir hasar oluşmamıştır. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 656.36 mm² olarak ölçülmüştür. Bu yapıda, hem kayma sonucu yer değiştirme, hem de materyal eninde büzülme gerçekleşmiştir. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 2.51 mm'dir. Materyal

eninde büzülme; 4.57 mm'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılmal fark; $+0$ yönünde, $\theta_s = 0^\circ$; -0 yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ 'dir.

- **-45° yönü**

Çekme yönü -45° olan bu yapıda, $+44.1^\circ$ ve -45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normali doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, düşük düzeyli lokal büzülme oluştuğu gözlenmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliklerinde herhangi bir hasar oluşmamıştır. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 721.79 mm^2 olarak ölçülmüştür. Bu yapıda, hem kayma sonucu yer değiştirme, hem de materyal eninde büzülme gerçekleşmiştir. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 2.62 mm'dir. Materyal eninde büzülme; 3.06 mm'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılmal fark; $+0$ yönünde, $\theta_s = 0.90^\circ$; -0 yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ 'dir.

Şekil 4.72'de, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- **Çözgü yönü**

Yüzeyde; çekme yönünün normali doğrultusunda çoklu filament ve iplik kırılması meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinde kırılma olmamıştır.

Bozunma, dar bir alanda hapsedilmiştir. Katlararası açılma, kesitte lokal bölgede oluşmakta ve geniş alana yayılmamaktadır. Bozunma alanı; 818.90 mm^2 olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0° : 6.11 mm, 90° : -0.59 mm, 45° : 2.71 mm'dir.

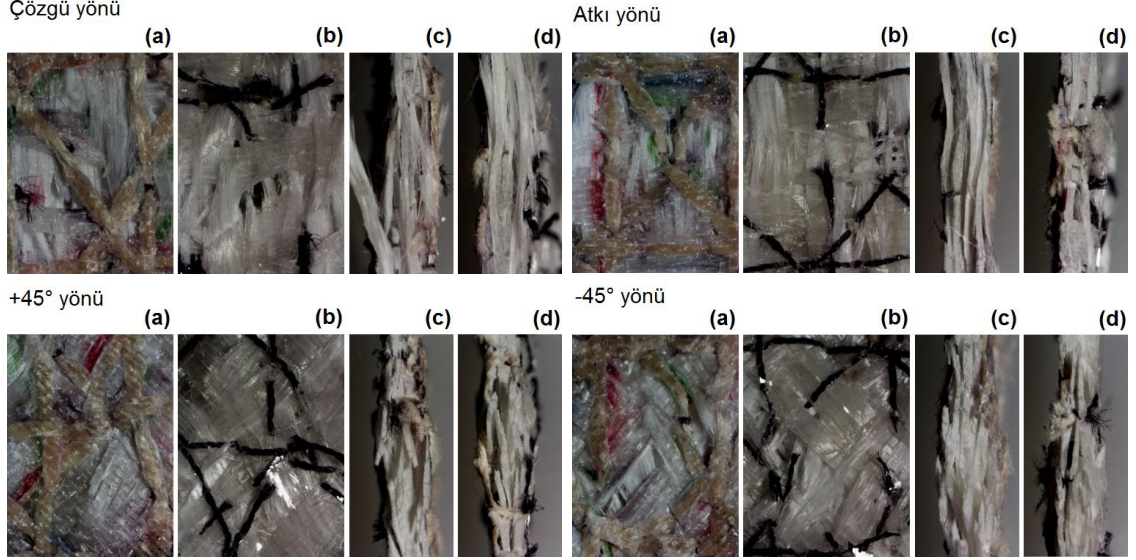
- **Atkı yönü**

Yüzeyde; çekme yönünün normali doğrultusunda çoklu filament ve iplik kırılması meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinde kırılma olmamıştır. Bozunma, dar bir alanda hapsedilmiştir. Katlararası açılma, kesitte lokal bölgede oluşmakta ve geniş alana yayılmamaktadır.

Bozunma alanı; 1187.36 mm^2 olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0° : 4.51 mm, 90° : -0.63 mm, 45° : 2.33 mm'dir.

T4-i

Çözgü yönü



Şekil 4.72. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-i].

- **+45° yönü**

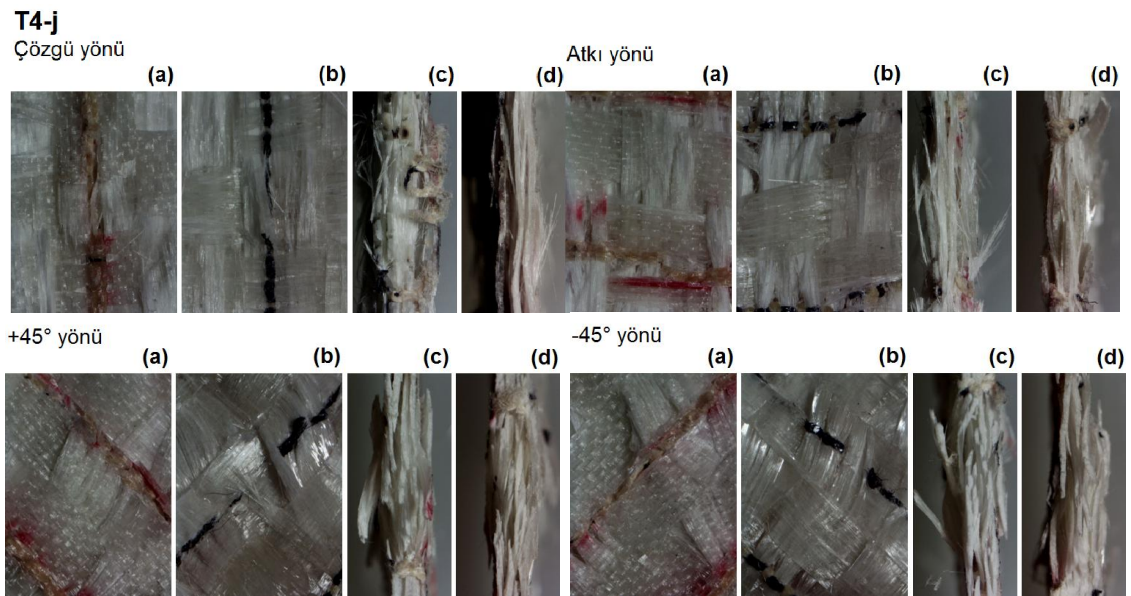
Çekme yönü +45° olan bu yapıda, +45° ve -45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normali doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, düşük düzeyli lokal büzülme olduğu gözlenmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliklerinde herhangi bir hasar oluşmamıştır. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 679.11 mm^2 olarak ölçülmüştür. Bu yapıda, hem kayma sonucu yer değiştirme, hem de materyal eninde büzülme gerçekleşmiştir. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 1.43 mm'dir. Materyal eninde büzülme; 1.84 mm'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılma fark; $+\theta$ yönünde, $\theta_s = 0^\circ$; $-\theta$ yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ 'dir.

- **-45° yönü**

Çekme yönü -45° olan bu yapıda, +35.31° ve -41.42° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normali doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, düşük düzeyli lokal büzülme olduğu gözlenmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliklerinde herhangi bir hasar oluşmamıştır. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 565.48 mm^2 olarak ölçülmüştür. Bu yapıda, hem kayma sonucu yer değiştirme, hem de materyal eninde büzülme

gerçekleşmiştir. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 1.64 mm'dir. Materyal eninde büzülme; 2.72 mm'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; $+\theta$ yönünde, $\theta_s = 9.69^\circ$; $-\theta$ yönünde, $\theta_s = 3.58^\circ$ 'dir.

Şekil 4.73'te, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.73. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-j].

- Çözgü yönü

Yüzeyde; çekme ekseninin normali doğrultusunda kısmi filament kırılmaları ve tamamıyla iplik kırılması meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinde herhangi bir kırılma oluşmamıştır. Kesitte; katlararası açılma, kırılmanın olduğu bölgede lokal olarak gerçekleşmiştir. Katlararası açılma, dikişsiz ve dikişsiz/dolgu yapılarına kıyasla, geniş bir alana yayılmamıştır. Bozunma alanı; 1155.86 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Yüzeyde; çekme ekseninin normali doğrultusunda kısmi filament kırılmaları ve tamamıyla iplik kırılması meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinde herhangi bir kırılma oluşmamıştır. Kesitte; dikiş yönünün, çekme yönünün normali doğrultusunda olması

nedeniyle, katlararası açılma geniş bir alana yayılmıştır. Bozunma alanı; 1754.32 mm² olarak ölçülmüştür. Bozunma, daha geniş alanda gözlemlenmiştir.

- **+45° yönü**

Yüzeyde; çekme yönüne +45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası açılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 393.09 mm² olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 4.06 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinde herhangi bir kırılma oluşmamıştır. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; - θ yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ 'dir.

- **-45° yönü**

Yüzeyde; çekme yönüne -45° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Matris kırılması, filament kırılması ve kısmi lif kırılması gerçekleşmiştir. Kesitte; katlararası açılma ve kayma meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 471.76 mm² olarak ölçülmüştür. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 4.57 mm'dir. Kırılmanın olduğu yerde, çözü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinde herhangi bir kırılma oluşmamıştır. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; - θ yönünde, $\theta_s = 0^\circ$ 'dir.

Şekil 4.74'te, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözü, atkı, +45° ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

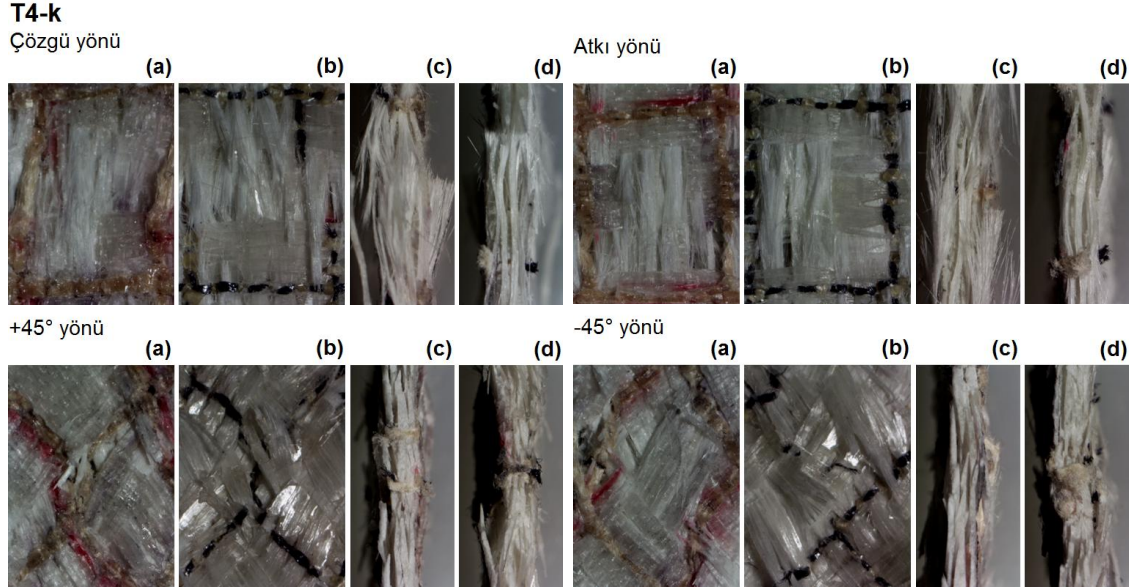
- **Çözü yönü**

Yüzeyde; çekme ekseninin normalı doğrultusunda matris kırılması, çoklu filament ve iplik kırılması meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinde herhangi bir kırılma oluşmamıştır. Kalınlık boyunca lokal bölgede katlararası açılma gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 1185.54 mm² olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0°: 4.96 mm, 90°: -0.64 mm'dir.

- **Atkı yönü**

Yüzeyde; çekme ekseninin normalı doğrultusunda matris kırılması, çoklu filament ve iplik kırılması meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinde herhangi bir kırılma oluşmamıştır. Kalınlık boyunca lokal bölgede katlararası açılma gerçekleşmiştir. Bozunma alanı;

1819.72 mm² olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0°: 3.97 mm, 90°: -0.66 mm'dir.



Şekil 4.74. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-k].

- +45° yönü

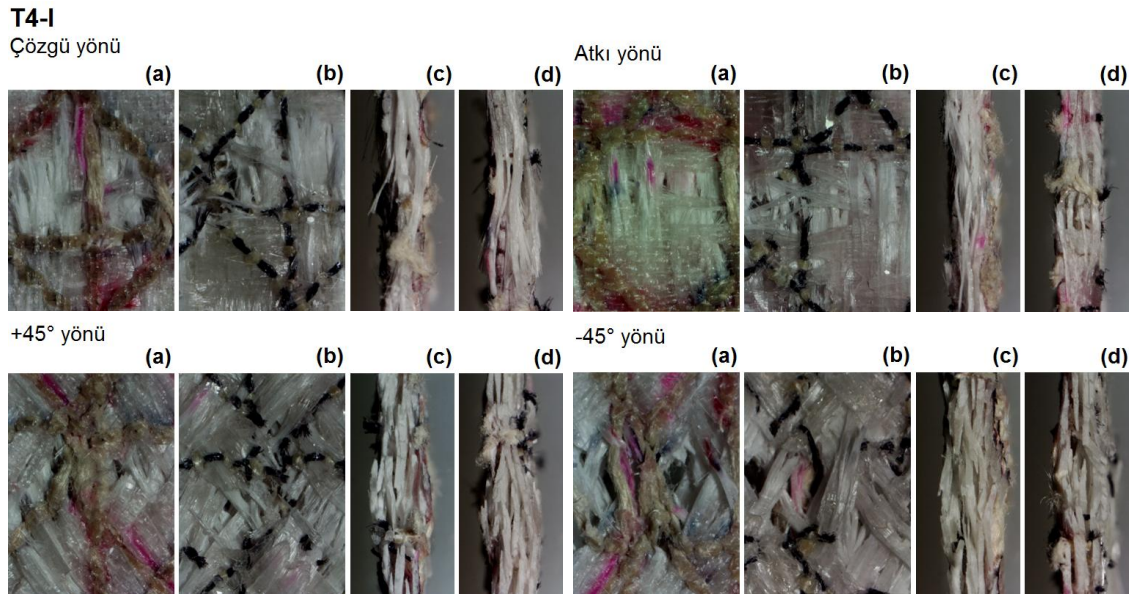
Çekme yönü +45° olan bu yapıda, +39.38° ve -38.25° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normali doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, büzülme olduğu gözlenmiştir. Bu bozunma modunun olası gerekçesi, sıkı adımlı dikişten dolayı, çekme yükünün dar bir alanda hapsedilmesi nedeniyle, burada katastrofik bozunma gerçekleşmiştir. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Dikiş ipliklerinde kırılma yoktur ancak, $\pm\theta$ doğrultusunda, dikiş ipliğinde kayma gözlenmiştir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 637.79 mm² olarak ölçülmüştür. Bu yapıda, hem kayma sonucu yer değiştirme, hem de materyal eninde büzülme gerçekleşmiştir. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 2.14 mm'dir. Materyal eninde büzülme; 4.80 mm'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılal fark; + θ yönünde, $\theta_s = 5.62^\circ$; - θ yönünde, $\theta_s = 6.75^\circ$ dir.

- -45° yönü

Çekme yönü -45° olan bu yapıda, +40.06° ve -39° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normali doğrultusunda, kısmi bozunmanın

olduğu yerde, büzülme olduğu gözlenmiştir. Bu bozunma modunun olası gerekçesi, sıkı adımlı dikişten dolayı, çekme yükünün dar bir alanda hapsedilmesi nedeniyle, burada katastrofik bozunma gerçekleşmiştir. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Dikiş ipliklerinde kırılma yoktur ancak, $\pm\theta$ doğrultusunda, dikiş ipliğinde kayma ve lokal gevşeme gözlenmiştir. Dikiş ipliğinde, yüzeydeki ilmede lokal gevşeme meydana gelmiştir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 925.54 mm^2 olarak ölçülmüştür. Bu yapıda, hem kayma sonucu yer değiştirme, hem de materyal eninde büzülme gerçekleşmiştir. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 2.23 mm 'dir. Materyal eninde büzülme; 2.23 mm 'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılma farkı; $+\theta$ yönünde, $\theta_s = 4.94^\circ$; $-\theta$ yönünde, $\theta_s = 6^\circ$ dir.

Şekil 4.75'te, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.75. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T4-I].

- Çözgü yönü

Yüzeyde; çekme yönünün normali doğrultusunda çoklu filament ve iplik kırılması meydana gelmiştir. Dikişten dolayı, bozunma dar alanda oluşmuş, bu da, katastrofik lif

kırılmaları ile çekme ekseninin normali doğrultusunda gerçekleşmiştir. Dikiş ipliklerinde herhangi bir kırılma yoktur. Ancak; 0° , 90° ve $\pm 45^\circ$ 'deki dikiş ipliklerinde lokal uzamalar gözlenmiştir. Katlararası açılma, kesitte lokal bölgede oluşmakta ve geniş alana yayılmamaktadır. Bozunma alanı; 680.12 mm^2 olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0° : 4.34 mm, 90° : -0.78 mm, 45° : 2.46 mm'dir.

- **Atkı yönü**

Yüzeyde; çekme yönünün normali doğrultusunda çoklu filament ve iplik kırılması meydana gelmiştir. Dikişten dolayı, bozunma dar alanda oluşmuş, bu da, katastrofik lif kırılmaları ile çekme ekseninin normali doğrultusunda gerçekleşmiştir. Dikiş ipliklerinde herhangi bir kırılma yoktur. Ancak; 0° , 90° ve $\pm 45^\circ$ 'deki dikiş ipliklerinde lokal uzamalar gözlenmiştir. Katlararası açılma, kesitte lokal bölgede oluşmakta ve geniş alana yayılmamaktadır. Bozunma alanı; 549.88 mm^2 olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0° : 4.10 mm, 90° : -0.43 mm, 45° : 3.49 mm'dir.

- **+45° yönü**

Çekme yönü $+45^\circ$ olan bu yapıda, $+41.19^\circ$ ve -38.16° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normali doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, büzülme olduğu gözlenmiştir. İpliklerarası kayma yoluyla yer değiştirme gözlenmiştir. Bu da, yapının eninde büzülmeye yol açmıştır. Bu bozunma modunun olası gerekçesi, sıkı adımlı dikişten dolayı, çekme yükünün dar bir alanda hapsedilmesi nedeniyle, burada katastrofik bozunma gerçekleşmiştir. Dikiş ipliklerinde, uzama gözlenmiştir. Büzülmenin olduğu yerde, çoklu filament ve iplik kırılması gerçekleşmiştir. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 450.39 mm^2 olarak ölçülmüştür. Materyal eninde büzülme; 2.21 mm'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; $+\theta$ yönünde, $\theta_s = 3.81^\circ$; $-\theta$ yönünde, $\theta_s = 6.84^\circ$ dir. Bu yapıda, yeni bir '**bozunma modu**' bulunmuştur. Bu bozunma modu; açısal değişim sonucunda lif kırılması olarak kendisini göstermektedir. Bu durumda; dikiş ipliği, lifin, yapının off-axis yükünü taşımaya olan katkısını arttırmaktadır.

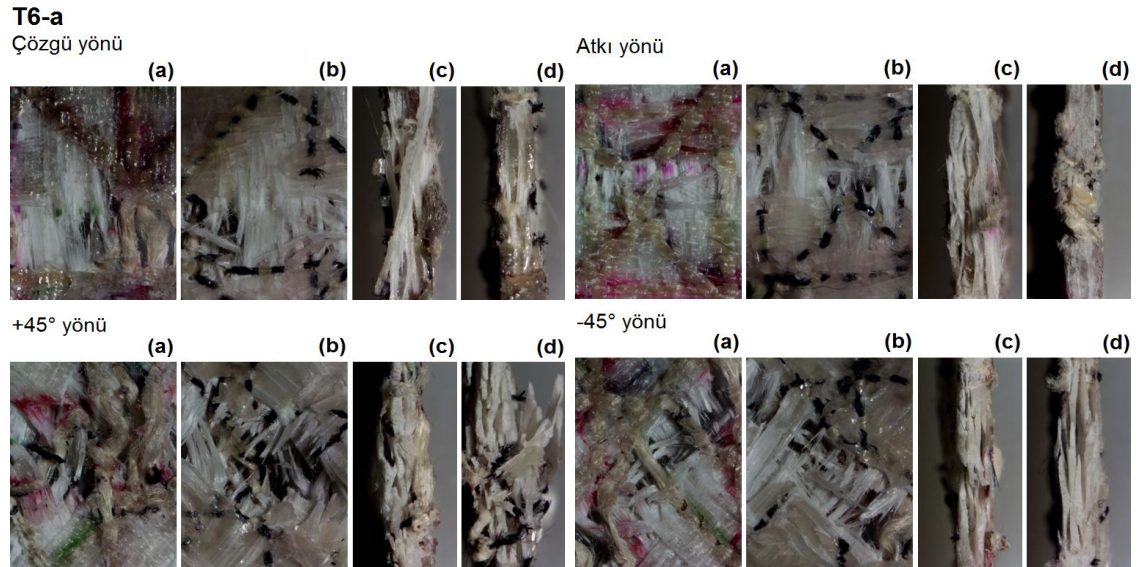
- **-45° yönü**

Çekme yönü -45° olan bu yapıda, $+33.23^\circ$ ve -35.36° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normali doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, büzülme olduğu gözlenmiştir. İpliklerarası kayma yoluyla yer

değiştirme gözlenmiştir. Bu da, yapının eninde büzülme yol açmıştır. Bu bozunma modunun olası gerekçesi, sıkı adımlı dikişten dolayı, çekme yükünün dar bir alanda hapsedilmesi nedeniyle, burada katastrofik bozunma gerçekleşmiştir. Dikiş ipliklerinde, uzama gözlenmiştir. Büzülmenin olduğu yerde, çoklu filament ve iplik kırılması gerçekleşmiştir. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 592.66 mm^2 olarak ölçülmüştür. Materyal eninde büzülme; 2.66 mm 'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılma farkı; $+\theta$ yönünde, $\theta_s = 11.77^\circ$; $-\theta$ yönünde, $\theta_s = 9.64^\circ$ 'dir. Bu yapıda, yeni bir '**bozunma modu**' bulunmuştur. Bu bozunma modu; açılma değişim sonucunda lif kırılması olarak kendisini göstermektedir. Bu durumda; dikiş ipliği, lifin, yapının off-axis yükünü taşımaya olan katkısını arttırmaktadır.

4.3.8.4. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.76'da, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) kompozit yapının çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.76. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T6-a].

- Çözgü yönü

Yüzeyde; çekme yönünün normaline doğrultusunda çoklu filament ve iplik kırılması meydana gelmiştir. Dikişten dolayı, bozunma dar alanda oluşmuş, bu da, katastrofik lif

kırılmaları ile çekme ekseninin normali doğrultusunda gerçekleşmiştir. Dikiş ipliklerinde herhangi bir kırılma yoktur. Ancak; 0° , 90° ve $\pm 45^\circ$ 'deki dikiş ipliklerinde lokal uzamalar gözlenmiştir. Katlararası açılma, kesitte lokal bölgede oluşmakta ve geniş alana yayılmamaktadır. Bozunma alanı; 381.81 mm^2 'dir. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0° : 5.40 mm, 90° : -0.85 mm, 45° : 1.05 mm'dir.

- **Atkı yönü**

Yüzeyde; çekme yönünün normali doğrultusunda çoklu filament ve iplik kırılması meydana gelmiştir. Dikişten dolayı, bozunma dar alanda oluşmuş ve katastrofik lif kırılmaları ile çekme ekseninin normali doğrultusunda gerçekleşmiştir. Dikiş ipliklerinde herhangi bir kırılma yoktur. Ancak; 0° , 90° ve $\pm 45^\circ$ 'deki dikiş ipliklerinde lokal uzamalar gözlenmiştir. Katlararası açılma, kesitte lokal bölgede oluşmakta ve geniş alana yayılmamaktadır. Bozunma alanı; 570.06 mm^2 'dir. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0° : 5.02 mm, 90° : -0.23 mm, 45° : 2.23 mm'dir.

- **+45° yönü**

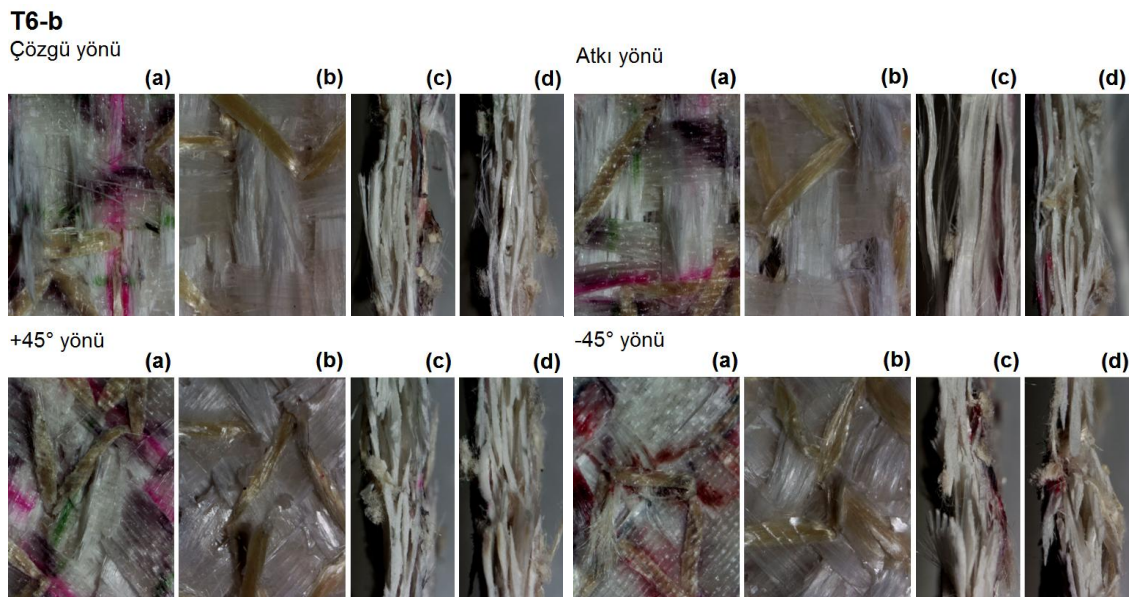
Çekme yönü $+45^\circ$ olan bu yapıda, $+38.66^\circ$ ve -36.57° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normali doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, büzülme olduğu gözlenmiştir. İpliklerarası kayma yoluyla yer değiştirme gözlenmiştir. Bu da, yapının eninde büzülmeye yol açmıştır. Bu bozunma modunun olası gerekçesi, sıkı adımlı dikişten dolayı, çekme yükünün dar bir alanda hapsedilmesi nedeniyle, burada katastrofik bozunma gerçekleşmiştir. Büzülmenin olduğu yerde, çoklu filament ve iplik kırılması gerçekleşmiştir. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Yapıya eklenen nano-silika nedeniyle, kırılmanın olduğu bölgede, tamamıyla lif kırılması ve ayrılması, dikiş ipliklerinde kırılma gözlenmiş ve materyalin kırılma özelliği sergilediği anlaşılmıştır. Kayma esaslı bozunma alanı; 495.03 mm^2 olarak ölçülmüştür. Kırılmanın olduğu yerde, çözümlü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Materyal eninde büzülme; 2.70 mm'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; $+\theta$ yönünde, $\theta_s = 6.34^\circ$; $-\theta$ yönünde, $\theta_s = 8.43^\circ$ dir. Bu yapıda, yeni bir '**bozunma modu**' bulunmuştur. Bu bozunma modu; açısal değişim sonucunda lif kırılması olarak kendisini göstermektedir. Bu durumda; dikiş ipliği, lifin, yapının off-axis yükünü taşımaya olan katkısını arttırmaktadır.

- **-45° yönü**

Çekme yönü -45° olan bu yapıda, $+37.78^\circ$ ve -36.03° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normali doğrultusunda, kısmi bozunmanın

olduğu yerde, büzülme olduğu gözlenmiştir. İpliklerarası kayma yoluyla yer değiştirme gözlenmiştir. Bu da, yapının eninde büzülmeye yol açmıştır. Bu bozunma modunun olası gerekçesi, sıkı adımlı dikişten dolayı, çekme yükünün dar bir alanda hapsedilmesi nedeniyle, burada katastropik bozunma gerçekleşmiştir. Büzülmenin olduğu yerde, çoklu filament ve iplik kırılması gerçekleşmiştir. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Yapıya eklenen nano-silika nedeniyle, kırılmanın olduğu bölgede, tamamıyla lif kırılması ve ayrılması, dikiş ipliklerinde kırılma gözlenmiş ve materyalin kırılma özelliği sergilediği anlaşılmıştır. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 465.86 mm^2 olarak ölçülmüştür. Materyal eninde büzülme; 4.27 mm 'dir. Bunun etkisi de, nano-silikanın yapıya eklenmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açılma farkı; $+\theta$ yönünde, $\theta_s=7.22^\circ$; $-\theta$ yönünde, $\theta_s= 8.97^\circ$ 'dir. Bu yapıda, yeni bir '**bozunma modu**' bulunmuştur. Bu bozunma modu; açılma değişim sonucunda lif kırılması olarak kendisini göstermektedir. Bu durumda; dikiş ipliği, lifin, yapının off-axis yükünü taşımaya olan katkısını arttırmaktadır.

Şekil 4.77'de, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5- silika) kompozit yapının çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönü çekme testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.77. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/ %5- silika) çekme testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 6.7$) [T6-b].

- **Çözü yönü**

Yüzeyde; çekme yönünün normalini doğrultusunda çoklu filament ve iplik kırılması meydana gelmiştir. Kevlar® 129- dört yön- gevşek dikişli [T4-i] yapıya kıyasla, daha az filament ve iplik kırılması gerçekleşmiştir. Dikiş ipliğinde kırılma olmamıştır. Hasar, daha geniş bir alana yayılmıştır. Kesitte; katlararası açılmada, ilerleme görülmüştür. Bozunma alanı; 1651.40 mm² olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0°: 3.39 mm, 90°: -0.67 mm, 45°: 2.69 mm'dir.

- **Atkı yönü**

Yüzeyde; çekme yönünün normalini doğrultusunda çoklu filament ve iplik kırılması meydana gelmiştir. Kevlar® 129- dört yön- gevşek dikişli [T4-i] yapıya kıyasla, daha az filament ve iplik kırılması gerçekleşmiştir. Dikiş ipliğinde kırılma olmamıştır. Hasar, daha geniş bir alana yayılmıştır. Kesitte; katlararası açılmada, ilerleme görülmüştür. Bozunma alanı; 1099.30 mm² olarak ölçülmüştür. Çekme yükü uygulanan numunedeki uzama miktarları; 0°: 5.62 mm, 90°: -1.74 mm, 45°: 0.93 mm'dir.

- **+45° yönü**

Çekme yönü +45° olan bu yapıda, +39.47° ve -35.21° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normalini doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, düşük düzeyli lokal büzülme olduğu gözlenmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliklerinde kırılma vardır. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 708.72 mm² olarak ölçülmüştür. Bu yapıda, hem kayma sonucu yer değiştirme, hem de materyal eninde büzülme gerçekleşmiştir. Kayma sonucu meydana gelen yer değiştirme; 2.76 mm'dir. Materyal eninde büzülme; 2.56 mm'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; +θ yönünde, θ_s= 5.53°; -θ yönünde, θ_s= 9.79°'dir.

- **-45° yönü**

Çekme yönü -45° olan bu yapıda, +36.33° ve -39.67° açısında şekil değişimi meydana gelmiştir. Yapının eninde, çekme yükünün normalini doğrultusunda, kısmi bozunmanın olduğu yerde, düşük düzeyli lokal büzülme olduğu gözlenmiştir. Bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliklerinde kırılma vardır. İplik-matris pull-out gözlenmiştir. Kırılmanın olduğu yerde, çözgü-atkı ipliği üzerinde lokal kıvrım bantları meydana gelmiştir. Kayma esaslı bozunma alanı; 470.08 mm² olarak ölçülmüştür. Bu yapıda, hem kayma sonucu yer değiştirme, hem de materyal eninde büzülme gerçekleşmiştir. Kayma sonucu

meydana gelen yer değiştirme; 4.15 mm'dir. Materyal eninde büzülme; 3.49 mm'dir. Kayma sonucu yapının iplik setlerinde meydana gelen açısal fark; + θ yönünde, $\theta_s=8.67^\circ$; - θ yönünde, $\theta_s=5.33^\circ$ 'dir.

4.4. Eğilme Dayanımı Testi

Kompozit yapıların z ve atkı yönü eğilme dayanımı test sonuçları, sırasıyla Tablo 4.12 ve 4.13'te verilmiştir. Her bir kompozit yapının z ve atkı yönü testleri için 'spesifik eğilme dayanımı', 'spesifik eğilme uzaması' ve 'spesifik eğilme modülü' değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 4.12. E-cam/Polyester kompozit yapıların z yönü eğilme dayanımı test sonuçları.

Kod	Eğilme kuvveti (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)	Spesifik eğilme dayanımı (MPa/g/cm ³)	Spesifik eğilme uzaması (%/g/cm ³)	Spesifik eğilme modülü (GPa/g/cm ³)
T1-a	888.77	3.31	343.48	3.10	14.46	171.91	1.55	7.24
T1-b	1113.54	2.96	394.73	2.89	16.06	202.22	1.48	8.23
T1-c	833.11	4.31	285.37	4.28	8.81	142.26	2.13	4.39
T2-a	1075.41	3.32	368.64	3.29	14.33	189.14	1.69	7.35
T2-b	902.95	2.48	346.18	2.33	16.23	191.68	1.29	8.99
T2-c	1167.25	3.20	472.86	2.92	17.70	253.00	1.56	9.47
T2-d	1019.47	3.01	434.50	2.67	17.67	227.01	1.39	9.23
T4-a	794.06	4.04	381.45	2.42	17.00	189.12	1.20	8.43
T4-b	810.33	4.46	366.63	2.76	15.15	185.26	1.39	7.66
T4-c	719.90	3.87	306.15	2.47	13.22	155.09	1.25	6.70
T4-d	809.30	4.60	432.25	2.61	18.11	216.13	1.31	9.06
T4-e	769.10	3.93	358.76	2.39	16.22	183.98	1.23	8.32
T4-f	794.80	3.73	313.92	2.47	13.29	161.07	1.27	6.82
T4-g	768.17	3.42	340.12	2.14	17.17	177.79	1.12	8.98
T4-h	830.29	3.68	313.67	2.49	14.28	163.45	1.30	7.44
T4-i	670.84	3.54	237.17	2.47	11.10	125.29	1.30	5.86
T4-j	836.61	4.14	366.75	2.60	15.11	190.82	1.35	7.86
T4-k	920.69	4.10	325.05	2.87	12.63	172.35	1.52	6.70
T4-l	665.59	3.12	219.81	2.25	11.08	117.29	1.20	5.91
T5-a	720.67	3.99	295.04	2.60	15.29	154.47	1.36	8.01
T5-b	1164.93	3.07	319.17	2.44	15.63	161.69	1.24	7.92
T5-c	699.65	3.83	259.69	2.61	12.67	132.43	1.33	6.46
T5-d	922.65	3.73	347.08	2.53	15.55	174.41	1.27	7.81
T5-e	695.57	2.90	256.73	1.98	14.27	128.56	0.99	7.15
T5-f	1110.34	2.32	234.99	2.10	12.89	119.77	1.07	6.57
T5-g	778.31	3.65	313.06	2.39	14.43	159.56	1.22	7.35
T5-h	807.59	3.92	354.30	2.46	15.67	180.12	1.25	7.97
T5-i	652.00	3.53	278.74	2.25	14.77	143.09	1.16	7.58
T6-a	794.91	3.88	239.12	2.94	9.68	131.17	1.61	5.31
T6-b	767.71	3.80	283.15	2.60	12.84	149.50	1.37	6.78

Tablo 4.13. E-cam/Polyester kompozit yapıların atkı yönü eğilme dayanımı test sonuçları.

Kod	Eğilme kuvveti (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)	Spesifik eğilme dayanımı (MPa/g/cm ³)	Spesifik eğilme uzaması (%/g/cm ³)	Spesifik eğilme modülü (GPa/g/cm ³)
T1-a	797.22	2.92	308.10	2.73	13.79	154.20	1.37	6.90
T1-b	1044.55	3.02	370.27	2.94	14.06	189.69	1.51	7.20

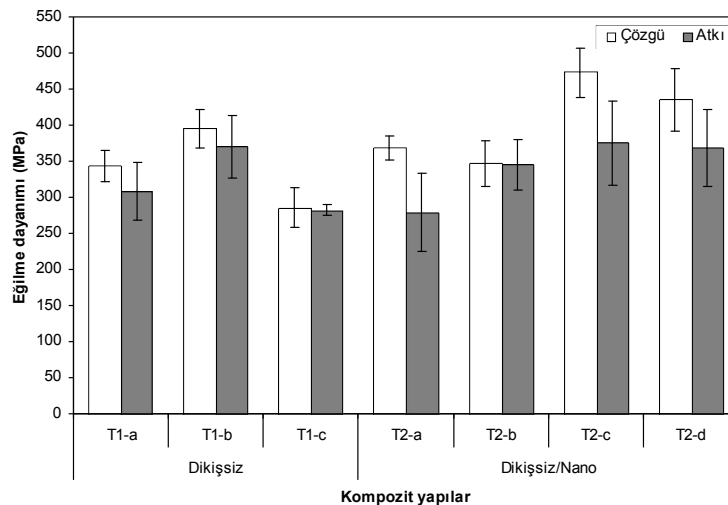
Tablo 4.13'ün devamı.

T1-c	824.42	4.16	282.39	4.12	9.57	140.77	2.05	4.77
T2-a	796.62	2.99	278.74	2.96	12.22	143.02	1.52	6.27
T2-b	899.82	2.67	344.98	2.51	15.50	191.02	1.39	8.58
T2-c	925.43	3.05	374.90	2.78	15.35	200.59	1.49	8.21
T2-d	862.50	3.12	367.60	2.78	15.78	192.06	1.45	8.24
T4-a	722.26	4.27	346.96	2.56	15.32	172.02	1.27	7.60
T4-b	775.97	4.13	351.09	2.55	15.26	177.41	1.29	7.71
T4-c	650.07	3.80	276.46	2.42	12.20	140.05	1.23	6.18
T4-d	607.43	3.92	324.43	2.23	16.21	162.22	1.12	8.11
T4-e	564.66	3.70	263.39	2.25	13.97	135.07	1.15	7.16
T4-f	687.56	3.92	271.57	2.59	11.86	139.34	1.33	6.09
T4-g	831.07	4.24	367.97	2.65	15.44	192.35	1.39	8.07
T4-h	682.26	3.63	241.21	2.54	11.69	125.70	1.32	6.09
T4-i	682.26	3.63	241.21	2.54	10.20	127.42	1.34	5.39
T4-j	761.09	4.19	333.64	2.63	14.01	173.59	1.37	7.29
T4-k	774.51	3.94	273.44	2.75	10.98	144.98	1.46	5.82
T4-l	631.57	4.04	208.57	2.92	9.50	111.30	1.56	5.07
T5-a	684.88	3.93	280.39	2.56	13.42	146.80	1.34	7.03
T5-b	1342.00	3.42	367.69	2.71	15.82	186.27	1.37	8.01
T5-c	731.86	3.73	271.64	2.54	12.36	138.52	1.30	6.30
T5-d	832.12	3.95	313.02	2.68	12.95	157.30	1.35	6.51
T5-e	785.91	3.83	290.07	2.62	12.67	145.25	1.31	6.34
T5-f	1158.13	2.99	245.10	2.70	12.03	124.92	1.38	6.13
T5-g	748.92	3.54	301.24	2.32	14.38	153.54	1.18	7.33
T5-h	729.20	4.32	319.91	2.71	13.23	162.64	1.38	6.73
T5-i	705.37	3.43	301.56	2.18	15.08	154.80	1.12	7.74
T6-a	647.05	4.90	194.64	3.71	8.42	106.77	2.04	4.62
T6-b	741.12	3.98	273.35	2.72	11.24	144.32	1.44	5.93

4.4.1. Eğilme Dayanımı

4.4.1.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgu Kompozit Yapılar

Şekil 4.78'de, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano dolgu kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.78. Eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

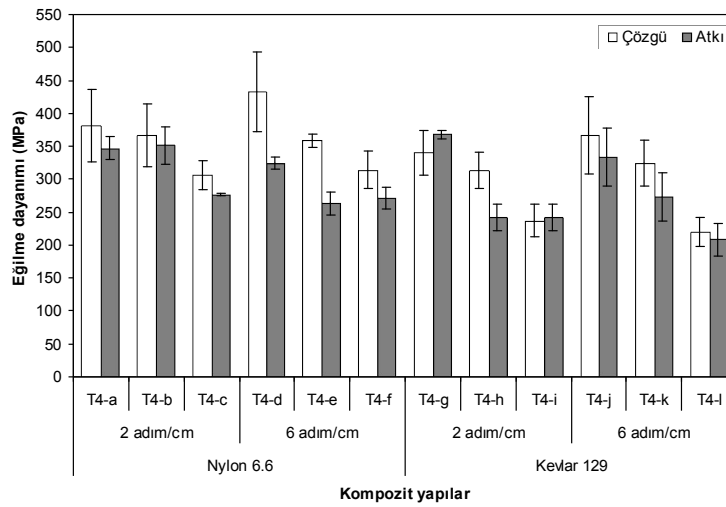
Dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların çözümlü yönündeki eğilme dayanımı değerlerinin, atkı yönüne göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Atkı sıklığının 18 tel/10 cm, çözümlü sıklığının 16 tel/10 cm olmasına karşın; atkı yönündeki eğilme dayanımının, çözümlü yönündeki eğilme dayanımından düşük olmasının, atkı sıklığındaki varyasyona bağlı olduğu söylenebilir. Bunun da, dokuma esnasındaki dokuma parametreleri olan tefeleme ve besleme proses parametrelerine bağlı olduğu açıktır. Eğilme dayanımı değerlerinin, çözümlü yönünde; 285.37-472.86 MPa, atkı yönünde; 278.74-374.90 MPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. %7.5 nano-silika dolgulu (T2-c) ve %5 nano-karbon dolgulu (T2-d) kompozit yapıların, dikişsiz (T1-a) kompozit yapıya kıyasla, çözümlü yönündeki eğilme dayanımı değerlerinde sırasıyla %27.4 ve %21, atkı yönündeki eğilme dayanımı değerlerinde ise sırasıyla %17.8 ve %16.2 artış sağladığı belirlenmiştir. Dikişsiz/oryantasyonlu (T1-b) kompozit yapıda, 0°/90° oryantasyonunun, dış katmanda olmasından dolayı, eğme testi esnasında meydana gelen yukarıdan basma ve aşağıdan çekme esaslı yükleme tipine karşı daha yüksek bir dayanım göstermiştir. Yüzeyden iç katmanlara doğru yük transferi gerçekleşirken, iç katmandaki ±45° oryantasyonu ise, olası kayma esaslı yüklemelere karşı yapıya katkı sağlamaktadır. Dikişsiz/oryantasyonlu (T1-c) kompozit yapıda, dış katmanlarda ±45° oryantasyonunun bulunması, eğme yüküne karşı düşük dayanım göstermesine sebep olmaktadır ve beklenen bir durumdur.

4.4.1.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.79’da, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapılar için, çözümlü ve atkı yönündeki eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

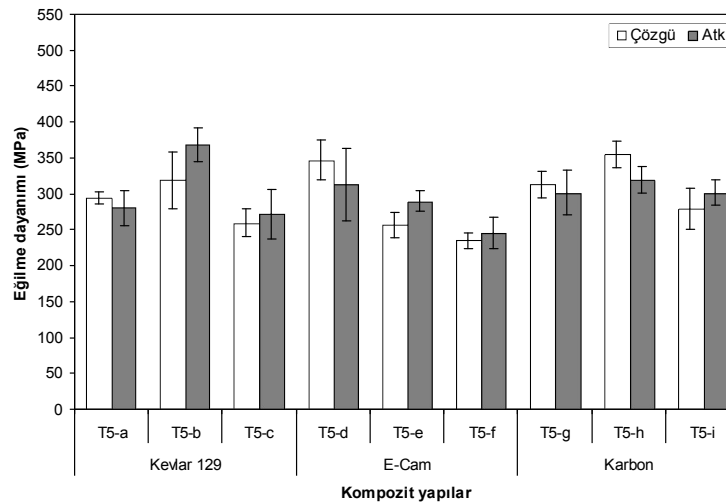
Makine dikişli kompozit yapıların çözümlü yönündeki eğilme dayanımı değerlerinin, atkı yönüne göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Makine dikişli yapılarda, dikiş yön sayısı arttıkça, eğilme dayanımı değerleri düşmüştür. Bu durumun, artan dikiş yön sayısı ile birlikte, dikişin önsökilde sebep olduğu hasar miktarının da artmasından kaynaklandığı söylenebilir. Dikiş adım sayısının, dikişli kompozit yapıların eğilme dayanımları üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Eğilme dayanımı değerlerinin, çözümlü yönünde; 219.81-432.25 MPa, atkı yönünde; 208.57-367.97 MPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.79. Eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.80’de, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



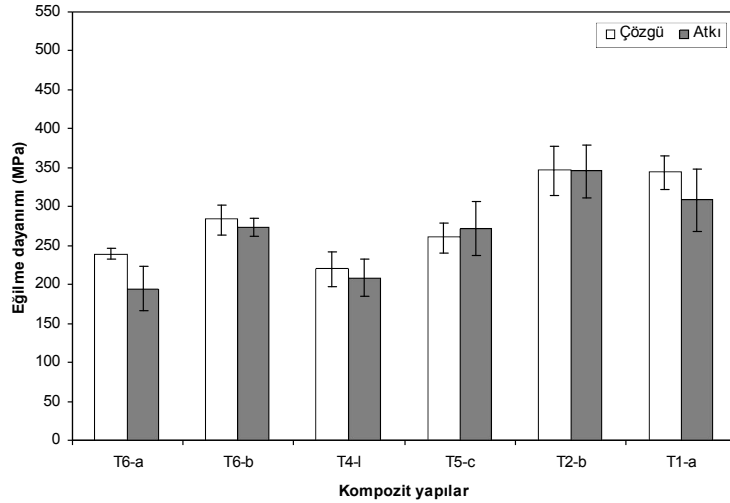
Şekil 4.80. Eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.

El dikişli kompozit yapılarda genel olarak, iki yön dikişli kompozit yapıların eğilme dayanımı değerlerinin, tek yön ve dört yön dikişli kompozit yapılara kıyasla bir miktar yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. El dikişli yapılarda, dikişten dolayı yapıda degradasyon düşük değerdedir. Ancak, el dikişli yapıların, çok yönde ve belirli bir dikiş

sıklığında dikilmesi önerilebilir. El dikişli kompozit yapılarda, dikiş ipliği türünün, eğilme dayanımları üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Eğilme dayanımı değerlerinin, çözüğü yönünde; 23.99-354.30 MPa, atkı yönünde; 245.10-367.69 MPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

4.4.1.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.81’de, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözüğü ve atkı yönündeki eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.81. Eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

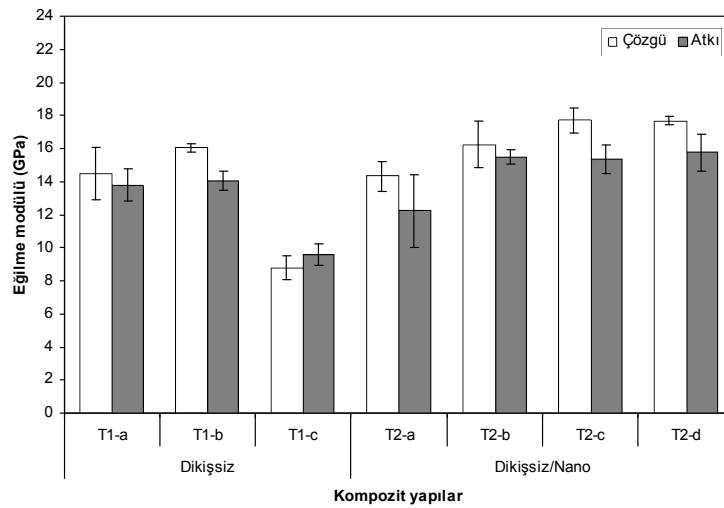
Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme dayanımı değerleri incelendiğinde; %5 nano-silika dolgulu (T2-b) kompozit yapının, dikişsiz (T1-a) kompozit yapıya göre belirgin bir fark ortaya koymadığı sonucuna varılmıştır. Buna karşın, dikişli (T4-l ve T5-c) ve dikişli/nano dolgulu (T6-a ve T6-b) kompozit yapıların eğilme dayanımı değerleri, dikişsiz (T1-a) yapıya göre daha düşüktür. Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme dayanımı değerlerinde belirgin bir farklılık tespit edilmemiştir. Ancak, makine dikişli (T4-l) kompozit yapının eğilme dayanımı, dikişsiz (T1-a) yapıya kıyasla, çözüğü yönünde; % 36, atkı yönünde; %32 düşüş gösterirken, bu düşüş eğilimi el dikişli (T5-c) kompozit yapıda bir miktar azalmakla birlikte, çözüğü yönünde %24.4, atkı yönünde ise %11.8’dir. El dikişli

yapılarda, dikişten dolayı yapıda meydana gelen degradasyon, makine dikişine göre daha düşük değerdedir.

4.4.2. Eğilme Modülü

4.4.2.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.82’de, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki eğilme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.82. Eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

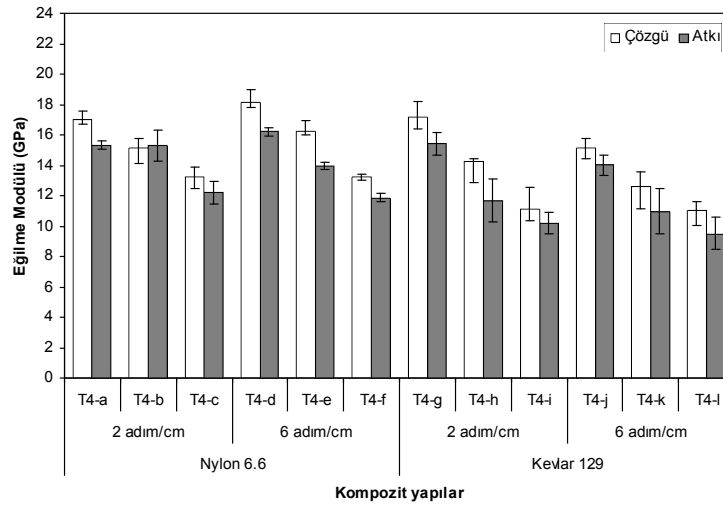
Dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların çözgü yönündeki eğilme modülü değerlerinin, atkı yönüne göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Atkı sıklığının 18 tel/10 cm, çözgü sıklığının 16 tel/10 cm olmasına karşın; atkı yönündeki eğilme modülünün, çözgü yönündeki eğilme modülünden düşük olmasının, atkı sıklığındaki varyasyona bağlı olduğu söylenebilir. Bunun da, dokuma esnasındaki dokuma parametreleri olan tefeleme ve besleme proses parametrelerine bağlı olduğu açıktır. Eğilme modülü değerlerinin, çözgü yönünde; 8.81-17.70 GPa, atkı yönünde; 9.57-15.78 GPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. %7.5 nano-silika dolgulu (T2-c) ve %5 nano-karbon dolgulu (T2-d) kompozit yapıların, dikişsiz (T1-a) kompozit yapıya kıyasla, çözgü yönündeki eğilme modülü değerlerinde sırasıyla %18.3

ve %18.2, atkı yönündeki eğilme modülü değerlerinde ise sırasıyla %10.2 ve %12.6 artış sağladığı belirlenmiştir. Dikişsiz/oryantasyonlu (T1-b) kompozit yapıda, $0^\circ/90^\circ$ oryantasyonunun, dış katmanda olmasından dolayı, eğme testi esnasında meydana gelen yukarıdan basma ve aşağıdan çekme esaslı yükleme tipine karşı daha yüksek bir dayanım göstermiştir. Yüzeyden iç katmanlara doğru yük transferi gerçekleşirken, iç katmandaki $\pm 45^\circ$ oryantasyonu ise, olası kayma esaslı yüklemelere karşı yapıya katkı sağlamaktadır. Dikişsiz/oryantasyonlu (T1-c) kompozit yapıda, dış katmanlarda $\pm 45^\circ$ oryantasyonunun bulunması, eğme yüküne karşı düşük dayanım göstermesine sebep olmaktadır ve beklenen bir durumdur.

4.4.2.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.83'te, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki eğilme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



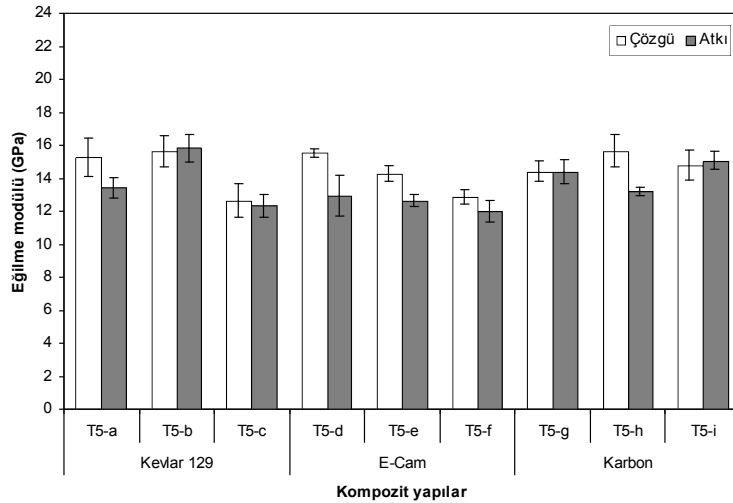
Şekil 4.83. Eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.

Makine dikişli kompozit yapıların çözgü yönündeki eğilme modülü değerlerinin, atkı yönüne göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Makine dikişli yapılarda, dikiş yön sayısı arttıkça, eğilme modülü değerleri düşmüştür. Bu durumun, artan dikiş yön sayısı ile birlikte, dikişin öngörülebilir şekilde sebep olduğu hasar miktarının da artmasından kaynaklandığı söylenebilir. Dikiş adım sayısının, dikişli kompozit yapıların eğilme

modülü değerleri üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Eğilme modülü değerlerinin, çözgü yönünde; 11.08-18.11 GPa, atkı yönünde; 9.50-16.21 GPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.84'te, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki eğilme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. El dikişli kompozit yapıların eğilme modülü değerleri incelendiğinde, dikiş yön sayısının, eğilme modülü üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. El dikişli yapılarda, dikişten dolayı yapıda degradasyon düşük değerdedir. Ancak, el dikişli yapıların, çok yönde ve belirli bir dikiş sıklığında dikilmesi önerilebilir. El dikişli kompozit yapılarda, dikiş ipliği türünün, eğilme modülü üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Eğilme modülü değerleri, çözgü yönünde; 12.67-15.67 GPa, atkı yönünde; 12.03-15.82 GPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

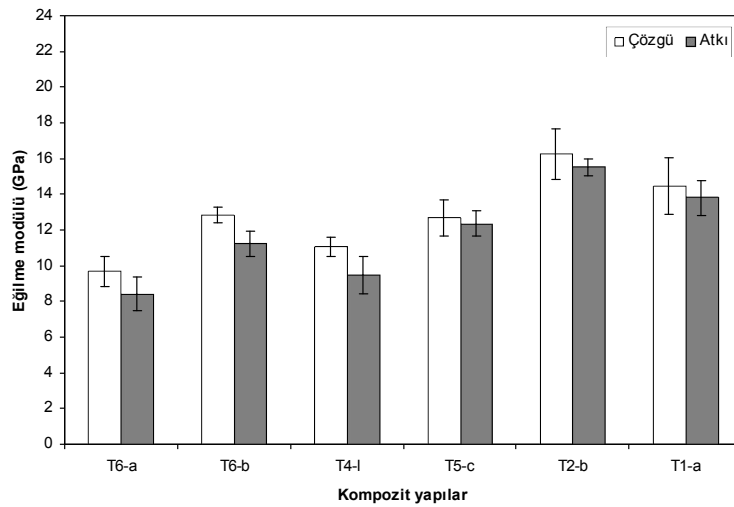


Şekil 4.84. Eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.

4.4.2.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.85'te, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki eğilme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme modülü değerleri incelendiğinde; %5 nano-silika dolgulu (T2-b) kompozit yapının, dikişsiz (T1-a)

kompozit yapıya göre, eğilme modülünde bir miktar artış sağladığı belirlenmiştir. Bu artış, çözgü yönünde; %10.9, atkı yönünde; %11'dir. Nano-silika ilavesi, yapının rijitliğinin artmasına neden olmuş, bu sayede modül değerleri bir miktar artmıştır. Buna karşın, dikişli (T4-l ve T5-c) ve dikişli/nano dolgulu (T6-a ve T6-b) kompozit yapıların eğilme modülü değerleri, dikişsiz (T1-a) yapıya göre daha düşüktür. Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme modülü değerlerinde belirgin bir farklılık tespit edilmemiştir. Ancak, makine dikişli (T4-l) kompozit yapının eğilme modülü, dikişsiz (T1-a) yapıya kıyasla, çözgü yönünde; % 23.4, atkı yönünde; %31.1 düşüş gösterirken, bu düşüş eğilimi el dikişli (T5-c) kompozit yapıda bir miktar azalmakla birlikte, çözgü yönünde %12.4, atkı yönünde ise %10.4'tür. El dikişli yapılarda, dikişten dolayı yapıda meydana gelen degradasyon, makine dikişine göre daha düşük değerdedir.



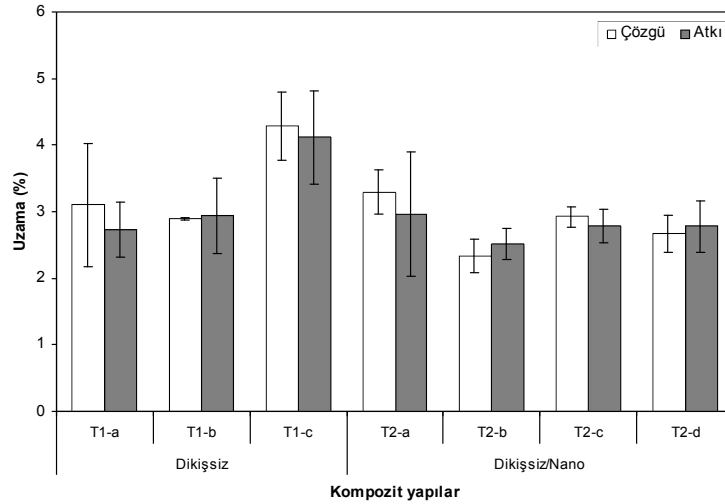
Şekil 4.85. Eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

4.4.3. Eğilme Uzaması

4.4.3.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.86'da, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Dikişsiz/oryantasyonlu (T1-b) yapının eğilme uzaması değerlerinin, dikişsiz (T1-a) kompozit yapıya göre çözgü yönünde bir miktar düşük olmakla birlikte, atkı yönünde benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Dikişsiz/oryantasyonlu (T1-b) kompozit yapıda, $0^{\circ}/90^{\circ}$ oryantasyonunun dış katmanda olmasından dolayı, eğme esaslı yükleme tipine karşı daha yüksek bir dayanım göstermektedir. Dikişsiz/oryantasyonlu (T1-c) kompozit yapının uzama değerleri, çözgü ve atkı yönlerinde, dikişsiz (T1-a) ve dikişsiz/nano dolgulu (T2-a, T2-b, T2-c, T2-d) kompozit yapılara göre bir miktar yüksektir. Bu yapıda, dış katmanlarda $\pm 45^{\circ}$ oryantasyonunun bulunması, eğme yüküne karşı düşük dayanım göstermesine sebep olmaktadır. Bu nedenle uzama miktarı yüksektir ve bu, beklenen bir durumdur. Dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların uzama değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Nano-silika ve nano-karbon ilavesi, kompozit yapıların rijitliğinin artmasına neden olmuştur. Dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme uzaması değerlerindeki değişimlerin, nano-silikanın yapı içerisindeki heterojen dağılımı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Eğilme uzaması değerlerinin, çözgü yönünde; %2.33-4.28, atkı yönünde; %2.51-4.12 aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.



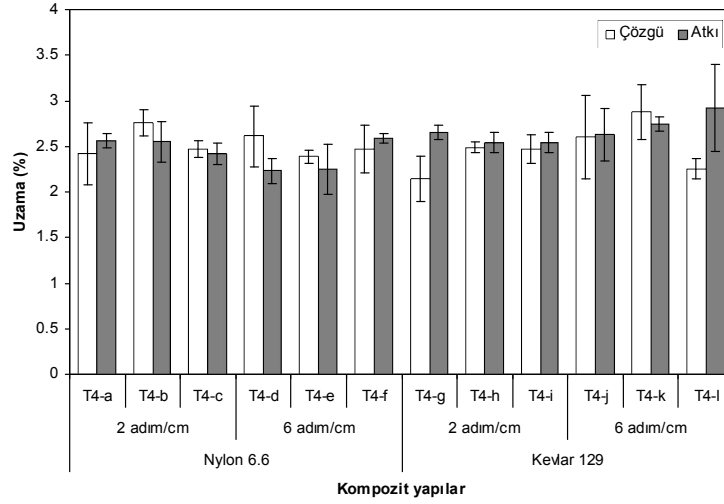
Şekil 4.86. Eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

4.4.3.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.87’de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Makine dikişli kompozit yapılarda, eğilme uzaması değerlerinin, çözgü yönünde; %2.14-2.87,

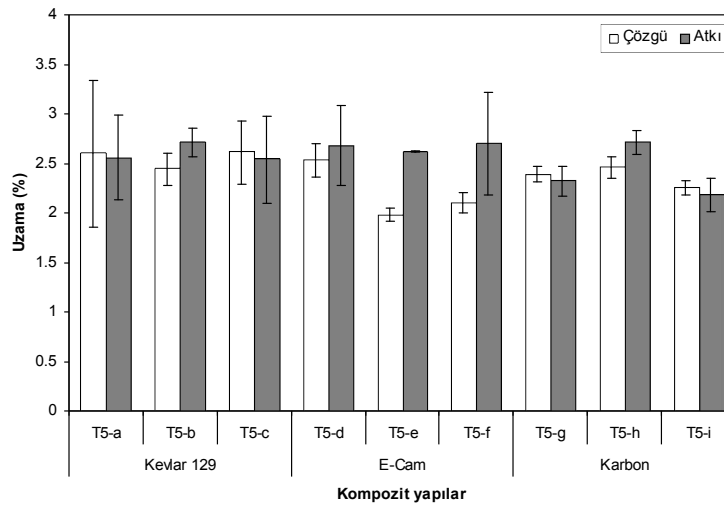
atki yönünde; %2.23-2.92 aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişli kompozit yapıların eğilme uzaması değerleri, genel olarak, dikişsiz yapıya göre daha düşük olmakla birlikte; dikiş yön sayısı, dikiş adım sayısı ve dikiş ipliği türünün, eğilme uzaması değerleri üzerinde belirgin bir farklılık sağlamadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.87. Eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.88’de, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

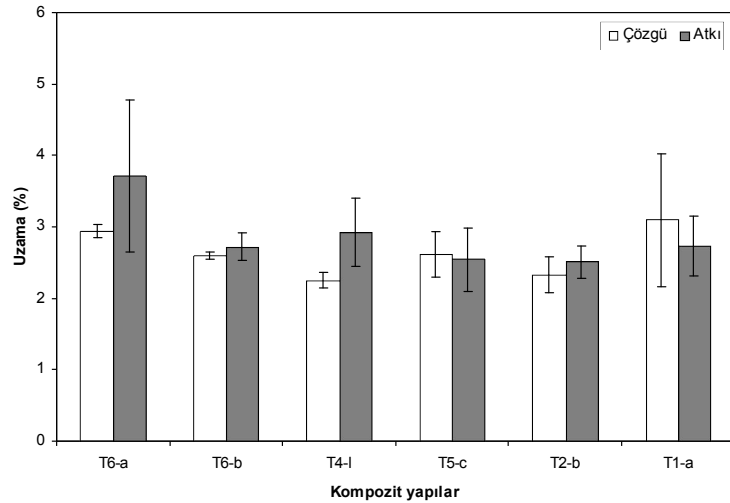


Şekil 4.88. Eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.

El dikişli kompozit yapılarda, eğilme uzaması değerlerinin, çözgü yönünde; %1.98-2.60, atkı yönünde; %2.18-2.71 aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. El dikişli yapılarda, dikiş yön sayısı ve dikiş ipliği türünün, eğilme uzaması değerleri üzerinde belirgin bir farklılık sağlamadığı sonucuna varılmıştır.

4.4.3.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.89'da, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



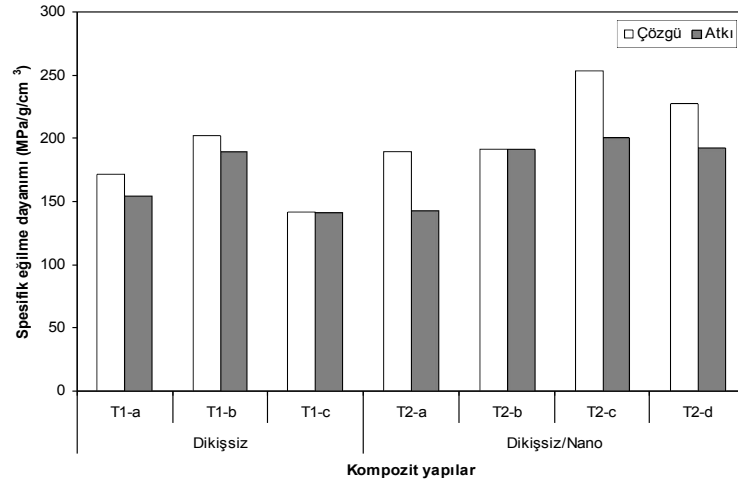
Şekil 4.89. Eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

Dikişsiz (T1-a) kompozit yapıya kıyasla, %5 nano-silika dolgulu (T2-b) kompozit yapının eğilme uzaması değerleri bir miktar düşmüştür. Nano-silika ilavesi, kompozit yapıların rijitliğinin bir miktar artmasına neden olmuştur. Dikişli (T4-l, T5-c) ve dikişli/nano dolgulu (T6-a, T6-b) kompozit yapıların eğilme uzaması değerlerinde belirgin bir farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır.

4.4.4. Spesifik Eğilme Dayanımı

4.4.4.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.90'da, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



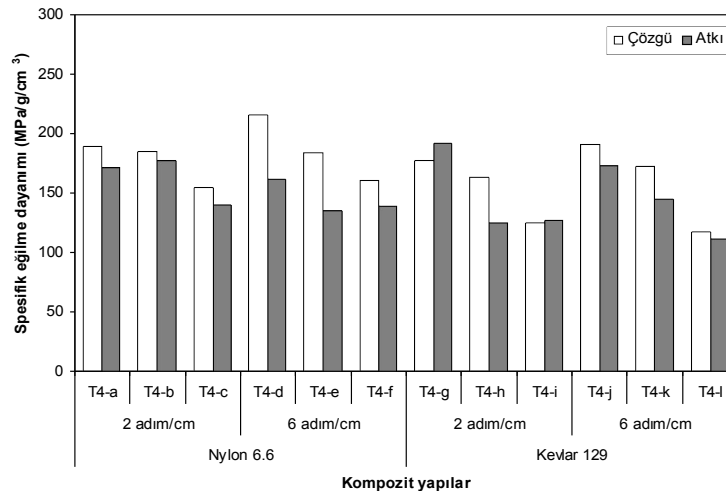
Şekil 4.90. Spesifik eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

Dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme dayanımı ve spesifik eğilme dayanımı değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik eğilme dayanımı değerlerinin, çözgü yönünde; 171.91-253.00 MPa/g/cm³, atkı yönünde; 140.77-200.59 MPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

4.4.4.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.91'de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

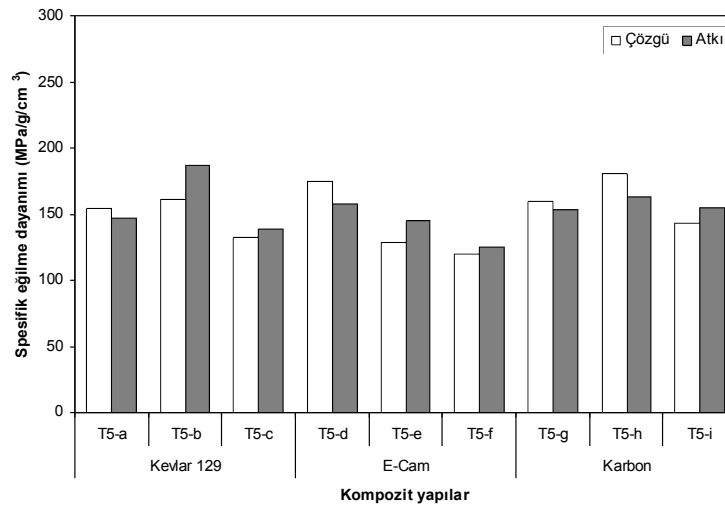


Şekil 4.91. Spesifik eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.

Makine dikişli kompozit yapıların eğilme dayanımı ve spesifik eğilme dayanımı değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik eğilme dayanımı değerlerinin, çözgü yönünde; 117.29-216.13 MPa/g/cm³, atkı yönünde; 111.30-192.35 MPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.92’de, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. El dikişli kompozit yapıların eğilme dayanımı ve spesifik eğilme dayanımı değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik eğilme dayanımı değerlerinin, çözgü yönünde; 119.77-180.12 MPa/g/cm³, atkı yönünde; 124.92-186.27 MPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

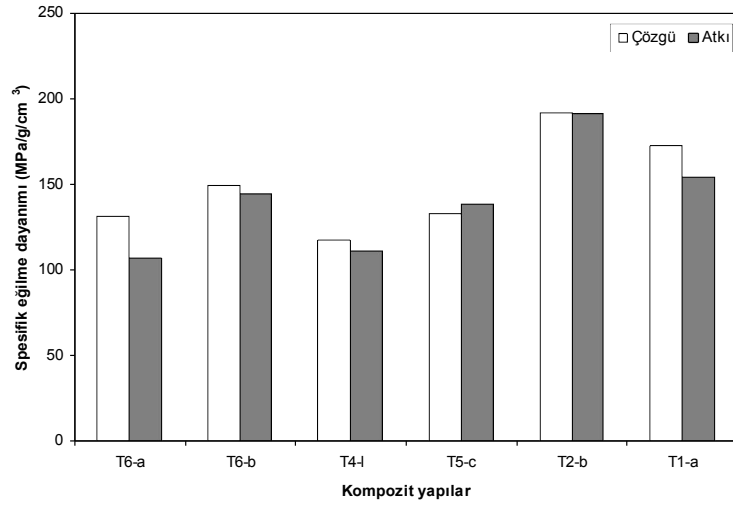


Şekil 4.92. Spesifik eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.

4.4.4.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.93’te, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme dayanımı ve spesifik eğilme dayanımı değerleri birbirleriyle uyumludur.

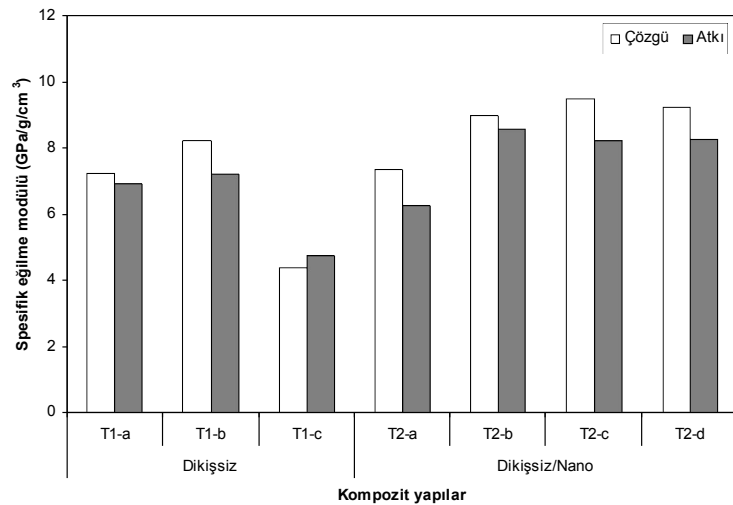


Şekil 4.93. Spesifik eğilme dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

4.4.5. Spesifik Eğilme Modülü

4.4.5.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.94’te, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik eğilme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme modülü ve spesifik eğilme modülü değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik eğilme modülü değerlerinin, çözgü yönünde; 4.39-9.47 GPa/g/cm³, atkı yönünde; 4.77-8.24 GPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.



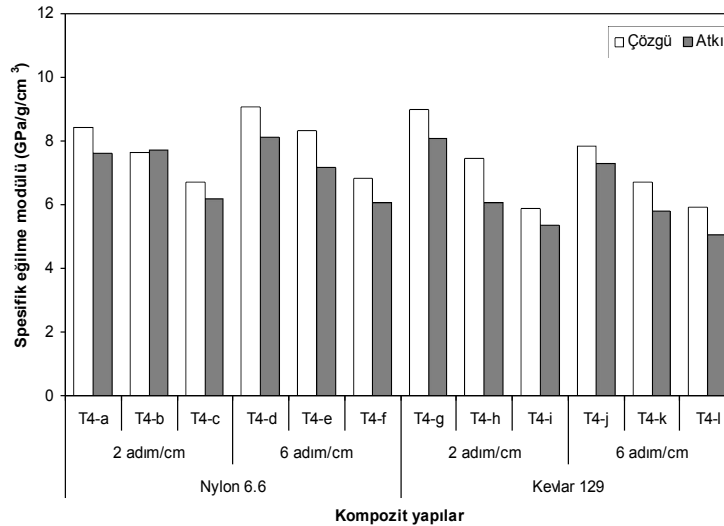
Şekil 4.94. Spesifik eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

4.4.5.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.95'te, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik eğilme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

Makine dikişli kompozit yapıların eğilme modülü ve spesifik eğilme modülü değerleri birbirleriyle uyumludur. Makine dikişli kompozit yapıların spesifik eğilme modülü değerlerinin, çözgü yönünde; 5.86-9.06 GPa/g/cm³, atkı yönünde; 5.07-8.11 GPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.



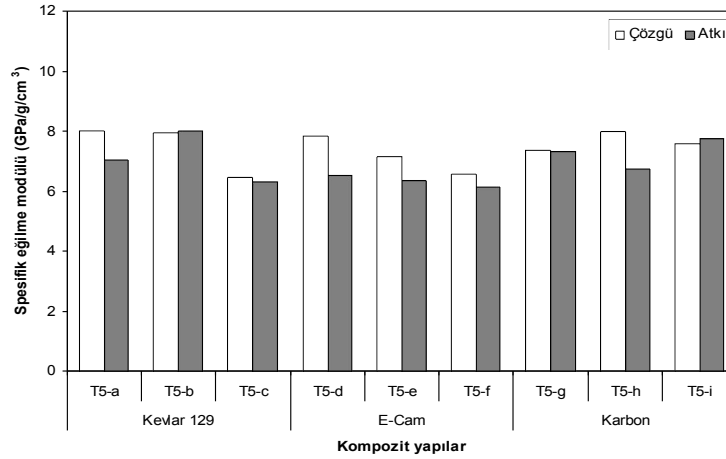
Şekil 4.95. Spesifik eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.96'da, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik eğilme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

El dikişli kompozit yapıların eğilme modülü ve spesifik eğilme modülü değerleri birbirleriyle uyumludur.

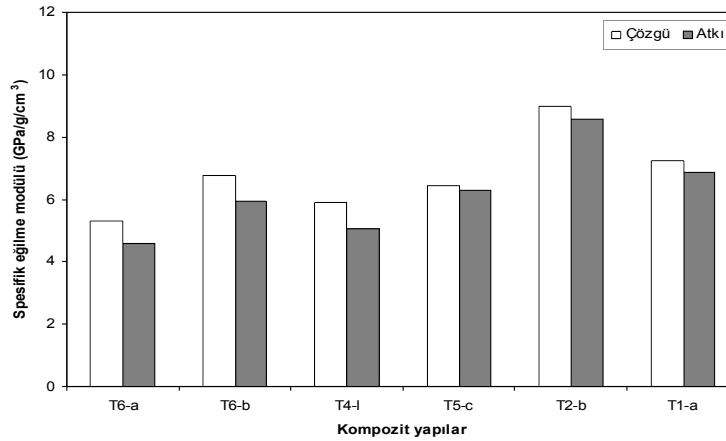
El dikişli kompozit yapıların, spesifik eğilme modülü değerlerinin, çözgü yönünde; 6.46-8.01 GPa/g/cm³, atkı yönünde; 6.13-8.01 GPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.96. Spesifik eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.

4.4.5.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.97’de, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözü ve atkı yönündeki spesifik eğilme modülü değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme modülü ve spesifik eğilme modülü değerleri birbirleriyle uyumludur.

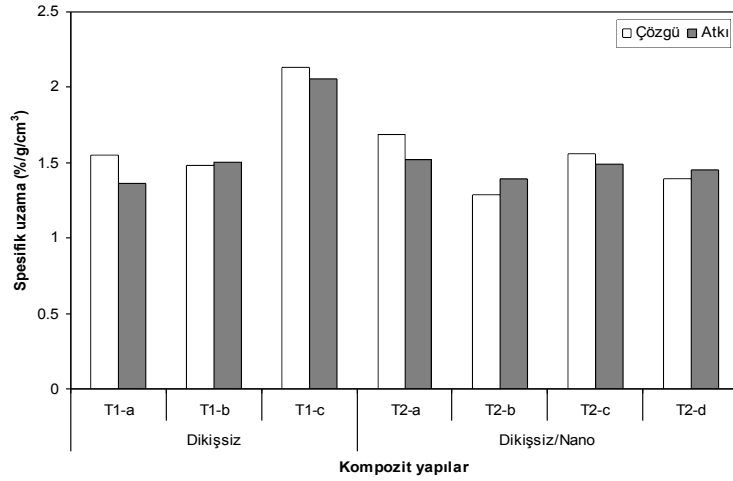


Şekil 4.97. Spesifik eğilme modülü değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

4.4.6. Spesifik Eğilme Uzaması

4.4.6.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.98’de, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözü ve atkı yönündeki spesifik eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



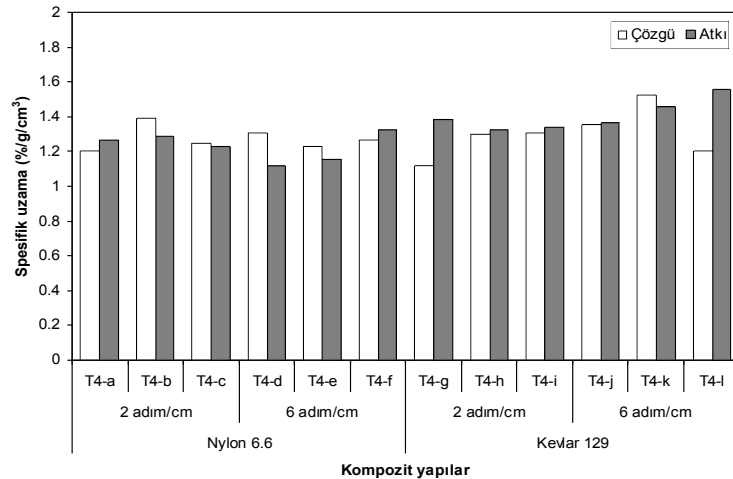
Şekil 4.98. Spesifik eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

Dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme uzaması ve spesifik eğilme uzaması değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik eğilme uzaması değerlerinin, çözgü yönünde; 1.29-2.13 $\%/g/cm^3$, atkı yönünde; 1.39-2.05 $\%/g/cm^3$ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

4.4.6.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.99'da, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

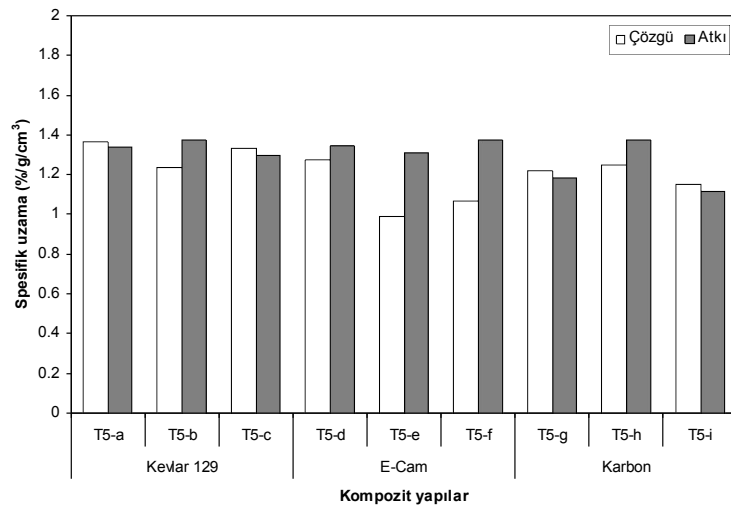


Şekil 4.99. Spesifik eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.

Makine dikişli kompozit yapıların eğilme uzaması ve spesifik eğilme uzaması değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik eğilme uzaması değerlerinin, çözgü yönünde; 1.12-1.52 %/g/cm³, atkı yönünde; 1.12-1.56 %/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.100'de, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. El dikişli kompozit yapıların eğilme uzaması ve spesifik eğilme uzaması değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik eğilme uzaması değerlerinin, çözgü yönünde; 0.99-1.36 %/g/cm³, atkı yönünde; 1.12-1.38 %/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

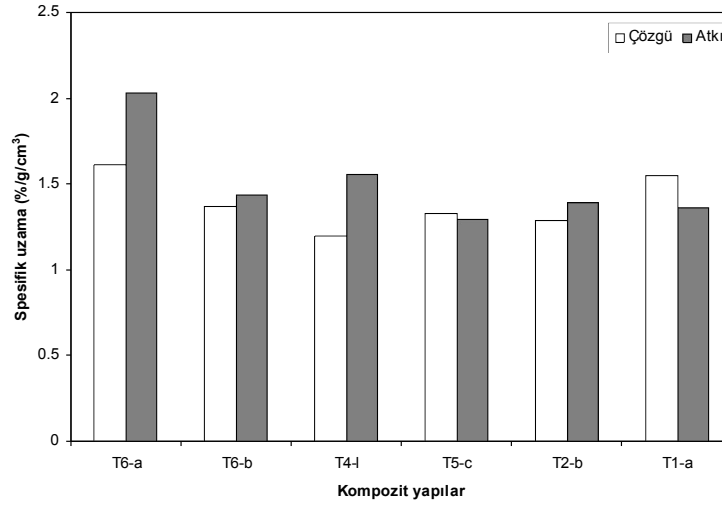


Şekil 4.100. Spesifik eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.

4.4.6.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.101'de, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme uzaması ve spesifik eğilme uzaması değerleri birbirleriyle uyumludur.



Şekil 4.101. Spesifik eğilme uzaması değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

4.4.7. Eğilme Dayanımı Testi Sonrası Kompozit Yapılara Uygulanan Ölçüm Sonuçları

4.4.7.1. Bozunma Alanı

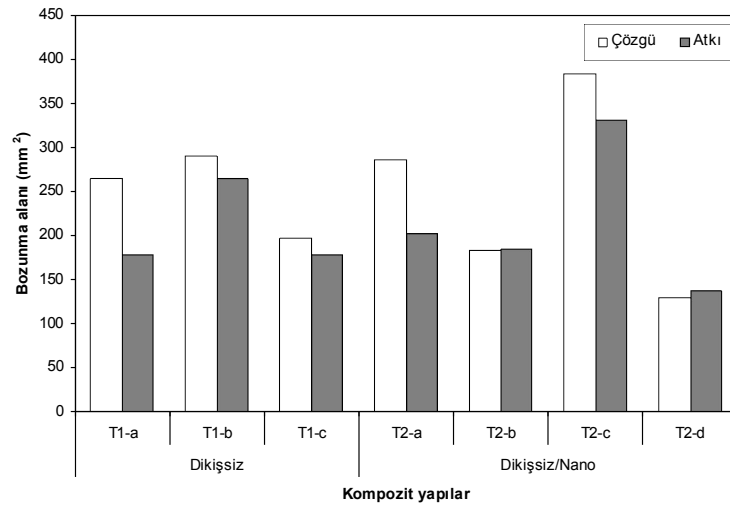
Bu ölçüm, çözgü yönü ve atkı yönü, eğme yükü uygulanan tüm örnekler için yapılmıştır. Tablo 4.14'te, E-cam/Polyester kompozit yapıların eğilme dayanımı testi sonrası bozunma alanı ölçüm sonuçları verilmiştir. Şekil 4.102'de, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, eğilme dayanımı testi sonrası, çözgü ve atkı yönündeki bozunma alanı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

Tablo 4.14. E-cam/Polyester kompozit yapıların eğilme dayanımı testi sonrası bozunma alanı ölçüm sonuçları.

Kod	Bozunma Alanı (mm ²)	
	Çözgü yönü	Atkı yönü
T1-a	264.69	178.35
T1-b	290.43	265.49
T1-c	197.90	178.60
T2-a	286.00	202.42
T2-b	183.45	184.77
T2-c	383.52	331.29
T2-d	129.36	138.18
T4-a	294.26	299.87
T4-b	246.61	239.22
T4-c	236.95	190.05
T4-d	201.28	135.98
T4-e	163.75	133.49
T4-f	193.12	151.17

Tablo 4.14'ün devamı.

T4-g	153.24	152.54
T4-h	210.39	188.06
T4-i	114.46	191.19
T4-j	200.25	112.39
T4-k	192.99	118.61
T4-l	107.62	97.63
T5-a	240.91	197.92
T5-b	375.22	291.41
T5-c	202.10	188.92
T5-d	340.80	305.73
T5-e	152.10	251.04
T5-f	192.87	267.33
T5-g	259.77	269.54
T5-h	216.46	318.27
T5-i	345.24	182.48
T6-a	104.68	133.81
T6-b	183.32	287.41

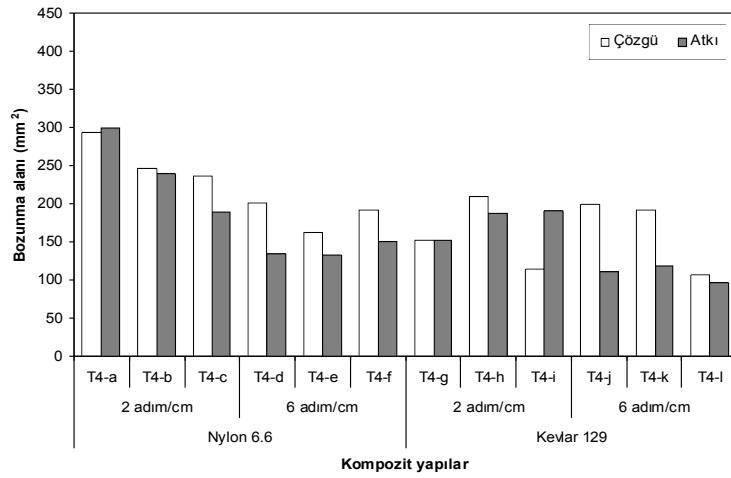


Şekil 4.102. Eğilme dayanımı testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

Dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılarda, en düşük bozunma alanı, %5 nano-karbon dolgulu (T2-d) kompozit yapıda gerçekleşmiştir. Bu yapıda, eğilme esaslı bozunma, dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano-silika dolgulu yapılara kıyasla minimum düzeyde gerçekleşmiştir.

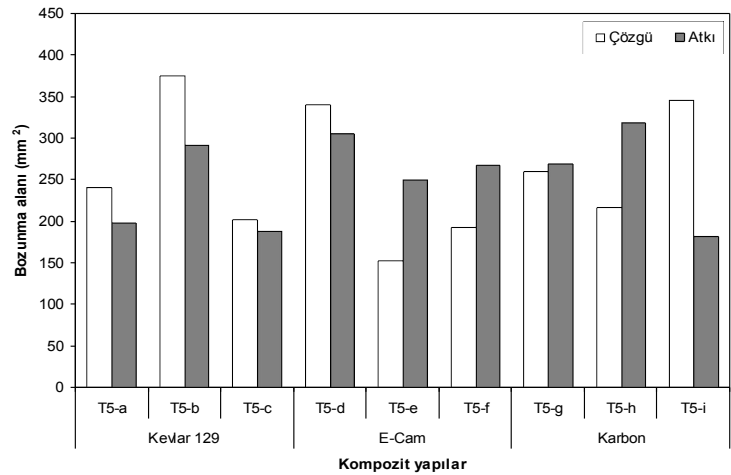
Şekil 4.103'te, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapılar için, eğilme dayanımı testi sonrası, çözgü ve atkı yönündeki bozunma alanı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Makine dikişli kompozit yapılarda, dikiş yönü arttıkça, meydana gelen

bozunma alanı azalmaktadır ve kırılma lokal bölgede hapsedilerek etrafa yayılması engellenmektedir. Dikişli malzemenin bu özelliği, ‘damage tolerance material’ olarak tanımlanmaktadır. Bu özelliği en fazla gösteren yapı, dört yön dikişli yapıdır. Bunu, iki yön ve tek yön dikişli yapılar takip etmektedir. Özellikle Nylon 6.6 dikiş ipliği ile dikilen kompozit yapılarda, dikiş yönü ile birlikte, dikiş adım sayısındaki artışın da, bozunma alanı üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.103. Eğilme dayanımı testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.

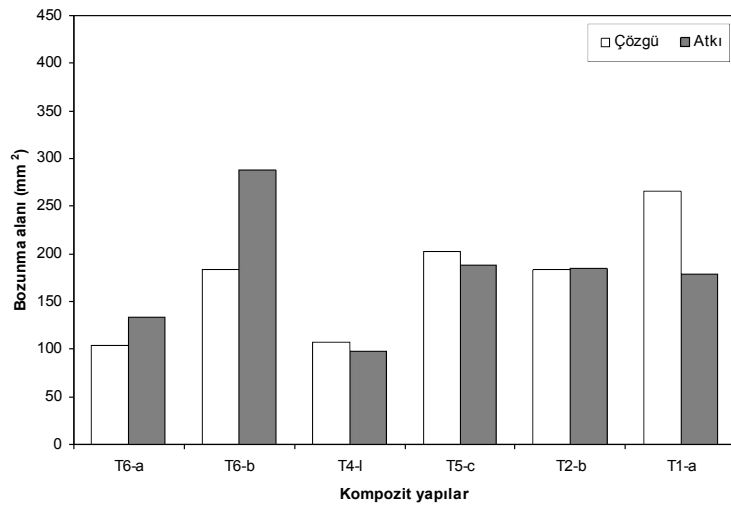
Şekil 4.104’te, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapılar için, eğilme dayanımı testi sonrası, çözgü ve atkı yönündeki bozunma alanı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.104. Eğilme dayanımı testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.

El dikişli kompozit yapılarda, dikiş yönü ve dikiş ipliği türünün, bozunma alanı üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak, el dikişli yapıların, çok yönde ve belirli bir dikiş sıklığında dikilmesi önerilebilir.

Şekil 4.105'te, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, eğilme dayanımı testi sonrası, çözgü ve atkı yönündeki bozunma alanı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.105. Eğilme dayanımı testi sonrası bozunma alanı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

Makine dikişli (T4-l) ve makine dikişli/nano dolgulu (T6-a) kompozit yapılardaki bozunma alanı, dikişsiz (T1-a), dikişsiz/nano dolgulu (T2-b), el dikişli (T5-c) ve el dikişli/nano dolgulu (T6-b) yapılara kıyasla daha düşük değerdedir. Dört yön dikişli yapılarda; meydana gelen bozunma alanı azalmaktadır ve kırılma lokal bölgede hapsedilerek, etrafa yayılması engellenmektedir.

4.4.7.2. Eğilme Numunelerin Alt Yüzeyinde Meydana Gelen İplikler Arası Intra-Yarn Açılması

Makine dikişli bazı kompozit yapıların, eğilme testi sonrası alt yüzeyinde, iki dikiş hattı arasındaki ipliklerde, eğme yükünün normal doğrultusundaki açılma meydana gelmiştir. Tablo 4.15'te, E-cam/Polyester kompozit yapıların eğilme dayanımı testi sonrası iplikler arası açılmanın ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.15. E-cam/Polyester kompozit yapıların eğilme dayanımı testi sonrası iplikler arası açılmanın ölçüm sonuçları.

Kod	İplikler arası (intra-yarn) açılması (mm)	
	Çözü yönü	Atkı yönü
T1-a	-	-
T1-b	-	-
T1-c	-	-
T2-a	-	-
T2-b	-	-
T2-c	-	-
T2-d	-	-
T4-a	-	-
T4-b	0.94	0.77
T4-c	0.83	0.46
T4-d	-	0.75
T4-e	0.51	0.51
T4-f	0.66	0.48
T4-g	-	-
T4-h	0.70	-
T4-i	-	-
T4-j	-	0.52
T4-k	0.53	0.56
T4-l	0.70	0.76
T5-a	-	-
T5-b	-	-
T5-c	-	-
T5-d	-	-
T5-e	-	-
T5-f	-	-
T5-g	-	-
T5-h	-	-
T5-i	-	-
T6-a	-	-
T6-b	-	-

4.4.8. Kompozit Yapıların Eğilme Testi Sonrası Görüntü Analizi

4.4.8.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

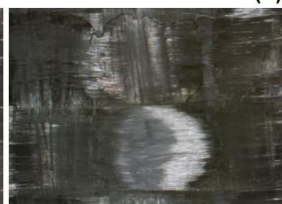
Şekil 4.106'da, E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T1-a
Çözgü yönü



(a)

(b)



Atkı yönü

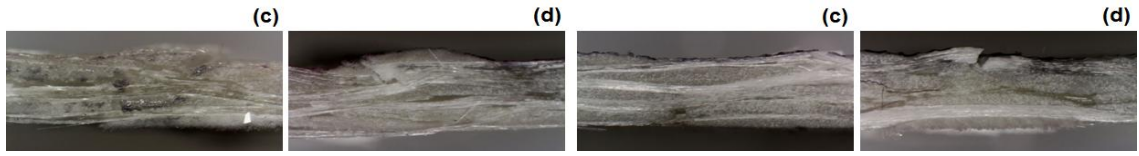
(a)



(a)

(b)





Şekil 4.106. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T1-a].

- Çözgü yönü

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normal doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- filament kırılması, kat arası mikro- çatlaklar ve mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 264.69 mm^2 olarak ölçülmüştür.

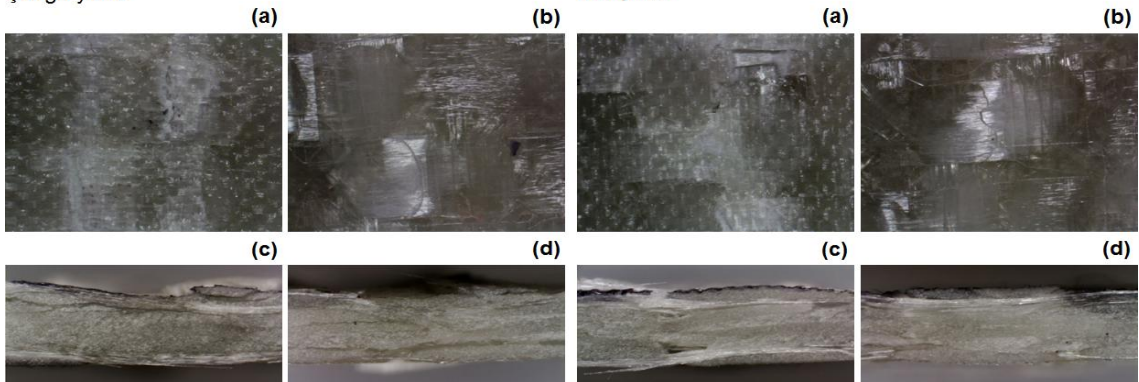
- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normal doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- filament kırılması, kat arası mikro- çatlaklar ve mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 178.35 mm^2 olarak ölçülmüştür. Şekil 4.107'de, E-cam/Polyester dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T1-b

Çözgü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.107. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/oryantasyonlu) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka- yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T1-b].

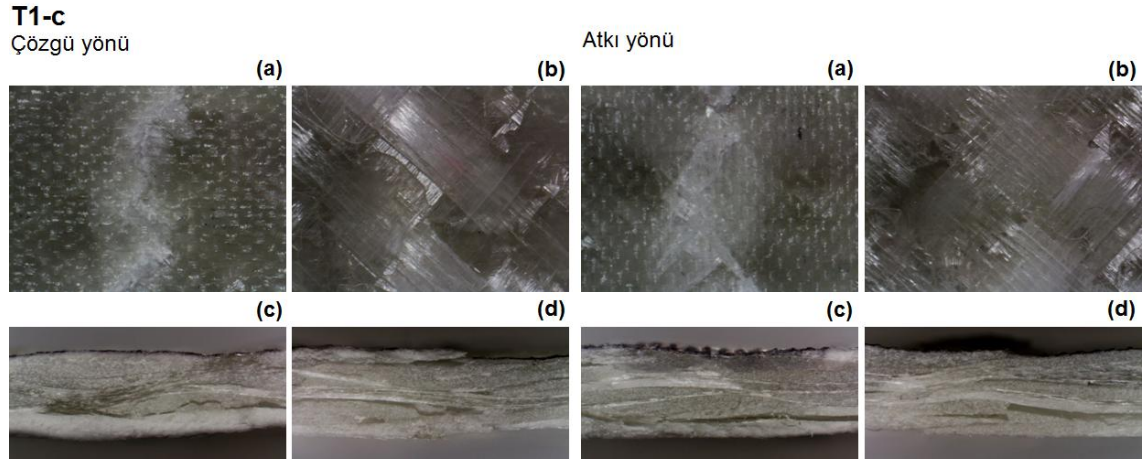
- **Çözü yönü**

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; kat açılması ve 'shear' esaslı kayma gözlenmemiştir. Bozunma alanı; 290.43 mm² olarak ölçülmüştür.

- **Atkı yönü**

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; kat açılması ve 'shear' esaslı kayma gözlenmemiştir. Bozunma alanı; 265.49 mm² olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.108'de, E-cam/Polyester dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.108. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/oryantasyonlu) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka- yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T1-c].

- **Çözgü yönü**

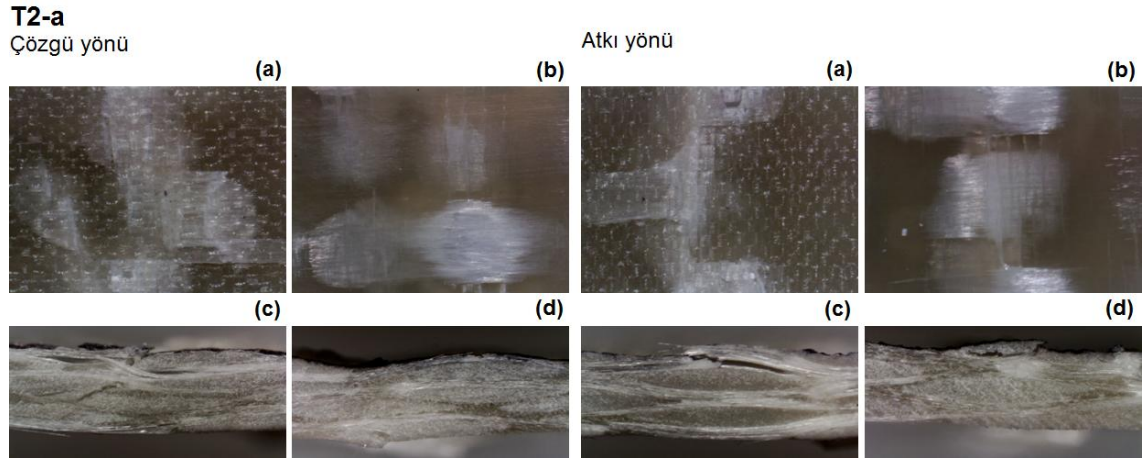
Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- filament

kırılması, kat arası mikro- çatlaklar ve mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 197.90 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- filament kırılması, kat arası mikro- çatlaklar ve mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 178.60 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.109'da, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%2.5-silika) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.109. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%2.5-silika) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T2-a].

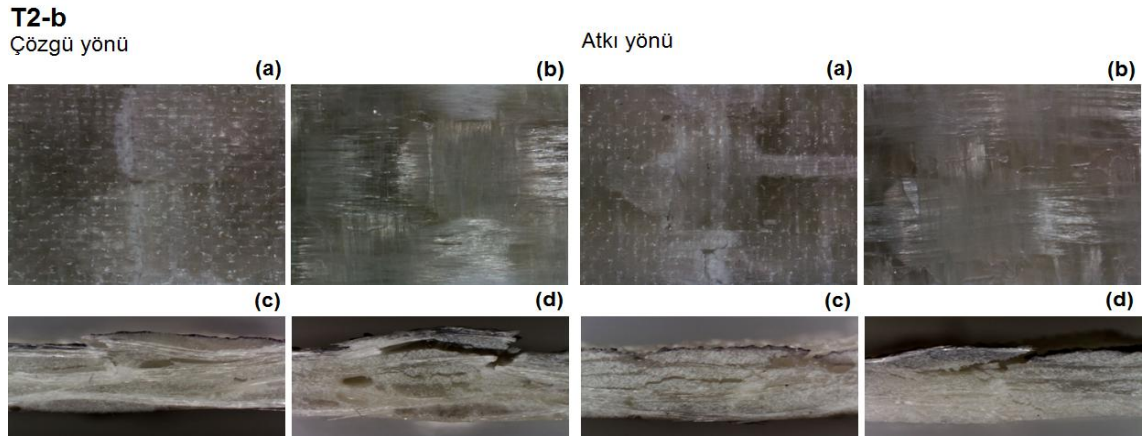
- Çözgü yönü

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- filament kırılması, kat arası mikro- çatlaklar ve mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Kırılgan bir bozunma şekli görülmüştür. Bozunma alanı; 286.00 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- filament kırılması, kat arası mikro- çatlaklar ve mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Kırılgan bir bozunma şekli görülmüştür. Bozunma alanı; 202.42 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.110'da, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%5-silika) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.110. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-silika) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T2-b].

- Çözgü yönü

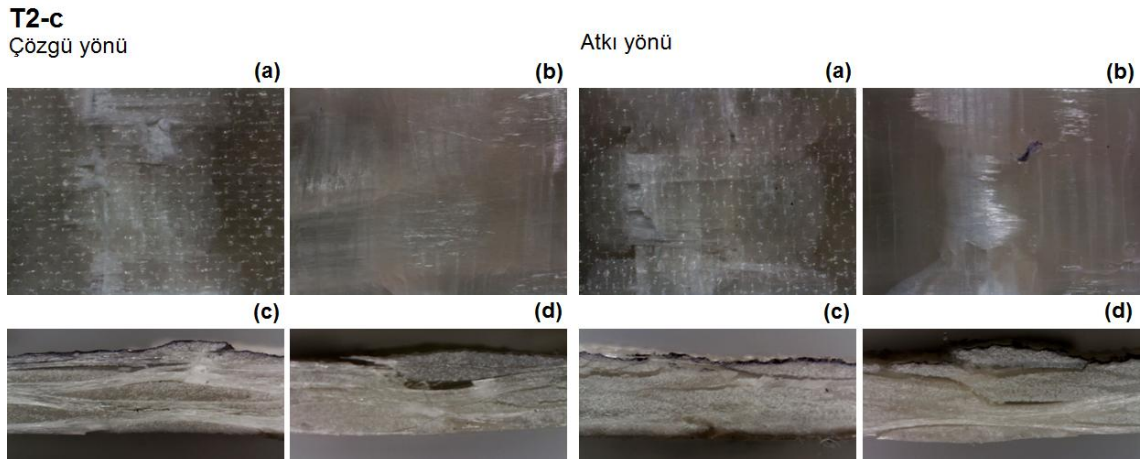
Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; üst tabakaya yakın yerde, shear esaslı bozunma, alt yüzeye yakın yerde ise, çekme esaslı mikro- şekil değişimi gözlenmiştir. Bozunma alanı; 183.45 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme

esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; üst tabakaya yakın yerde, shear esaslı bozunma, alt yüzeye yakın yerde ise, çekme esaslı mikro- şekil değişimi gözlenmiştir. Kırılgan bir bozunma şekli görülmüştür. Bozunma alanı; 184.77 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.111'de, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%7.5-silika) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.111. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%7.5-silika) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T2-c].

- Çözgü yönü

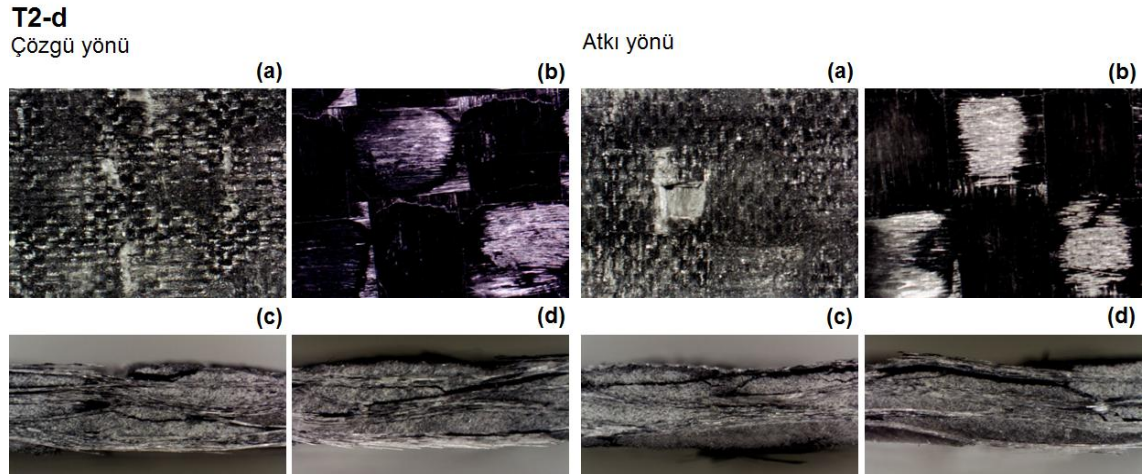
Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; üst tabakaya yakın yerde, shear esaslı bozunma, alt yüzeye yakın yerde de, çekme esaslı mikro- şekil değişimi gözlenmiştir. Kırılgan bir bozunma şekli görülmüştür. Bozunma alanı; 383.52 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme

esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; üst tabakaya yakın yerde, shear esaslı bozunma, alt yüzeye yakın yerde de, çekme esaslı mikro- şekil değişimi gözlenmiştir. Kırılgan bir bozunma şekli görülmüştür. Bozunma alanı; 331.29 mm² olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.112'de, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%5-karbon) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.112. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-karbon) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T2-d].

- Çözgü yönü

Yapıda; minor matris-filament ayrılması, kesitte; alt yüzeye yakın yerde kayma esaslı kat açılması, alt yüzeye yakın yerde çekme esaslı mikro seviyede lokal kat açılması gözlenmiştir. Bu yapının eğilme bozunması, dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano-silika dolgulu yapılara kıyasla minimum düzeyde gözlenmiştir. Bozunma alanı; 129.36 mm² olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

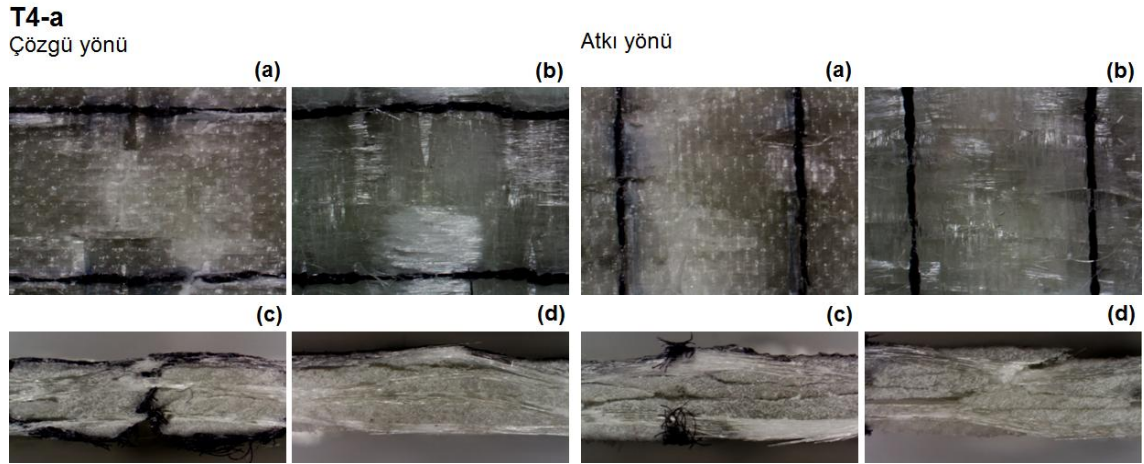
Yapıda; minor matris-filament ayrılması, kesitte; alt yüzeye yakın yerde kayma esaslı kat açılması, alt yüzeye yakın yerde çekme esaslı mikro seviyede lokal kat açılması gözlenmiştir. Bu yapının eğilme bozunması, dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve

dikişsiz/nano-silika dolgulu yapılara kıyasla minimum düzeyde gözlenmiştir. Bozunma alanı; 138.18 mm² olarak ölçülmüştür.

4.4.8.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.113'te, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek-2 adım/cm) kompozit yapının çözüğü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.113. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek-2 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-a].

- Çözgü yönü

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro-filament kırılması ve kat arası mikro- çatlaklar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 294.26 mm² olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde,

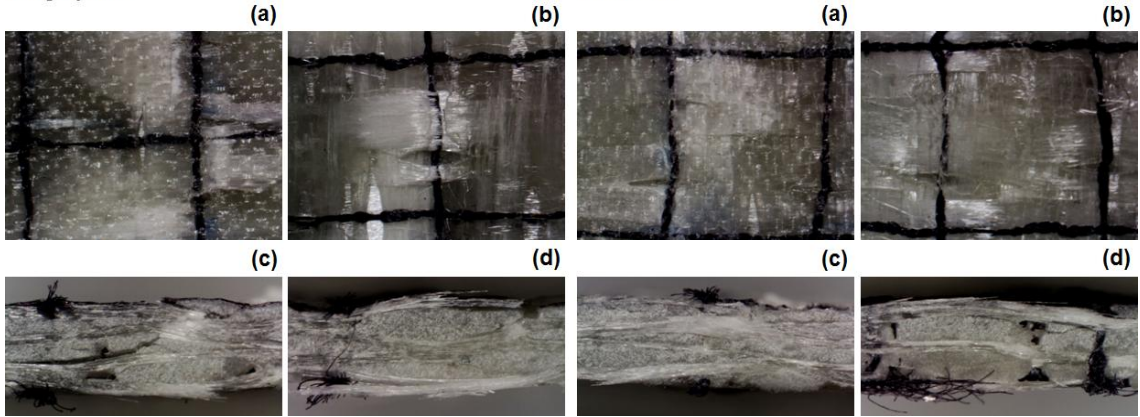
mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- filament kırılması, kat arası mikro- çatlaklar ve mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 299.87 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.114'te, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının çözü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T4-b

Çözgü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.114. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-b].

- Çözgü yönü

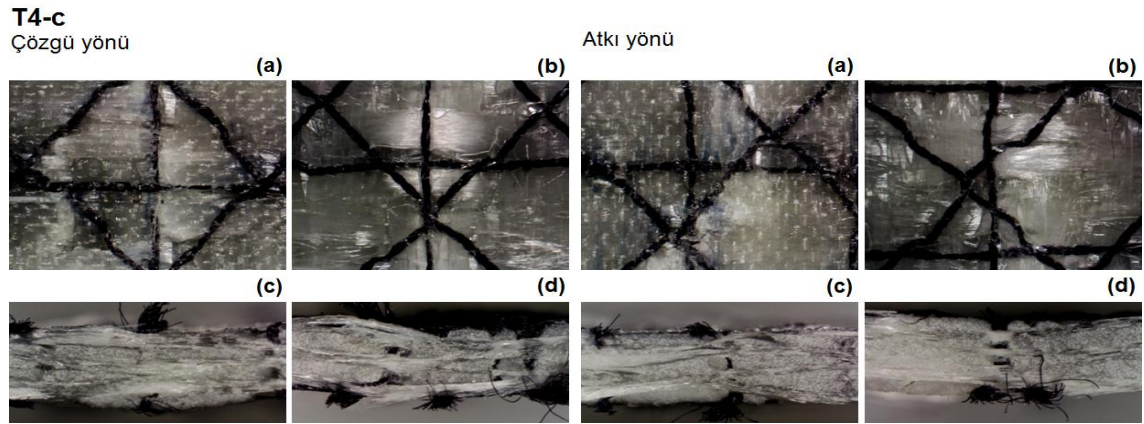
Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; iplikler arası açılma (0.94 mm) gözlenmiştir. Bozunma alanı; 246.61 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı

arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; iplikler arası açılma (0.77 mm) gözlenmiştir. Bozunma alanı; 239.22 mm² olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.115'te, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.115. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-c].

- Çözgü yönü

Eğmeden dolayı bozunma alanı, diğer yapılara kıyasla daha düşük değerde gerçekleşmiştir. Üst yüzeyde; filament kırılması, alt yüzeyde; iplik çekmesinden dolayı şekil değişimi meydana gelmiştir. Kesitte; kat arası mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Alt yüzeyde; iplikler arası açılma (0.83 mm) gözlenmiştir. Bozunma alanı; 236.95 mm² olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

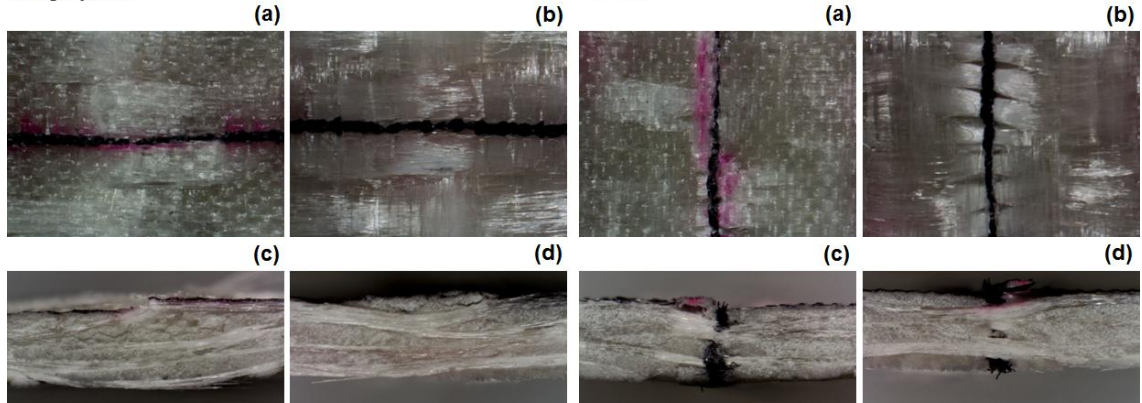
Eğmeden dolayı bozunma alanı, diğer yapılara kıyasla daha düşük değerde gerçekleşmiştir. Üst yüzeyde; filament kırılması, alt yüzeyde; iplik çekmesinden dolayı şekil değişimi meydana gelmiştir. Kesitte; kat arası mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Alt yüzeyde; iplikler arası açılma (0.46 mm) gözlenmiştir. Bozunma alanı; 190.05 mm² olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.116'da, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T4-d

Çözüğü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.116. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-sıkı-6 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-d].

- **Çözüğü yönü**

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro-filament kırılması ve kat arası mikro- çatlaklar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 201.28 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- **Atkı yönü**

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Alt yüzeyde; iplikler arası açılma (0.75 mm) gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- filament kırılması, kat arası mikro- çatlaklar ve mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 135.98 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.117'de, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- **Çözüğü yönü**

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; iki dikiş hattı arasındaki

ipliklerde, iplikler arası açılma (0.51 mm) gözlenmiştir. Bu açılma; eğme yükünün normali doğrultusunda gerçekleşmiştir. Çözü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 163.75 mm² olarak ölçülmüştür.

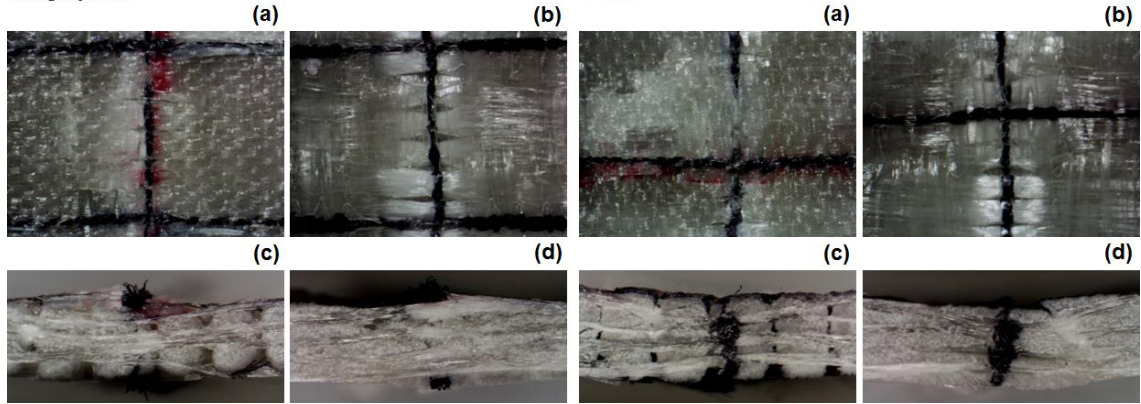
- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; iki dikiş hattı arasındaki ipliklerde, iplikler arası açılma (0.51 mm) gözlenmiştir. Bu açılma; eğme yükünün normali doğrultusunda gerçekleşmiştir. Çözü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 133.49 mm² olarak ölçülmüştür.

T4-e

Çözgü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.117. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-e].

Şekil 4.118'de, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- Çözgü yönü

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; iki dikiş hattı arasındaki

ipliklerde, iplikler arası açılma (0.66 mm) gözlenmiştir. Bu açılma; eğme yükünün normali doğrultusunda gerçekleşmiştir. Çözü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 193.12 mm² olarak ölçülmüştür.

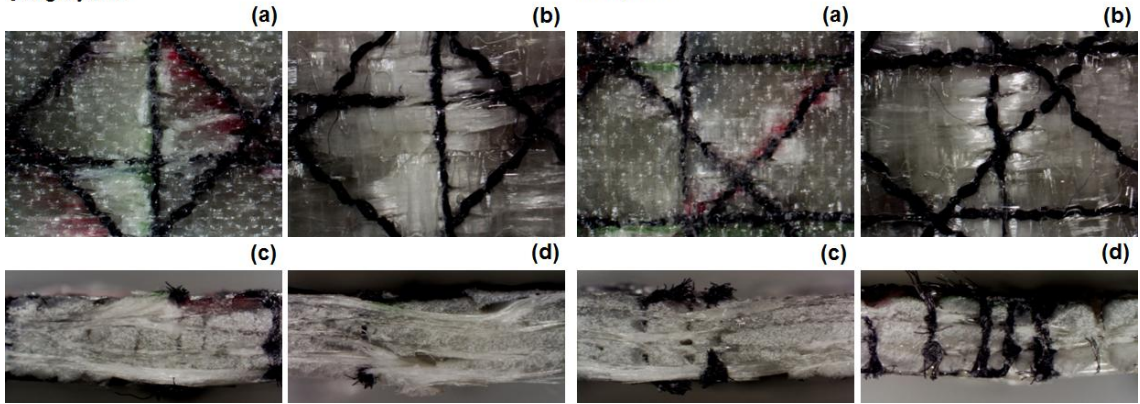
- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; iki dikiş hattı arasındaki ipliklerde, iplikler arası açılma (0.48 mm) gözlenmiştir. Bu açılma; eğme yükünün normali doğrultusunda gerçekleşmiştir. Çözü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 151.17 mm² olarak ölçülmüştür.

T4-f

Çözgü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.118. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-sıkı-6 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-f].

Şekil 4.119'da, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- Çözgü yönü

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca,

çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro-filament kırılması ve kat arası mikro- çatlaklar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 153.24 mm² olarak ölçülmüştür.

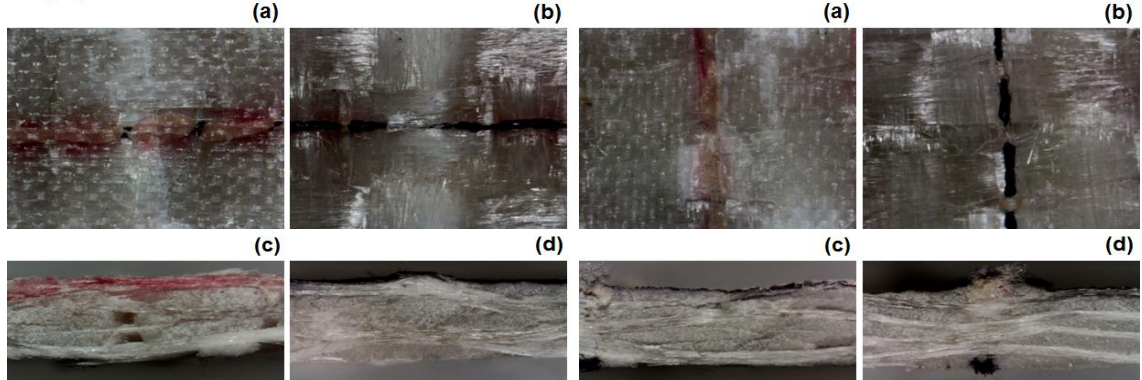
- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro-filament kırılması, kat arası mikro- çatlaklar ve mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 152.54 mm² olarak ölçülmüştür.

T4-g

Çözgü yönü

Atkı yönü



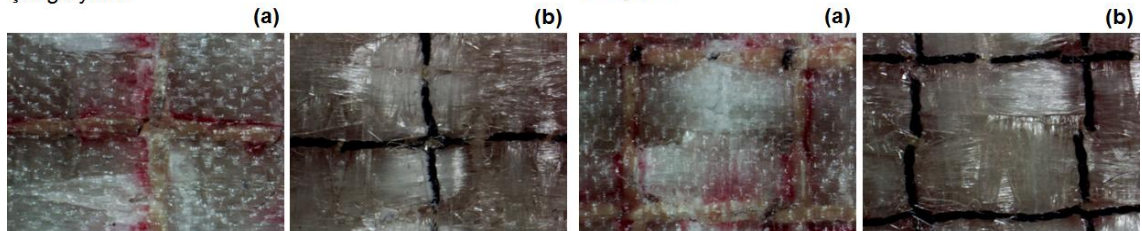
Şekil 4.119. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-g].

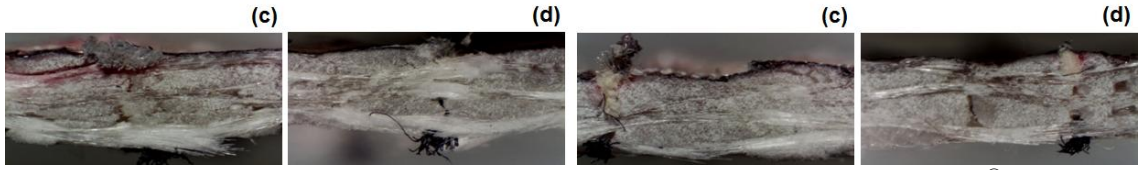
Şekil 4.120'de, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T4-h

Çözgü yönü

Atkı yönü





Şekil 4.120. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-h].

- Çözü yönü

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; iplikler arası açılma (0.70 mm) gözlenmiştir. Bozunma alanı; 210.39 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

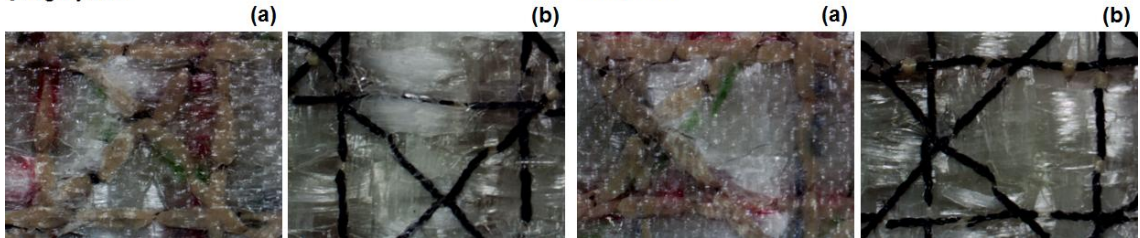
Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 188.06 mm^2 olarak ölçülmüştür.

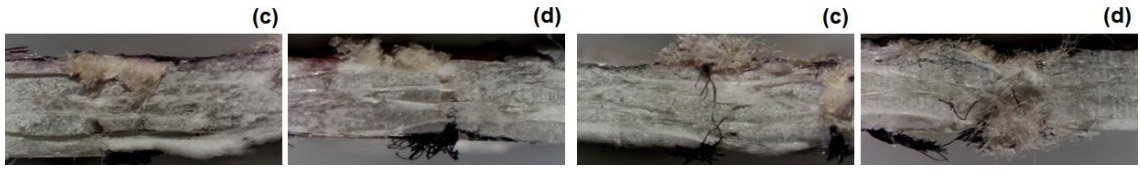
Şekil 4.121'de, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T4-i

Çözgü yönü

Atkı yönü





Şekil 4.121. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-i].

- Çözü yönü

Eğmeden dolayı bozunma alanı, diğer yapılara kıyasla daha düşük değerde gerçekleşmiştir. Üst yüzeyde; filament kırılması, alt yüzeyde; iplik çekmesinden dolayı şekil değişimi meydana gelmiştir. Kesitte; kat arası mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 114.46 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

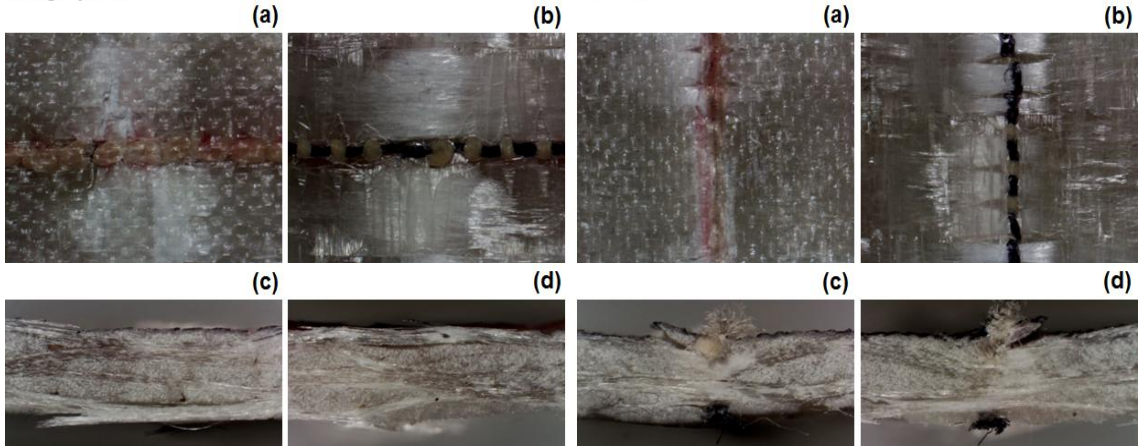
Eğmeden dolayı bozunma alanı, diğer yapılara kıyasla daha düşük değerde gerçekleşmiştir. Üst yüzeyde; filament kırılması, alt yüzeyde; iplik çekmesinden dolayı şekil değişimi meydana gelmiştir. Kesitte; kat arası mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 191.19 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.122’de, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T4-j

Çözgü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.122. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği-sıkı-6 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-j].

- **Çözü yönü**

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normal doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; filament kırılması ve çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- filament kırılması ve kat arası mikro- çatlaklar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 200.25 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- **Atkı yönü**

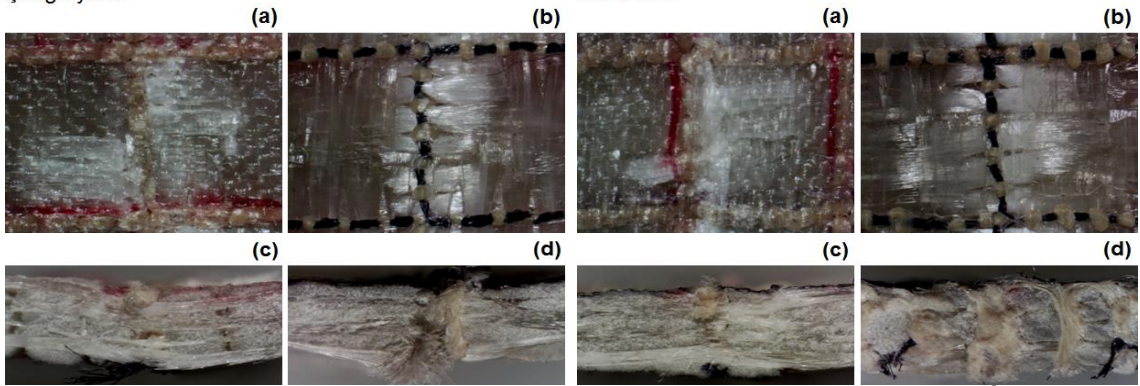
Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normal doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; filament kırılması ve atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Alt yüzeyde; iplikler arası açılma (0.52 mm) gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- filament kırılması, kat arası mikro- çatlaklar ve mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 112.39 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.123'te, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T4-k

Çözgü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.123. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği-sıkı-6 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-k].

- **Çözgü yönü**

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normal doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; iki dikiş hattı arasındaki

ipliklerde, iplikler arası açılma (0.53 mm) gözlenmiştir. Bu açılma; eğme yükünün normali doğrultusunda gerçekleşmiştir. Çözü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 192.99 mm² olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

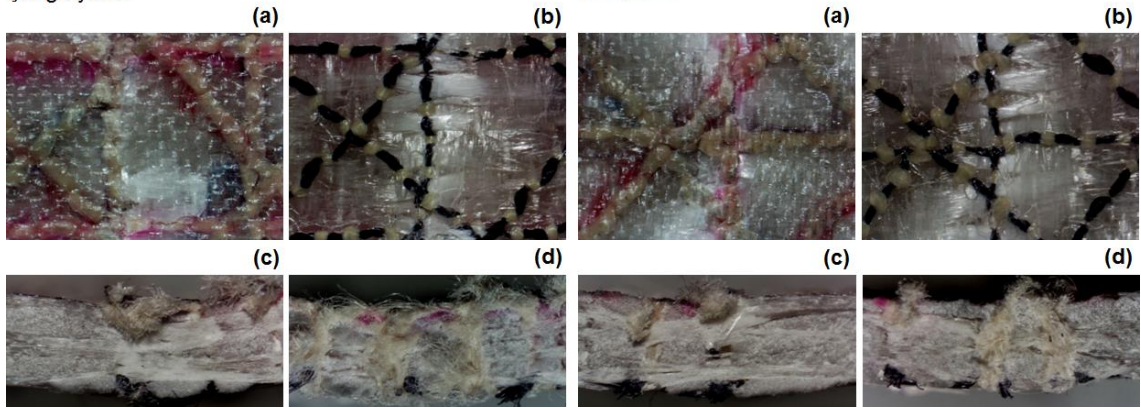
Üst yüzeyde; çözü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; iki dikiş hattı arasındaki ipliklerde, iplikler arası açılma (0.56 mm) gözlenmiştir. Bu açılma; eğme yükünün normali doğrultusunda gerçekleşmiştir. Çözü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 118.61 mm² olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.124'te, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T4-I

Çözü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.124. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T4-I].

- Çözü yönü

Üst yüzeyde; çözü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; iki dikiş hattı arasındaki

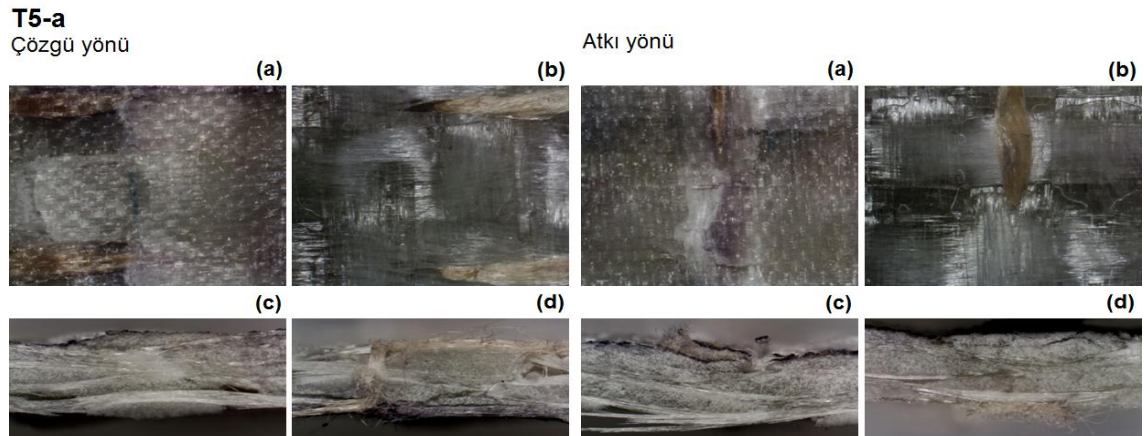
ipliklerde, iplikler arası açılma (0.70 mm) gözlenmiştir. Bu açılma; eğme yükünün normali doğrultusunda gerçekleşmiştir. Çözü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Hem üst yüzeyde, hem de alt yüzeyde hasar bölgesi dar alanda gerçekleşmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 107.62 mm² olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; iki dikiş hattı arasındaki ipliklerde, iplikler arası açılma (0.76 mm) gözlenmiştir. Bu açılma; eğme yükünün normali doğrultusunda gerçekleşmiştir. Çözü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Hem üst yüzeyde, hem de alt yüzeyde hasar bölgesi dar alanda gerçekleşmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 97.63 mm² olarak ölçülmüştür.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.125'te, E-cam/Polyester el dikişli (tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) kompozit yapının çözü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.125. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-a].

- Çözü yönü

Üst yüzeyde; çözü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözü ipliği uzunluğunca,

çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- ayrılma, mikro- filament kırılması ve kat arası mikro- çatlaklar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 240.91 mm² olarak ölçülmüştür.

- **Atkı yönü**

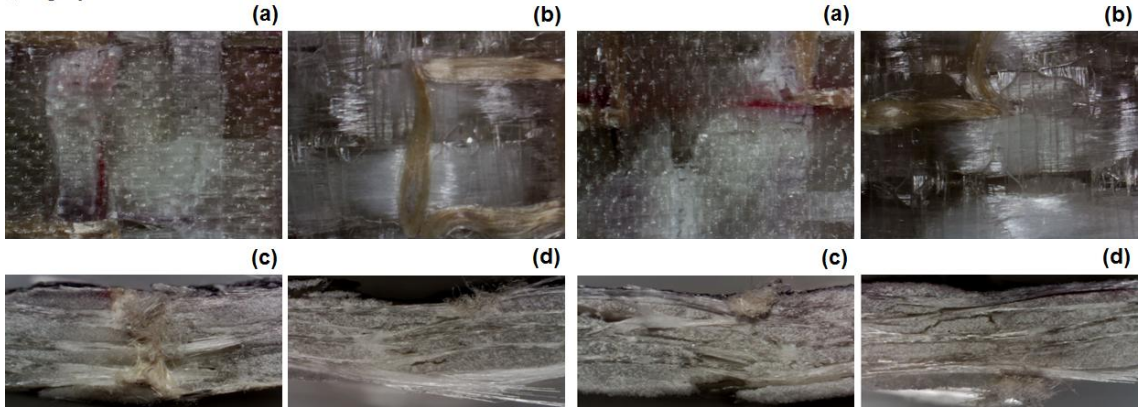
Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- ayrılma, mikro- filament kırılması, kat arası mikro- çatlaklar ve mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 197.92 mm² olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.126'da, E-cam/Polyester el dikişli (iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T5-b

Çözgü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.126. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-b].

- **Çözgü yönü**

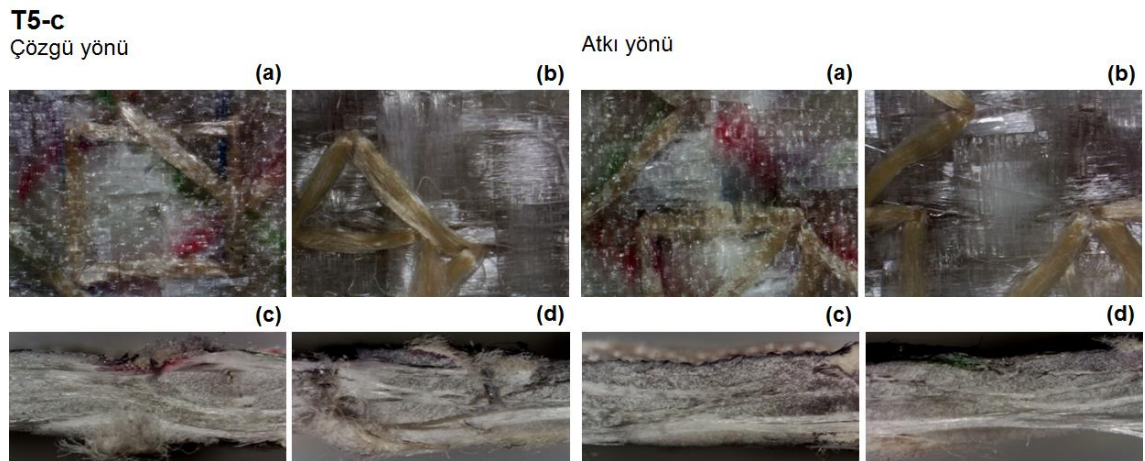
Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş

hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 375.22 mm² olarak ölçülmüştür.

- **Atkı yönü**

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 291.41 mm² olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.127'de, E-cam/Polyester el dikişli (dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.127. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-c].

- **Çözgü yönü**

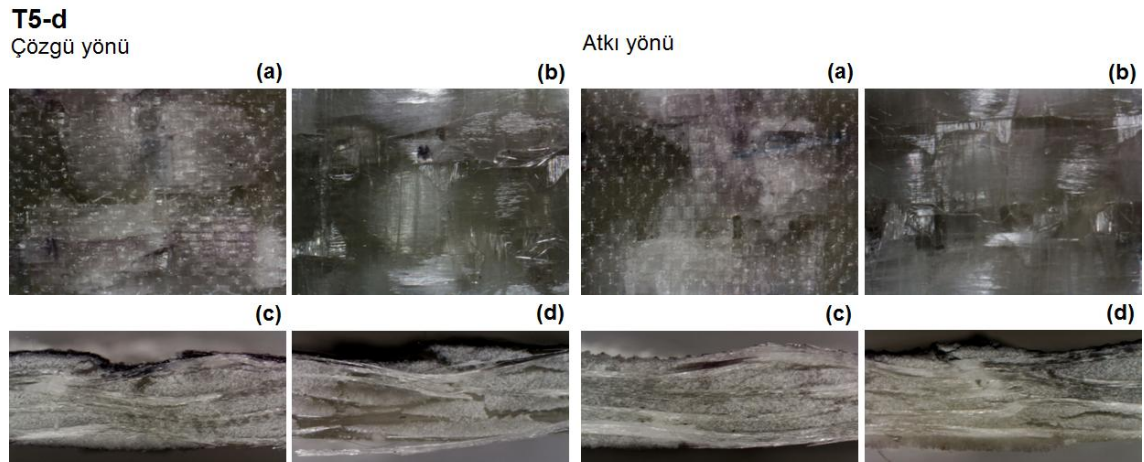
Eğmeden dolayı bozunma alanı, diğer yapılara kıyasla daha düşük değerde gerçekleşmiştir. Üst yüzeyde; filament kırılması, alt yüzeyde; iplik çekmesinden dolayı şekil değişimi meydana gelmiştir. Kesitte; kat arası mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 202.10 mm² olarak ölçülmüştür.

- **Atkı yönü**

Eğmeden dolayı bozunma alanı, diğer yapılara kıyasla daha düşük değerde gerçekleşmiştir. Üst yüzeyde; filament kırılması, alt yüzeyde; iplik çekmesinden dolayı

şekil değişimi meydana gelmiştir. Kesitte; kat arası mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 188.92 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.128'de, E-cam/Polyester el dikişli (tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.128. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-d].

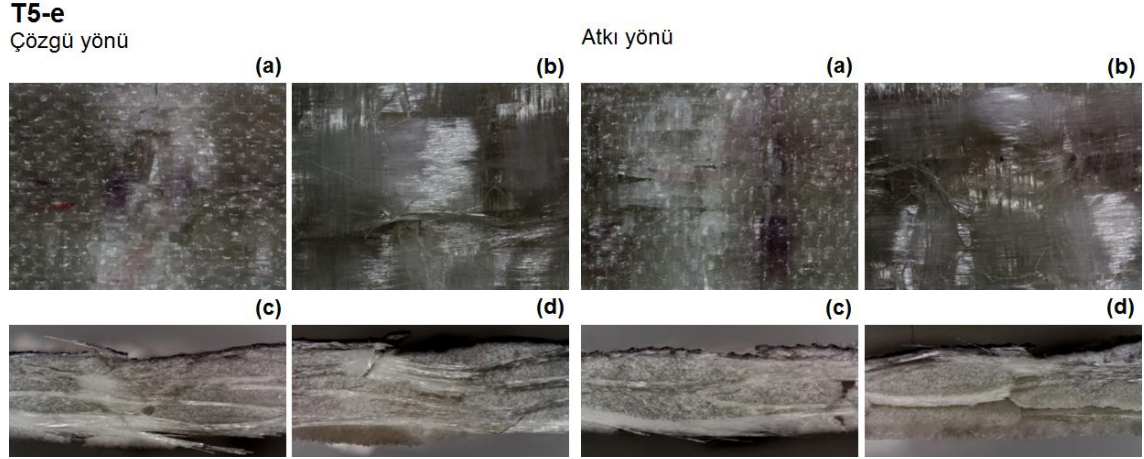
- Çözgü yönü

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- ayrılma, mikro- filament kırılması ve kat arası mikro- çatlaklar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 340.80 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- ayrılma, mikro- filament kırılması, kat arası mikro- çatlaklar ve mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 305.73 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.129'da, E-cam/Polyester el dikişli (iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.129. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-e].

- Çözgü yönü

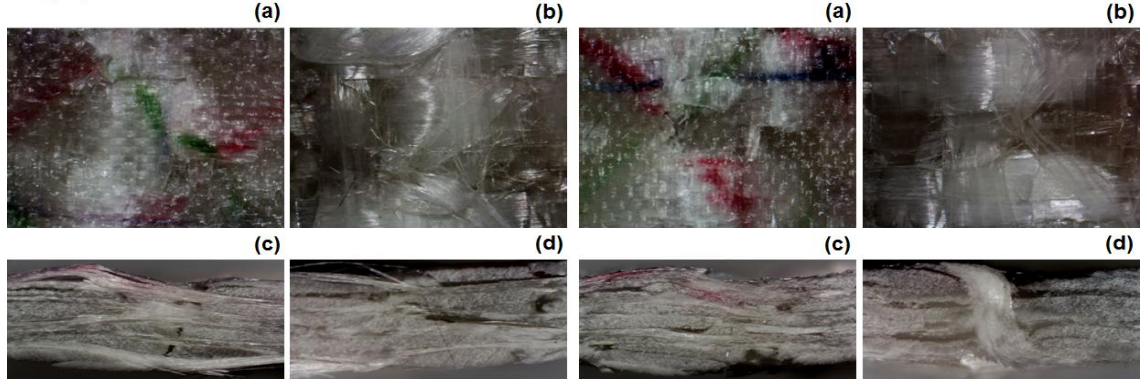
Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 152.10 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 251.04 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.130'da, E-cam/Polyester el dikişli (dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T4-f
Çözü yönu



Şekil 4.130. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-f].

- Çözü yönu

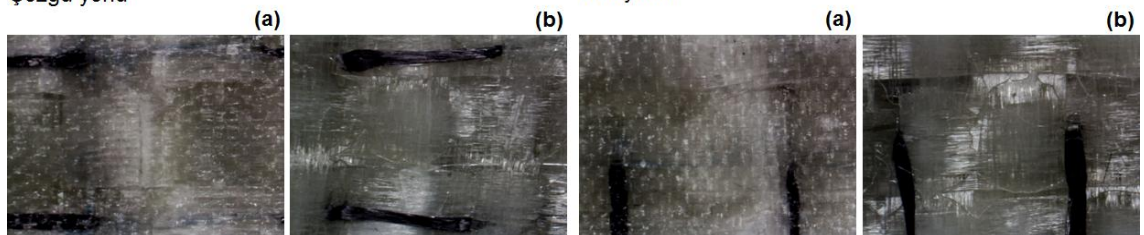
Eğmeden dolayı bozunma alanı, diğer yapılara kıyasla daha düşük değerde gerçekleşmiştir. Üst yüzeyde; filament kırılması, alt yüzeyde; iplik çekmesinden dolayı şekil değişimi meydana gelmiştir. Kesitte; kat arası mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma bölgesi dar bir alandadır. Bozunma alanı; 192.87 mm^2 olarak ölçülmüştür.

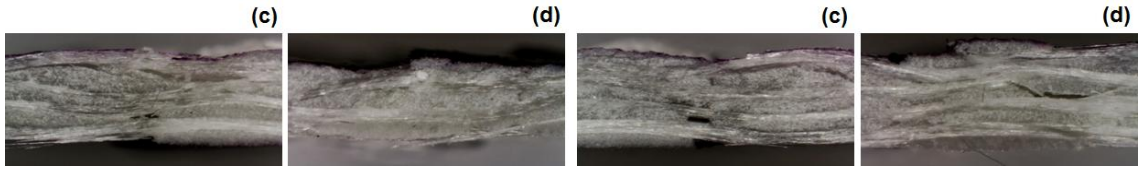
- Atkı yönu

Eğmeden dolayı bozunma alanı, diğer yapılara kıyasla daha düşük değerde gerçekleşmiştir. Üst yüzeyde; filament kırılması, alt yüzeyde; iplik çekmesinden dolayı şekil değişimi meydana gelmiştir. Alt yüzeyde; eğme düzleminin normali doğrultusunda, matris kırılması ve lif kırılması gözlenmiştir. Kesitte; kat arası mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma bölgesi dar bir alandadır. Bozunma alanı; 267.33 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.131'de, E-cam/Polyester el dikişli (tek yön/Karbon dikiş ipliği) kompozit yapının çözü ve atkı yönu eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T5-g
Çözü yönu





Şekil 4.131. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/Karbon dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-g].

- Çözü yönü

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normal doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- ayrılma, mikro- filament kırılması ve kat arası mikro- çatlaklar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 259.77 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normal doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; mikro- ayrılma, mikro- filament kırılması, kat arası mikro- çatlaklar ve mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma alanı; 269.54 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.132'de, E-cam/Polyester el dikişli (iki yön/Karbon dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- Çözgü yönü

Üst yüzeyde; çözgü ipliğinin normal doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; çözgü ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 216.46 mm^2 olarak ölçülmüştür.

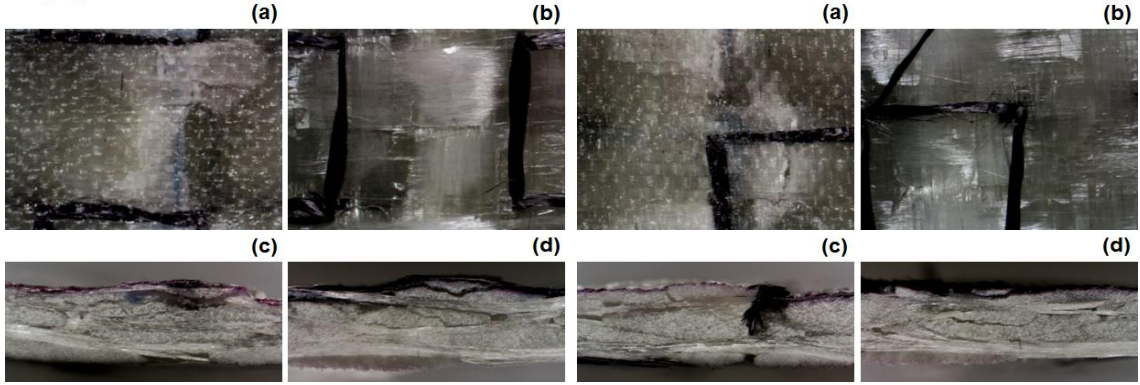
- **Atkı yönü**

Üst yüzeyde; atkı ipliğinin normali doğrultusunda, örnek eni boyunca matris kırılması ve çoklu filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; atkı ipliği uzunluğunca, çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Kesitte; iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Bozunma alanı; 318.27 mm² olarak ölçülmüştür.

T5-h

Çözgü yönü

Atkı yönü



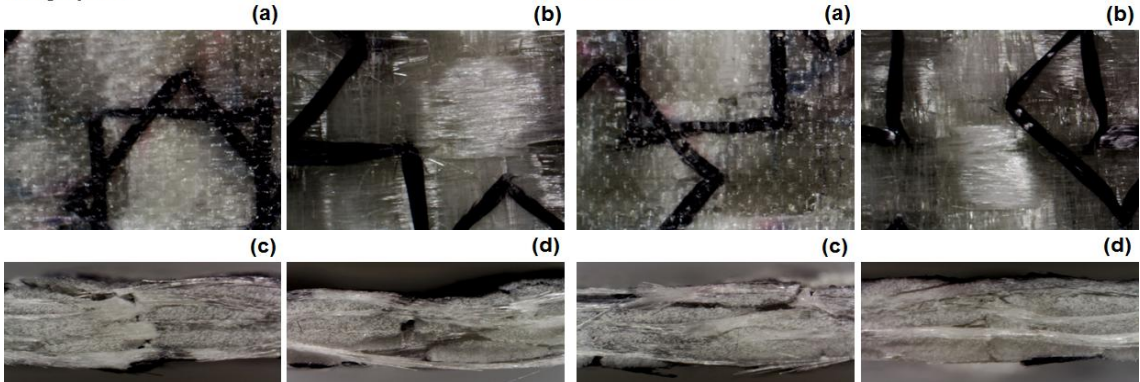
Şekil 4.132. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/Karbon dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-h].

Şekil 4.133'te, E-cam/Polyester el dikişli (dört yön/Karbon dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T5-i

Çözgü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.133. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T5-i].

- Çözgü yönü

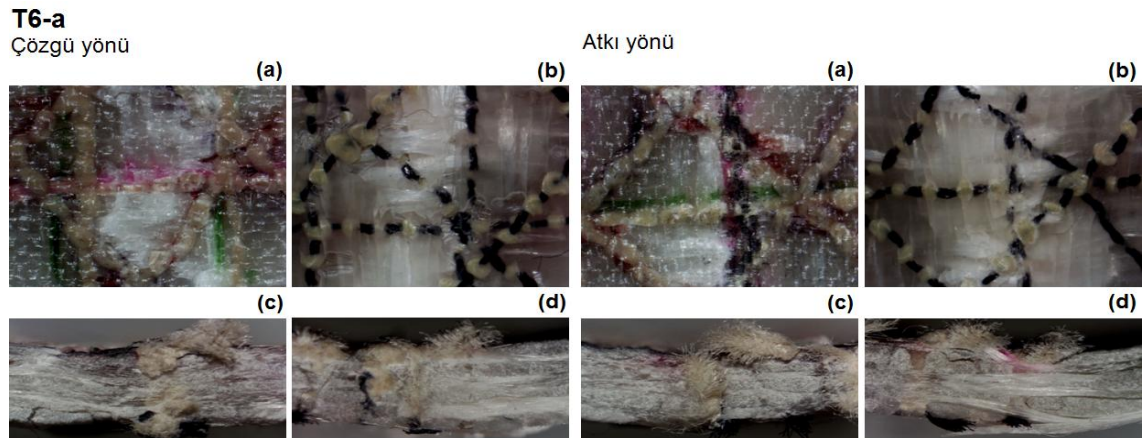
Eğmeden dolayı bozunma alanı, diğer yapılara kıyasla daha düşük değerde gerçekleşmiştir. Üst yüzeyde; filament kırılması, alt yüzeyde; iplik çekmesinden dolayı şekil değişimi meydana gelmiştir. Kesitte; kat arası mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma bölgesi dar bir alandır. Bozunma alanı; 345.24 mm² olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Eğmeden dolayı bozunma alanı, diğer yapılara kıyasla daha düşük değerde gerçekleşmiştir. Üst yüzeyde; filament kırılması, alt yüzeyde; iplik çekmesinden dolayı şekil değişimi meydana gelmiştir. Alt yüzeyde; eğme düzleminin normali doğrultusunda, matris kırılması ve lif kırılması gözlenmiştir. Kesitte; kat arası mikro- ayrılmalar gözlenmiştir. Bozunma bölgesi dar bir alandır. Bozunma alanı; 182.48 mm² olarak ölçülmüştür.

4.4.8.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.134'te, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.134. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği-sıkı-6 adım/cm/%5- silika) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T6-a].

- Çözgü yönü

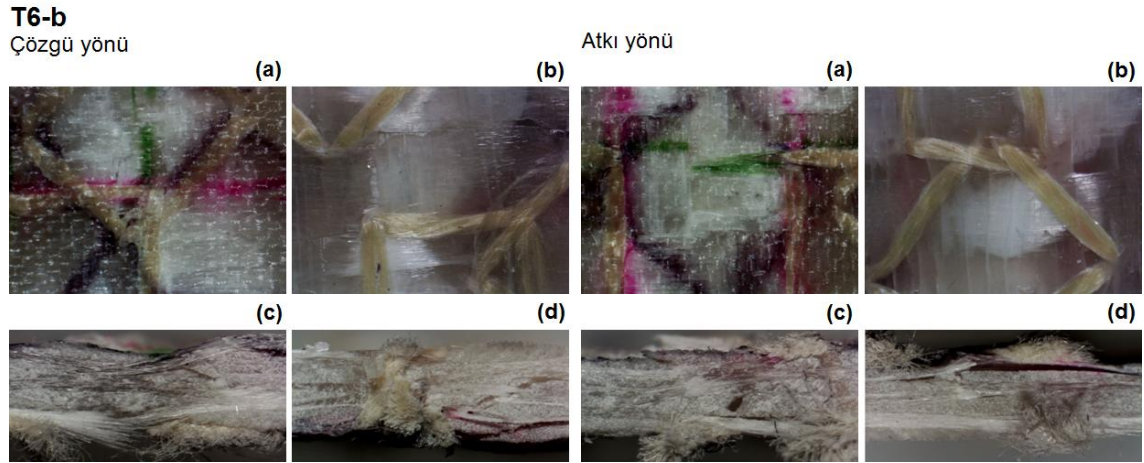
Delaminasyon gözlenmemiştir. Hasar, eğme yükünün normali doğrultusunda dar bir alanda gerçekleşmiştir. Üst yüzeyde; matris kırılması ve az sayıda filament kırılması

gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; matris kırılması ve az sayıda filament kırılması gözlenmiştir. Ancak, diğer yapılara kıyasla, eğme yükünün tatbik edildiği yerde, daha büyük bir çökmenin olduğu gözlenmiştir. Bozunma alanı; 104.68 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- Atkı yönü

Delaminasyon gözlenmemiştir. Hasar, eğme yükünün normali doğrultusunda dar bir alanda gerçekleşmiştir. Üst yüzeyde; matris kırılması ve az sayıda filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; matris kırılması ve az sayıda filament kırılması gözlenmiştir. Ancak, diğer yapılara kıyasla, eğme yükünün tatbik edildiği yerde, daha büyük bir çökmenin olduğu gözlenmiştir. Bozunma alanı; 133.81 mm^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.135'te, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5- silika) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.135. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5- silika) eğilme dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz ($\times 6.7$), (c); sağ-kesit, (d); sol-kesit ($\times 12$) [T6-b].

- Çözgü yönü

Delaminasyon meydana gelmiştir. Hasar, eğme yükünün normali doğrultusunda, dar bir bölgede gerçekleşmiştir. Üst ve alt yüzeyde, filament kırılması gözlenmiştir. Alt yüzeyde, çözgü yönünde matris kırılması ve kesitte mikro çatlaklar meydana gelmiştir. Bozunma alanı; 183.32 mm^2 olarak ölçülmüştür.

- **Atkı yönü**

Delaminasyon meydana gelmiştir. Hasar, eğme yükünün normali doğrultusunda, dar bir bölgede gerçekleşmiştir. Üst ve alt yüzeyde, filament kırılması gözlenmiştir. Alt yüzeyde, atkı yönünde matris kırılması ve kesitte mikro çatlaklar meydana gelmiştir. Bozunma alanı; 287.41 mm² olarak ölçülmüştür.

4.5. Katlararası Ayrılma Dayanımı Testi

Kompozit yapıların çözü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları Tablo 4.16'da verilmiştir. Her bir kompozit yapının çözü ve atkı yönü testleri için 'spesifik katlararası ayrılma dayanımı' değerleri hesaplanmıştır.

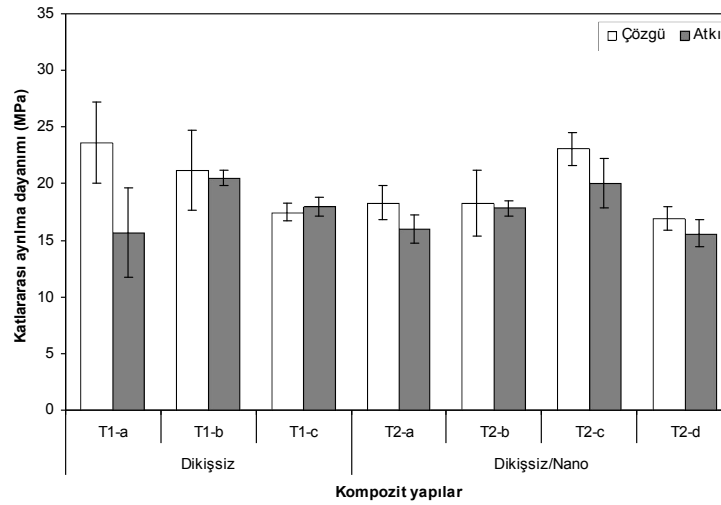
Tablo 4.16. E-cam/Polyester kompozit yapıların çözü ve atkı yönü katlararası dayanımı test sonuçları.

Kod	Katlararası ayrılma kuvveti (N)		Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)		Spesifik katlararası ayrılma dayanımı (MPa/g/cm ³)	
	Çözü	Atkı	Çözü	Atkı	Çözü	Atkı
T1-a	1991.42	1322.02	23.60	15.67	11.81	7.84
T1-b	1869.76	1807.57	21.22	20.51	10.87	10.51
T1-c	1565.79	1608.79	17.47	17.95	8.71	8.95
T2-a	1641.40	1436.54	18.32	16.03	9.40	8.22
T2-b	1545.13	1512.68	18.24	17.85	10.10	9.88
T2-c	1898.16	1651.54	23.05	20.05	12.33	10.73
T2-d	1361.53	1252.85	16.94	15.59	8.85	8.15
T4-a	1625.41	1600.94	19.21	18.92	9.52	9.38
T4-b	1736.39	1579.48	19.91	18.11	10.06	9.15
T4-c	1500.24	1628.21	16.68	18.10	8.45	9.17
T4-d	1575.17	1402.78	19.63	17.48	9.82	8.74
T4-e	1613.02	1277.36	18.78	14.87	9.63	7.63
T4-f	1747.39	1556.43	18.72	16.68	9.60	8.56
T4-g	1724.17	1832.93	19.56	20.79	10.22	10.87
T4-h	1847.60	1612.47	19.36	16.90	10.09	8.81
T4-i	1939.82	1628.95	19.66	16.51	10.39	8.72
T4-j	1676.43	1733.16	18.92	19.56	9.84	10.18
T4-k	1915.17	1821.92	19.40	18.46	10.29	9.79
T4-l	1751.30	1777.83	17.16	17.42	9.16	9.30
T5-a	1620.21	1379.48	17.67	15.05	9.25	7.88
T5-b	2846.56	2769.43	25.40	24.71	12.87	12.52
T5-c	1743.19	1678.81	18.11	17.44	9.24	8.89
T5-d	1921.62	1576.05	20.09	16.48	10.10	8.28
T5-e	1757.93	1528.97	18.207	15.84	9.12	7.93
T5-f	2645.35	2394.82	20.75	18.78	10.58	9.57
T5-g	1281.47	1601.16	13.86	17.31	7.06	8.82
T5-h	1362.24	1798.81	15.38	20.31	7.82	10.33
T5-i	1518.87	1385.28	16.93	15.44	8.69	7.93
T6-a	2482.15	2089.32	23.21	19.54	12.73	10.72
T6-b	2113.55	1767.97	21.88	18.30	11.55	9.66

4.5.1. Katlararası Ayrılma Dayanımı

4.5.1.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.136'da, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.136. Katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

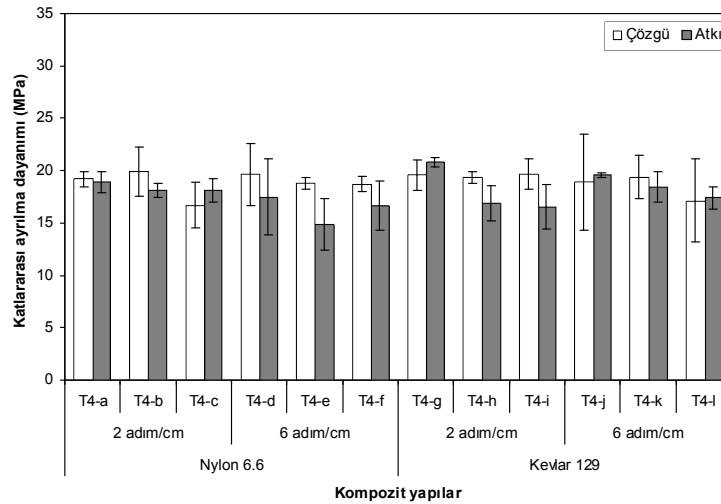
Dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların çözgü yönündeki katlararası ayrılma dayanımı değerlerinin, atkı yönüne göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu durum, atkı sıklığındaki varyasyonlardan kaynaklanmaktadır. Dikişsiz (T1-a) kompozit yapıya kıyasla, dikişsiz/oryantasyonlu (T1-b, T1-c) yapıların katlararası ayrılma dayanımları, çözgü yönünde düşüş sergilemektedir. Atkı yönünde ise, belirgin bir eğilim saptanmamıştır. Ancak, dikişsiz/oryantasyonlu (T1-b) kompozit yapıda, $0^\circ/90^\circ$ oryantasyonunun dış katmanda olmasından dolayı, dış katmanda $\pm 45^\circ$ oryantasyonu bulunan dikişsiz/oryantasyonlu (T1-c) yapıya kıyasla katlararası ayrılma dayanımı değeri daha yüksektir. Dikişsiz/nano dolgulu (T2-a, T2-b, T2-d) kompozit yapıların, dikişsiz (T1-a) yapıya kıyasla, katlararası ayrılma dayanımı değerlerinde belirgin bir gerçekleşmemiş veya bir miktar düşüş saptanmıştır. Ancak, %7.5 nano-silika dolgulu (T2-c) kompozit yapı, dikişsiz (T1-a) yapıya göre, çözgü yönünde belirgin bir farklılık oluşturmazken, atkı yönündeki katlararası ayrılma dayanımı

değerinde %22'lik bir artış sağlamıştır. Dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı değerlerindeki değişimlerin, nano-silika ve nano-karbonun yapı içerisindeki heterojen dağılımı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Katlararası ayrılma dayanımı değerlerinin, çözgü yönünde; 16.94-23.60 MPa, atkı yönünde; 15.59-20.51 MPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

4.5.1.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.137'de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



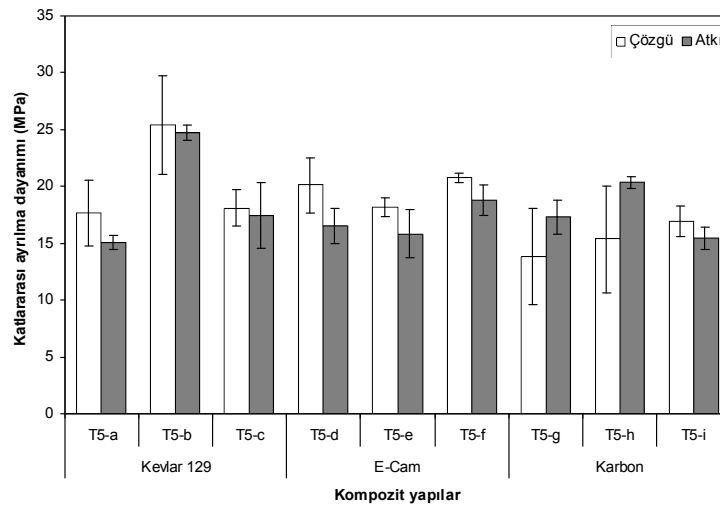
Şekil 4.137. Katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.

Makine dikişli kompozit yapılarda, kırılan test örnekleri incelendiğinde, dikişin katarası açılmayı önemli ölçüde sınırladığı, dikiş yönü ve dikiş adım sayısı arttıkça katarası açılmanın gerçekleşmediği sonucuna varılmıştır. Ancak, katlararası ayrılma dayanımı değerleri incelendiğinde; dikiş ipliği, dikiş yönü ve dikiş adım sayısının belirgin bir etkisi saptanamamıştır. Dikiş ipliği, katlararası ayrılmayı, düzlem dışındaki konumu nedeniyle önlemektedir. Dikişli malzemenin genel özelliği, bozunmayı lokal bölgede hapsederek etrafa yayılmasını engellemektir. Dikişli kompozit yapının bu özelliği 'damage tolerance material' olarak tanımlanmaktadır. Katlararası ayrılma dayanımı

değerlerinin, çözüğü yönünde; 16.68-19.91 MPa, atkı yönünde; 14.87-20.79 MPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.138’de, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapılar için, çözüğü ve atkı yönündeki katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



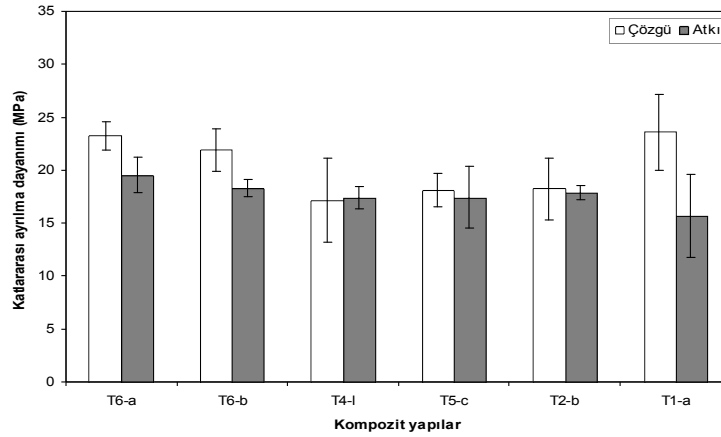
Şekil 4.138. Katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.

El dikişli kompozit yapılarda, genel olarak, iki yön dikişli kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı değerlerinin, tek yön ve dört yön dikişli yapılara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kevlar® 129 dikişli kompozit yapıların, E-cam ve karbon dikişli yapılara göre daha yüksek katlararası ayrılma dayanımı gösterdiği sonucuna varılmıştır. Katlararası ayrılma dayanımı değerlerinin, çözüğü yönünde; 13.86-25.40 MPa, atkı yönünde; 15.05-24.71 MPa aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

4.5.1.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.139’da, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözüğü ve atkı yönündeki katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Dikişli/nano dolgulu (T6-a, T6-b) kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı değerleri, dikişsiz (T1-a), dikişsiz/nano dolgulu (T2-b) ve dikişli (T4-

l, T5-c) kompozit yapıya göre genel olarak daha yüksektir. El dikişli yapılarda, dikişten dolayı yapıdaki degradasyon düşük değerdedir. Ancak, el dikişinin çok yönde ve belirli bir dikiş sıklığında dikilmesi önerilebilir. Dikiş ipliği, katlararası ayrılmayı, düzlem dışındaki konumu nedeniyle önlemektedir.

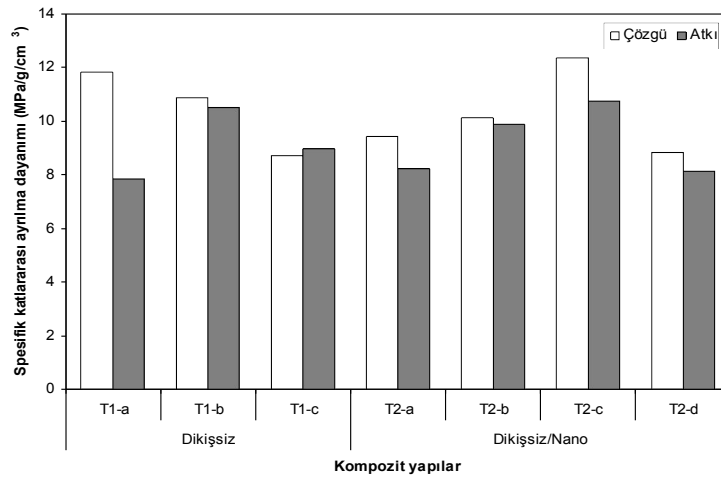


Şekil 4.139. Katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

4.5.2. Spesifik Katlararası Ayrılma Dayanımı

4.5.2.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.140'ta, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



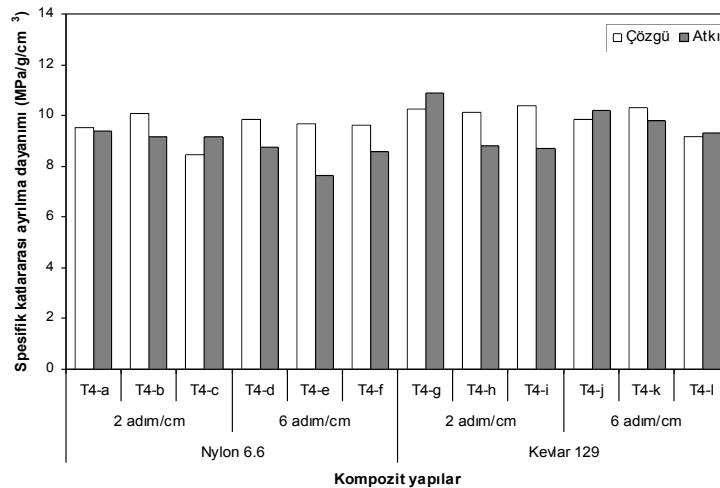
Şekil 4.140. Spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano) arasındaki ilişki.

Dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı ve spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerlerinin, çözgü yönünde; 8.71-12.33 GPa/g/cm³, atkı yönünde; 7.84-10.73 GPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

4.5.2.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.141’de, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

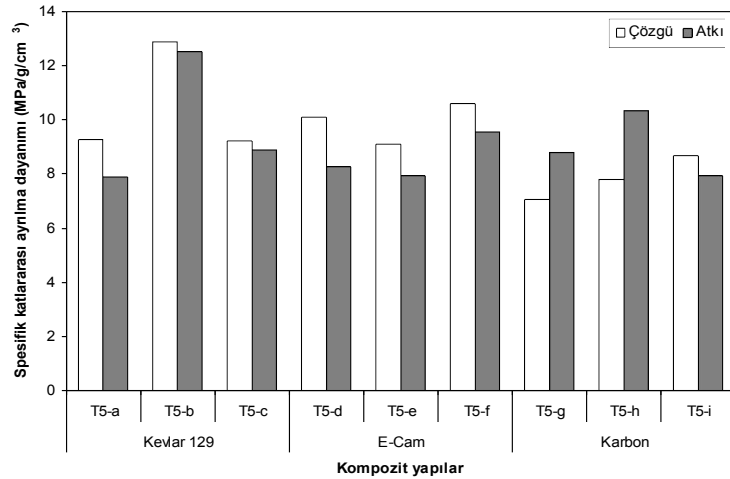


Şekil 4.141. Spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.

Makine dikişli kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı ve spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri birbirleriyle uyumludur. Spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerlerinin, çözgü yönünde; 8.45-10.29 GPa/g/cm³, atkı yönünde; 7.63-10.87 GPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.142’de, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

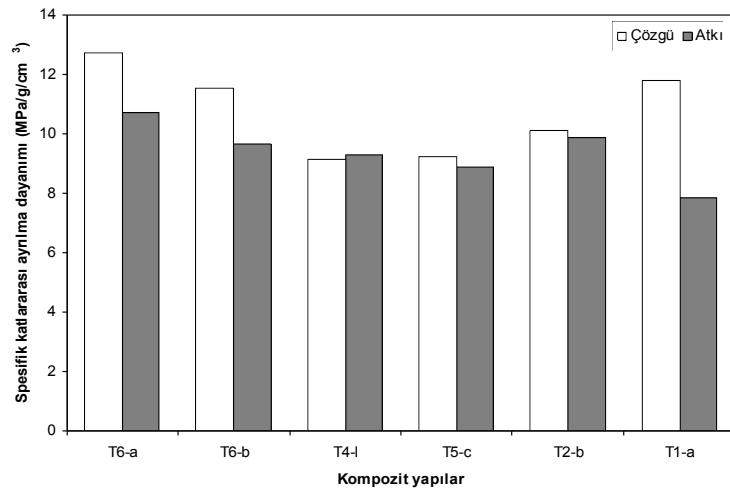


Şekil 4.142. Spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.

El dikişli kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı ve spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri birbirleriyle uyumludur. Burada, en yüksek spesifik katlararası ayrılma dayanımı, iki yön Kevlar® 129 dikişli (T5-b) kompozit yapıdadır. Spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerlerinin, çözgü yönünde; 7.06-12.87 GPa/g/cm³, atkı yönünde; 7.03-12.52 GPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

4.5.2.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.143'te, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, çözgü ve atkı yönündeki spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



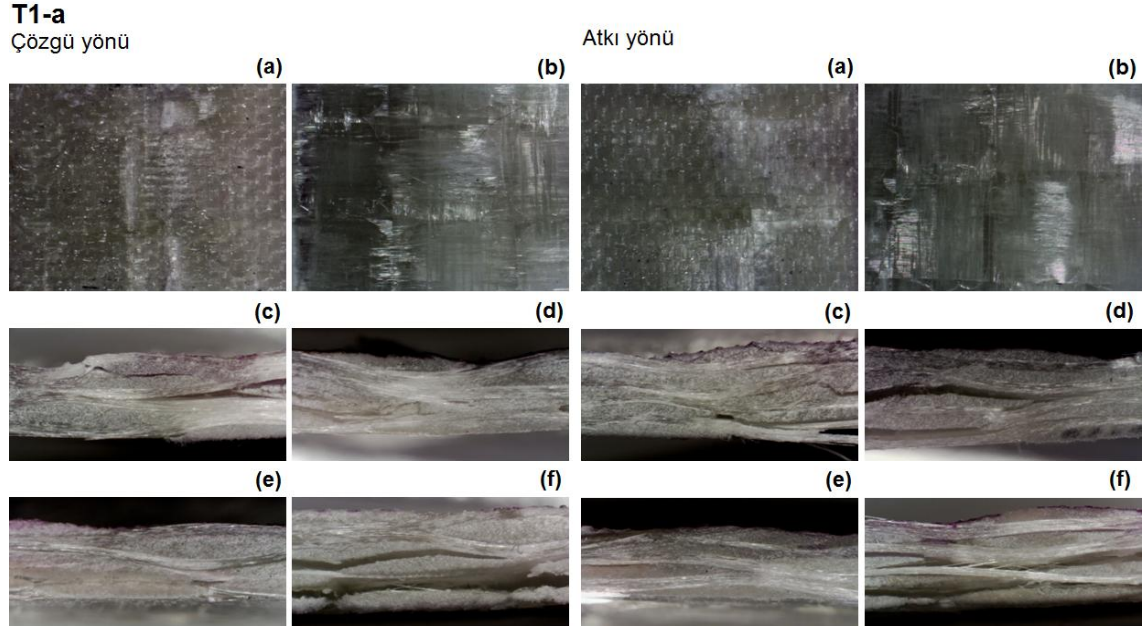
Şekil 4.143. Spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri ile yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı ve spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerleri birbirleriyle uyumludur. Makine dikişli/dolgulu (T6-a) kompozit yapı, dikişsiz (T1-a) yapıya kıyasla spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerlerinde, çözü yönünde; %7.2, atkı yönünde; %27'lik bir artış sağlamıştır. Spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerlerinin, çözü yönünde; 8.71-12.33 GPa/g/cm³, atkı yönünde; 7.84-10.73 GPa/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

4.5.3. Kompozit Yapıların Katlararası Ayrılma Dayanımı Testi Sonrası Görüntü Analizi

4.5.3.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.144'te, E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapının çözü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.144. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T1-a].

- Çözgü yönü

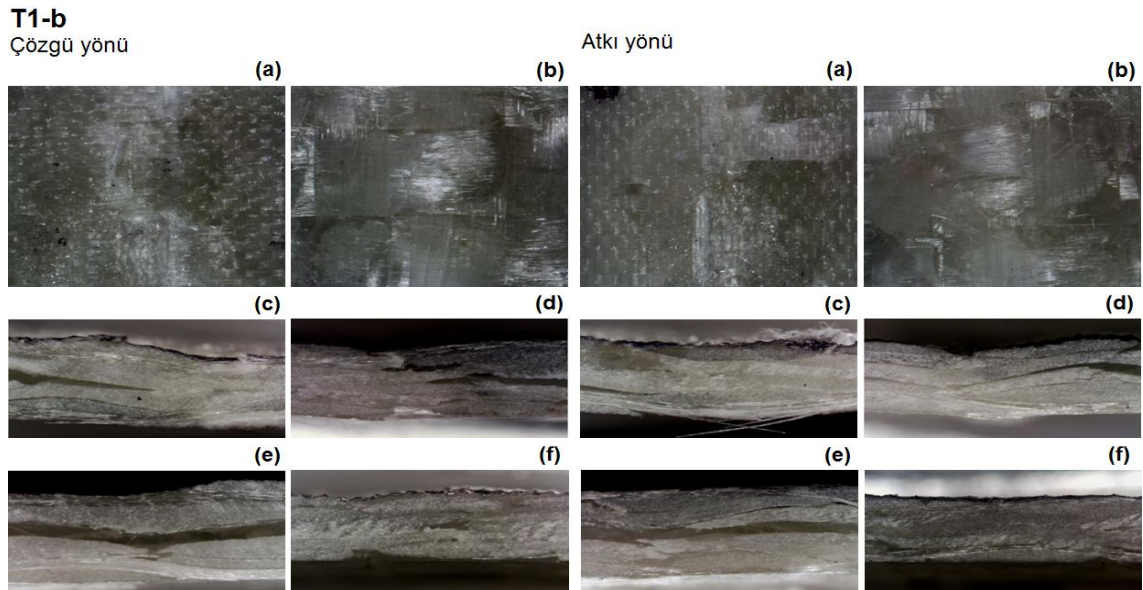
Çözgü ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Atkı ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Katlararası ayrılma, atkı ipliği boyunca ilerlemiş

ve katlararası ayrılma açıklığı büyük bulunmuştur. Yüzeyde; örnek eni boyunca matris kırılması, lif kırılması, filament ve iplik kırılması gerçekleşmiştir.

- **Atkı yönü**

Atkı ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Çözümlü ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Katlararası ayrılma, çözgü ipliği boyunca ilerlemiş ve katlararası ayrılma açıklığı büyük bulunmuştur. Yüzeyde; örnek eni boyunca matris kırılması, lif kırılması, filament ve iplik kırılması gerçekleşmiştir.

Şekil 4.145'te, E-cam/Polyester dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.145. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/oryantasyonlu) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T1-b].

- **Çözgü yönü**

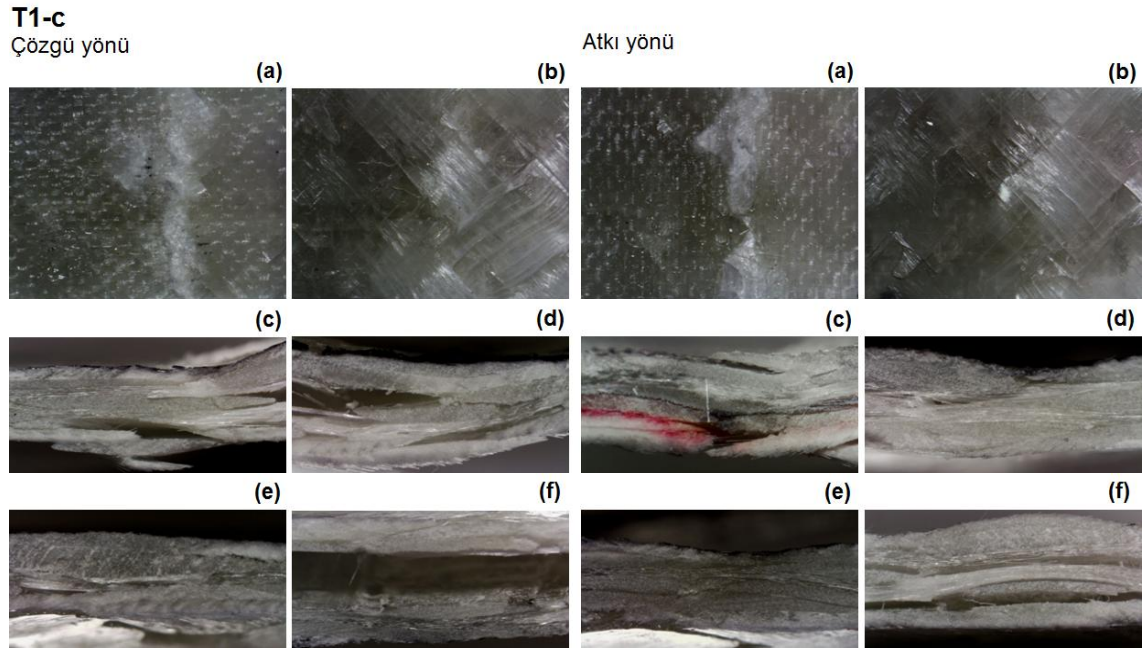
Çözgü ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Örnek eni boyunca boydan boya katlararası ayrılma gözlenmiştir. Katlararası ayrılma, atkı ipliği boyunca ilerlemiş ve katlararası ayrılma açıklığı büyük bulunmuştur. Yüzeyde; örnek eni boyunca matris kırılması, lif kırılması, filament ve iplik kırılması gerçekleşmiştir.

- **Atkı yönü**

Atkı ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Örnek eni boyunca boydan boya katlararası ayrılma gözlenmiştir. Katlararası ayrılma, atkı ipliği boyunca ilerlemiş

ve katlararası ayrılma açıklığı büyük bulunmuştur. Yüzeyde; örnek eni boyunca matris kırılması, lif kırılması, filament ve iplik kırılması gerçekleşmiştir.

Şekil 4.146'da, E-cam/Polyester dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.146. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/oryantasyonlu) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T1-c].

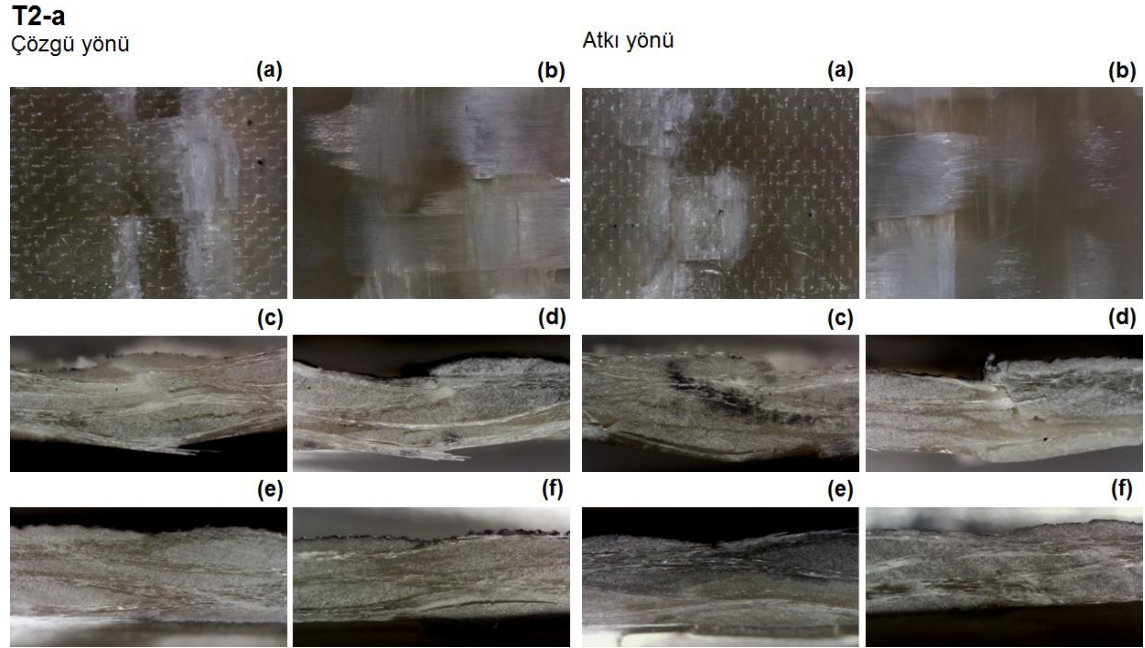
- Çözgü yönü

Çözgü ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Örnek eni boyunca boydan boya katlararası ayrılma gözlenmiştir. Katlararası ayrılma, atkı ipliği boyunca ilerlemiş ve katlararası ayrılma açıklığı büyük bulunmuştur. Yüzeyde; örnek eni boyunca matris kırılması, lif kırılması, filament ve iplik kırılması gerçekleşmiştir.

- Atkı yönü

Atkı ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Örnek eni boyunca boydan boya katlararası ayrılma gözlenmiştir. Katlararası ayrılma, atkı ipliği boyunca ilerlemiş ve katlararası ayrılma açıklığı büyük bulunmuştur. Yüzeyde; örnek eni boyunca matris kırılması, lif kırılması, filament ve iplik kırılması gerçekleşmiştir.

Şekil 4.147’de, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%2.5-silika) kompozit yapının çözüğü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.147. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%2.5-silika) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T2-a].

- **Çözgü yönü**

Çözgü ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Atkı ipliği boyunca, herhangi bir ayrılma yoktur.

- **Atkı yönü**

Atkı ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Çözgü ipliği boyunca, herhangi bir ayrılma yoktur.

Şekil 4.148’de, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%5-silika) kompozit yapının çözüğü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- **Çözgü yönü**

Çözgü ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Atkı ipliği boyunca, herhangi bir ayrılma yoktur.

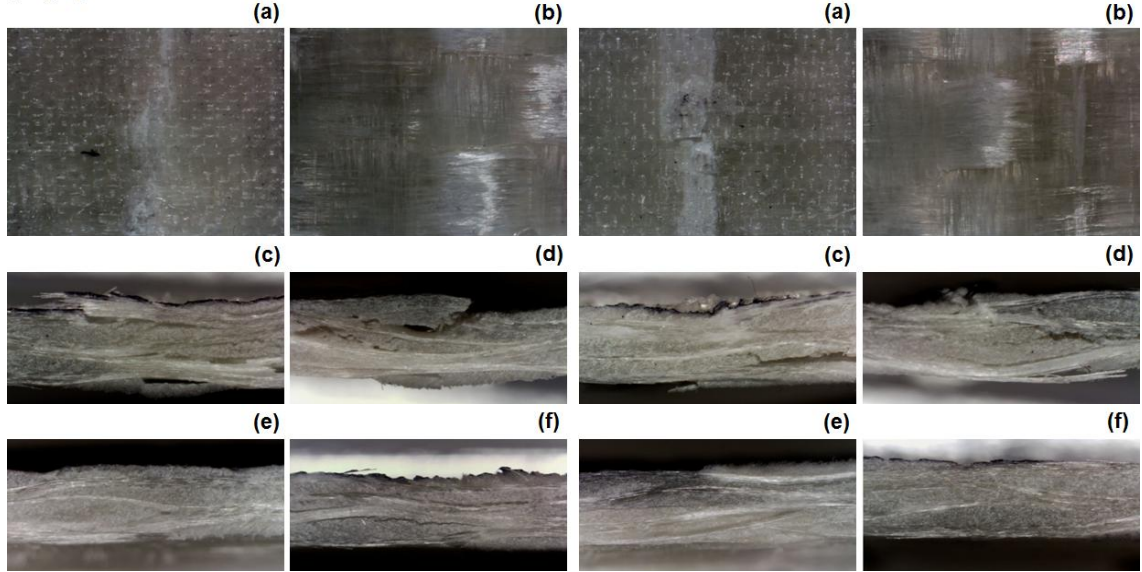
- **Atkı yönü**

Atkı ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Çözgü ipliği boyunca, herhangi bir ayrılma yoktur.

T2-b

Çözgü yönü

Atkı yönü



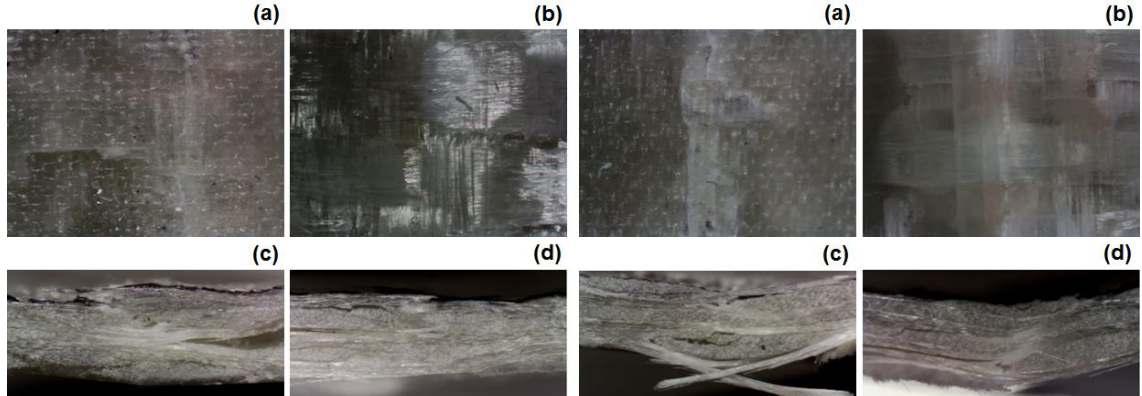
Şekil 4.148. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-silika) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T2-b].

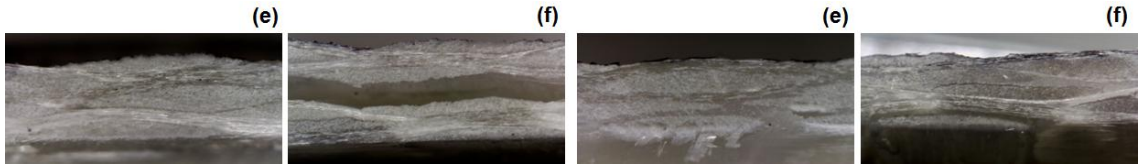
Şekil 4.149'da, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%7.5-silika) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T2-c

Çözgü yönü

Atkı yönü





Şekil 4.149. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%7.5-silika) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T2-c].

- Çözgü yönü

Çözgü ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Atkı ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir. Katlararası ayrılma, atkı ipliği boyunca ilerlemiş ve katlararası ayrılma açıklığı büyük bulunmuştur. Yüzeyde; örnek eni boyunca matris kırılması, lif kırılması, filament ve iplik kırılması gerçekleşmiştir.

- Atkı yönü

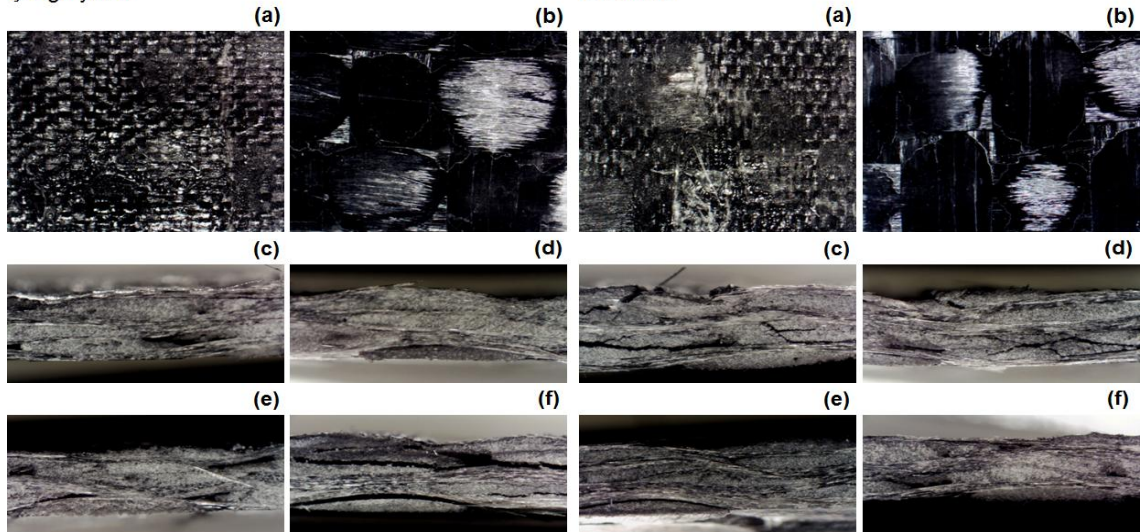
Atkı ipliği boyunca lokal kat ayrılması mevcuttur. Üst yüzeyde, örnek eni boyunca lif kırılması, matris kırılması, filament ve iplik kırılması gözlenmiştir. Alt yüzeyde; örnek eni boyunca matris kırılması gerçekleşmiştir.

Şekil 4.150'de, E-cam/Polyester dikişsiz/nano dolgulu (%5-karbon) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T2-d

Çözgü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.150. E-cam/Polyester kompozit yapının (dikişsiz/nano/%5-karbon) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T2-d].

- **Çözgü yönü**

Hem çözgü ipliği hem de atkı ipliği boyunca, katlararası açılma mevcuttur. Örnek üst yüzeyinde; düşük seviyede lokal matris kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde herhangi bir bozunma yoktur.

- **Atkı yönü**

Hem çözgü ipliği hem de atkı ipliği boyunca, katlararası açılma mevcuttur. Örnek üst yüzeyinde; düşük seviyede lokal matris kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde herhangi bir bozunma yoktur.

4.5.3.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.151'de, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- **Çözgü yönü**

Çözgü ipliği uzunluğu boyunca, dikiş ipliğinin yakın çevresinde lokal katarası açılma gözlenmiştir. Örnek üst yüzeyinde, matris kırılması, filament kırılması ve iplik kırılması gerçekleşmiştir.

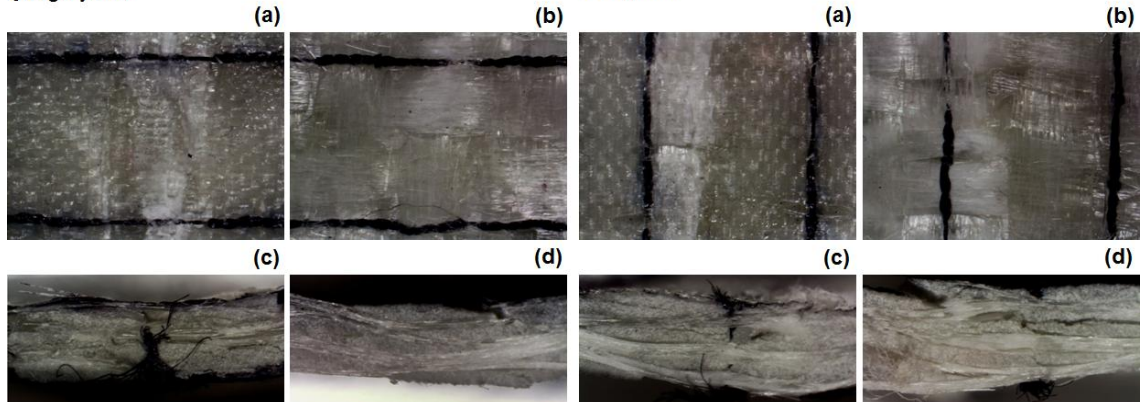
- **Atkı yönü**

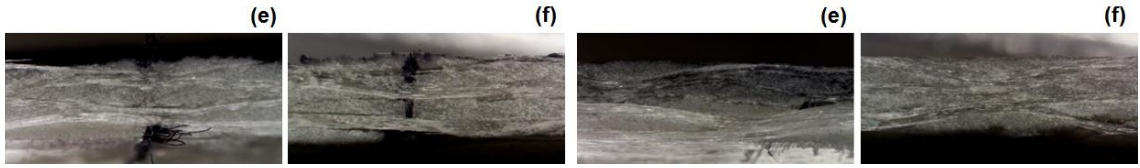
Çözgü ipliğine paralel yük uygulandığında, dikiş ipliğinin çevresinde, atkı ipliğinde açılma gözlenmiştir. Üst yüzeyde; örnek eni boyunca, matris ve filament kırılması, alt yüzeyde; lokal filament kırılması gerçekleşmiştir.

T4-a

Çözgü yönü

Atkı yönü





Şekil 4.151. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-a].

Şekil 4.152’de, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek-2 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- Çözgü yönü

Katlararası açılmanın, dikişin uzaklığına bağlı olarak gerçekleştiği gözlenmiştir. Dikiş ipliği yakınında açılma gözlenmezken, uzağında açılma gerçekleşmiştir. Katlararası açılma, düşük bir alanda gerçekleşmiştir.

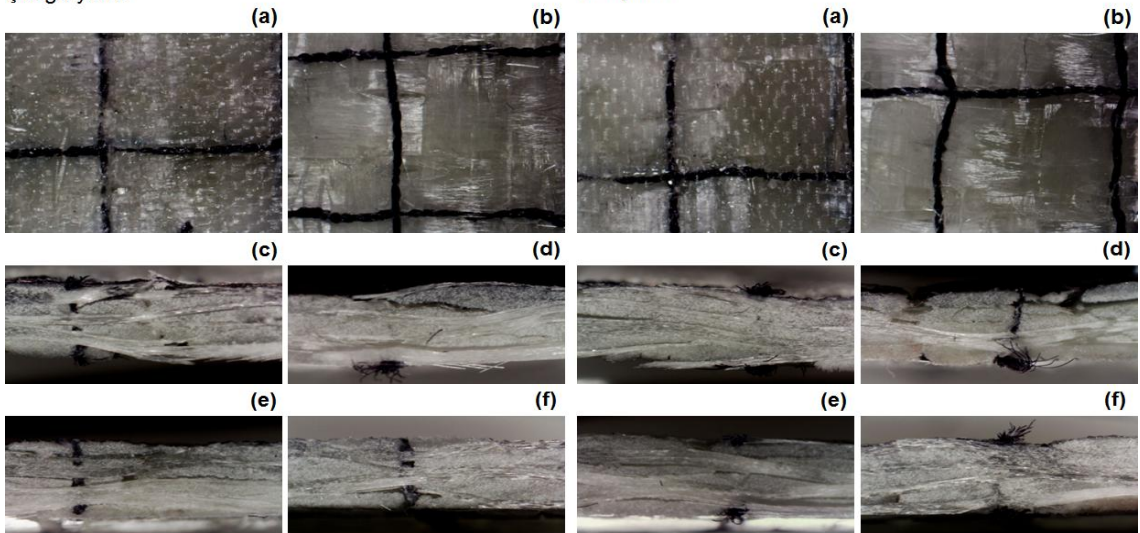
- Atkı yönü

Katlararası açılmanın, dikişin uzaklığına bağlı olarak gerçekleştiği gözlenmiştir. Dikiş ipliği yakınında açılma gözlenmezken, uzağında açılma gerçekleşmiştir. Katlararası açılma, düşük bir alanda gerçekleşmiştir.

T4-b

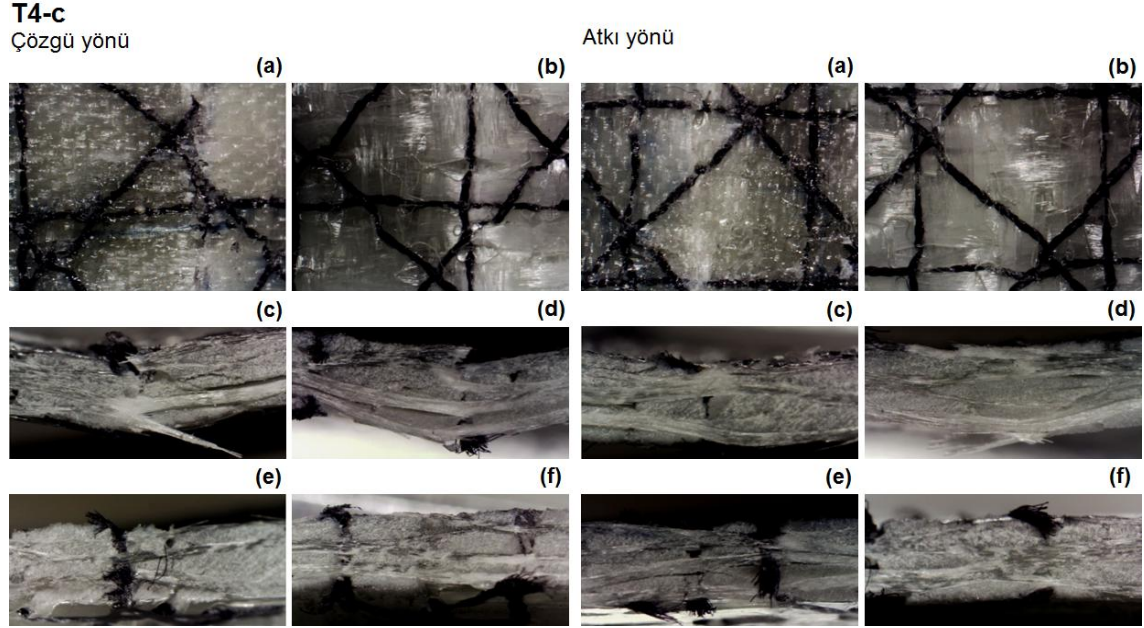
Çözgü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.152. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-b].

Şekil 4.153'te, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- gevşek-2 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.153. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği-gevşek-2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-c].

- Çözgü yönü

Lokal bölgede, mikro katarası açılma gözlenmiştir. Bu durum, dar alanda gerçekleşmiştir. Örnek üst yüzeyinde; boydan boya matris ve filament kırılması, alt yüzeyine; intra-yarn açılması gözlenmiştir. Diğer yapılara kıyasla, yükün uygulandığı yerde, büyük değerlerde çökme gözlenmiştir.

- Atkı yönü

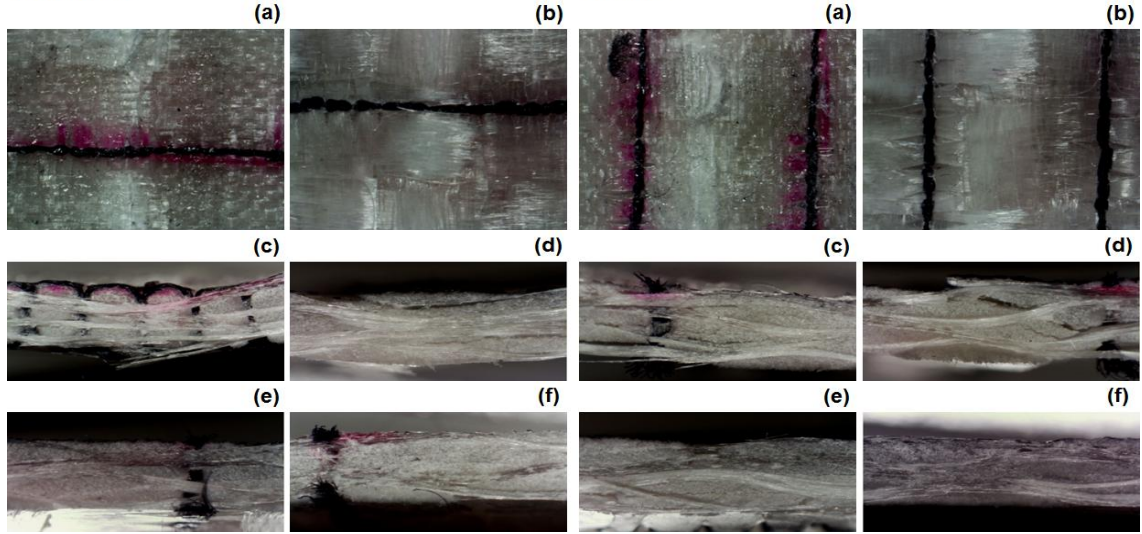
Lokal bölgede, mikro katarası açılma gözlenmiştir. Bu durum, dar alanda gerçekleşmiştir. Örnek üst yüzeyinde; boydan boya matris ve filament kırılması, alt yüzeyine; intra-yarn açılması gözlenmiştir. Diğer yapılara kıyasla, yükün uygulandığı yerde, büyük değerlerde çökme gözlenmiştir.

Şekil 4.154'te, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T4-d

Çözüğü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.154. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-d].

- **Çözüğü yönü**

Katarası açılma gözlenmemiştir. Üst yüzeyde; örnek eni boyunca, matris ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; dikiş ipliğine yakın yerde filament kırılması gerçekleşmiştir.

- **Atkı yönü**

Katarası açılma gözlenmemiştir. Üst yüzeyde; örnek eni boyunca, matris ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Alt yüzeyde; dikiş ipliğine yakın yerde filament kırılması gerçekleşmiştir.

Şekil 4.155'te, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözüğü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- **Çözüğü yönü**

Üst yüzeyde; lokal matris kırılması, alt yüzeyde; intra-yarn açılması gözlenmiştir. Katarası açılma yoktur.

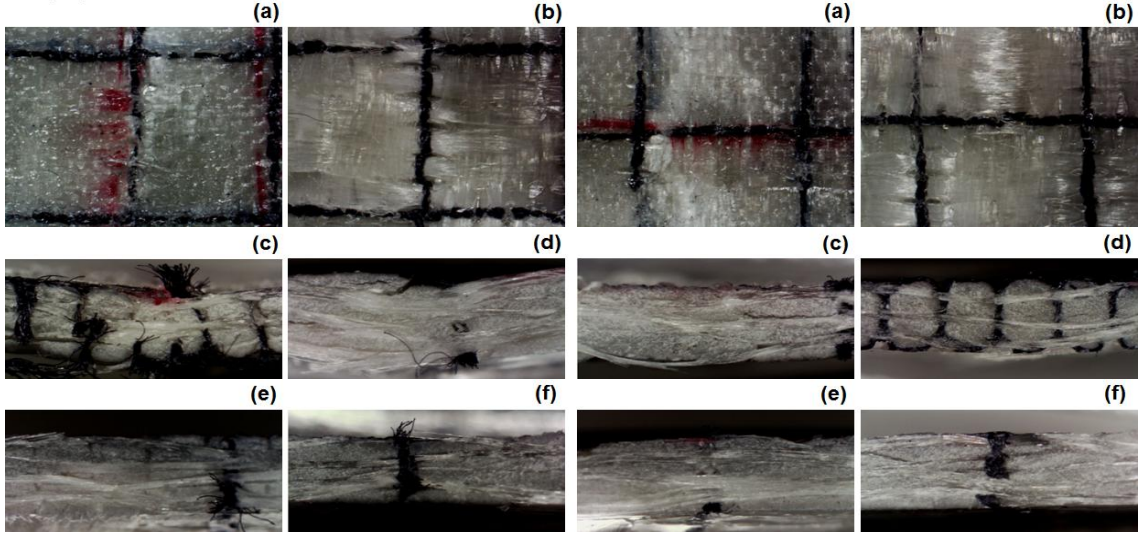
- **Atkı yönü**

Üst yüzeyde; lokal matris kırılması, alt yüzeyde; intra-yarn açılması gözlenmiştir. Katarası açılma yoktur.

T4-e

Çözgü yönü

Atkı yönü



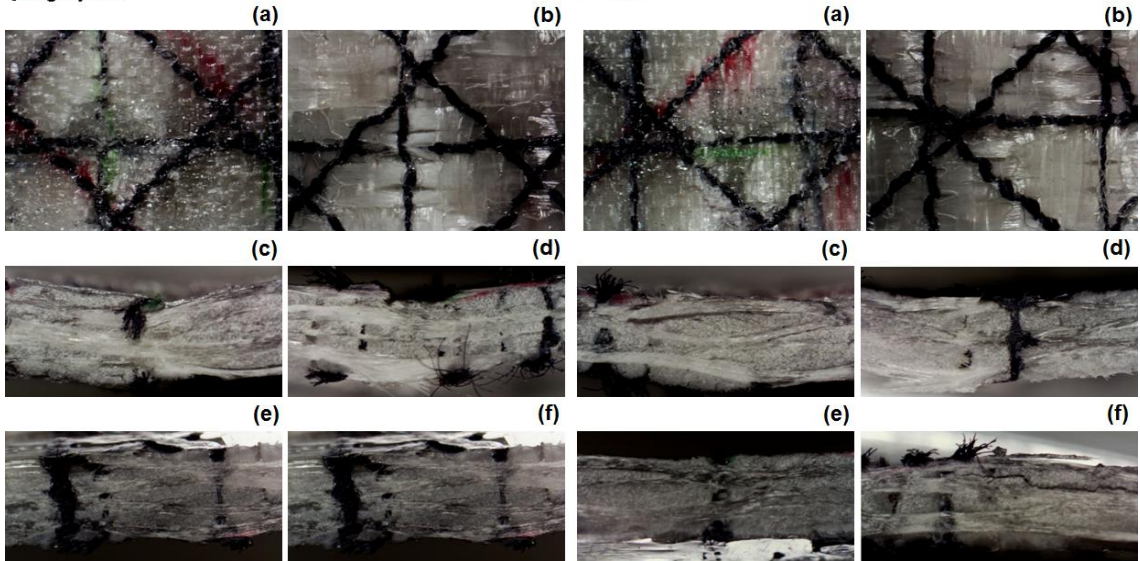
Şekil 4.155. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-e].

Şekil 4.156'da, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T4-f

Çözgü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.156. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Nylon 6.6 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-f].

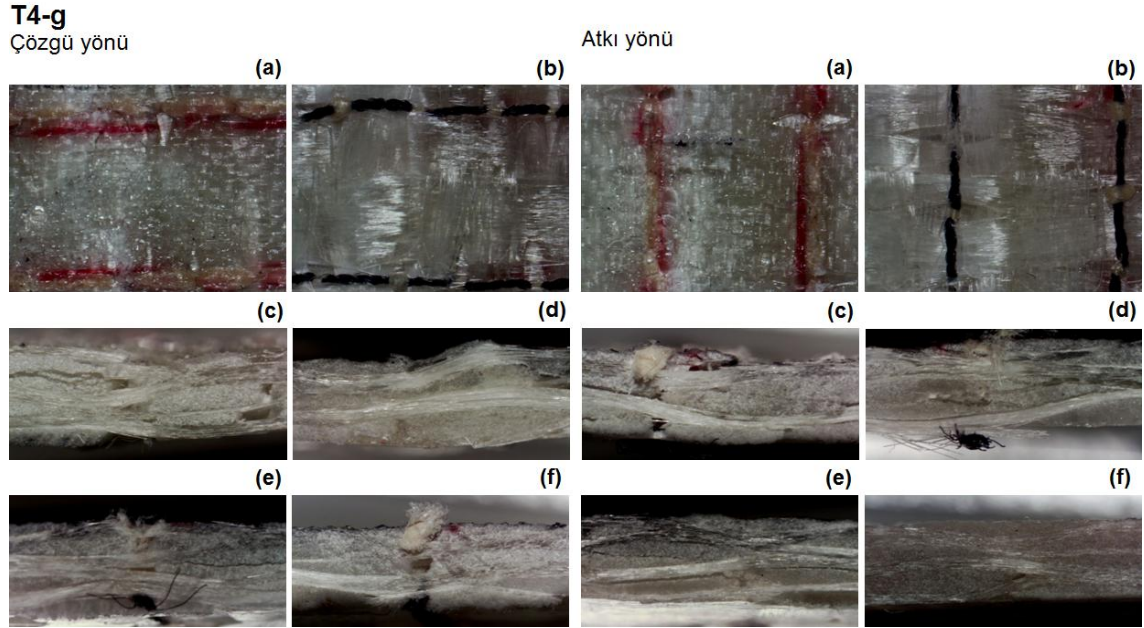
- **Çözü yönü**

Delaminasyon gerçekleşmemiştir. Üst yüzeyde ve alt yüzeyde; intra-yarn açılması mevcuttur. Lokal matris kırılması oluşmuştur.

- **Atkı yönü**

Delaminasyon gerçekleşmemiştir. Üst yüzeyde ve alt yüzeyde; intra-yarn açılması mevcuttur. Lokal matris kırılması oluşmuştur.

Şekil 4.157'de, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.157. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-g].

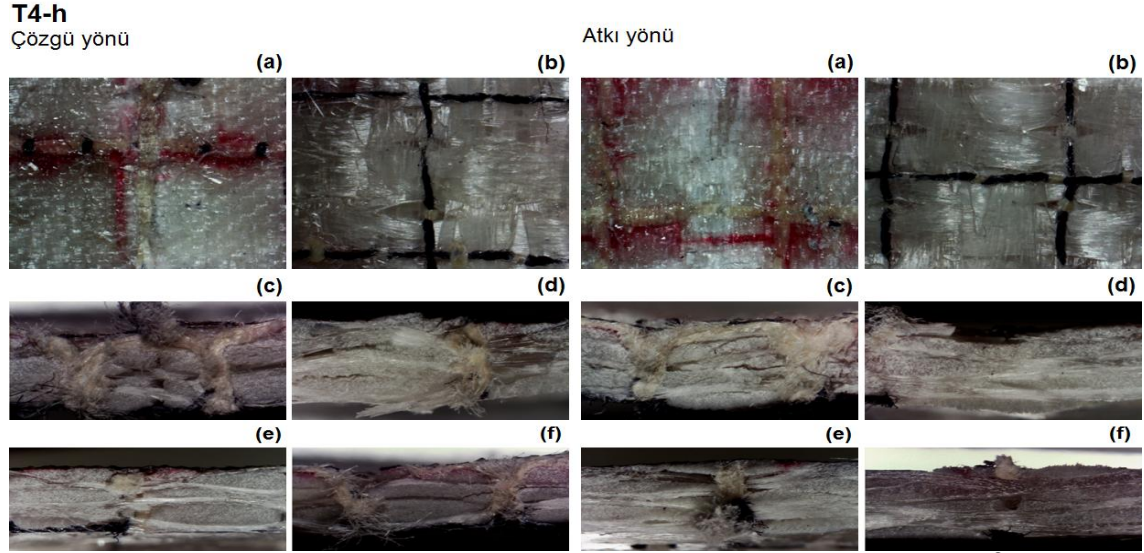
- **Çözgü yönü**

Katarası açılma gerçekleşmemiştir. Üst ve alt yüzeyde; lokal matris kırılması ve intra-yarn açılması gözlenmiştir.

- **Atkı yönü**

Atkı uzunluğu boyunca, düşük düzeyde lokal kat açılması vardır. Üst ve alt yüzeyde; intra-yarn açılması, matris kırılması ve lokal filament kırılması gözlenmiştir.

Şekil 4.158'de, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.158. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-h].

- **Çözgü yönü**

Katarası açılma gerçekleşmemiştir. Üst ve alt yüzeyde; lokal matris kırılması ve intrayarn açılması gözlenmiştir.

- **Atkı yönü**

Katarası açılma gerçekleşmemiştir. Üst ve alt yüzeyde; lokal matris kırılması ve intrayarn açılması gözlenmiştir.

Şekil 4.159'da, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği-gevşek- 2 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- **Çözgü yönü**

Alt yüzeyde; intra-yarn açılması mevcuttur. Delaminasyon gerçekleşmemiştir.

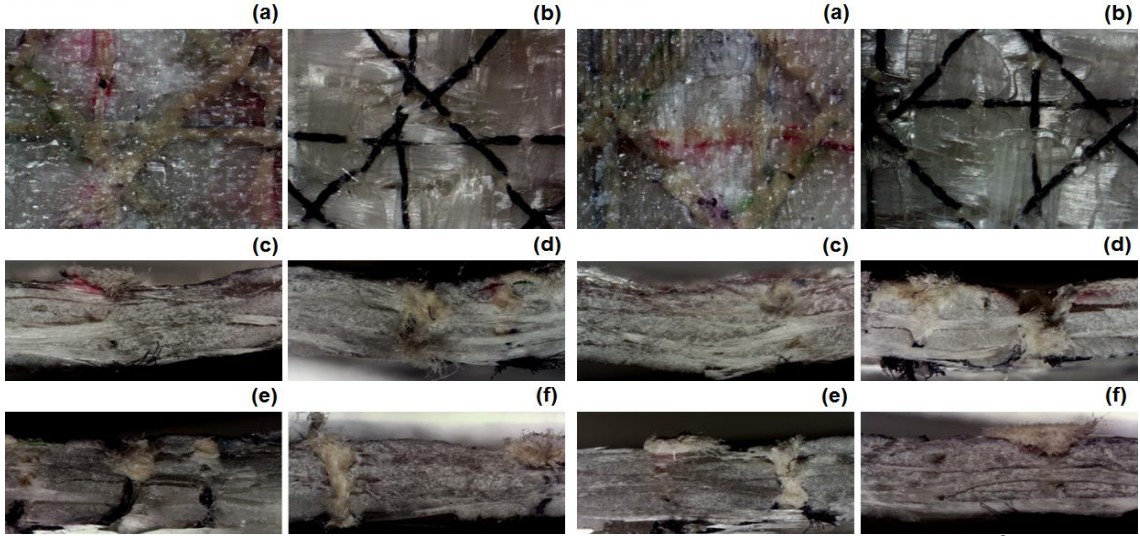
- **Atkı yönü**

Alt yüzeyde; intra-yarn açılması gerçekleşmiştir. Üst ve alt yüzeyde; lokal matris kırılması gözlenmiştir. Katarası açılma yoktur.

T4-i

Çözgü yönü

Atkı yönü



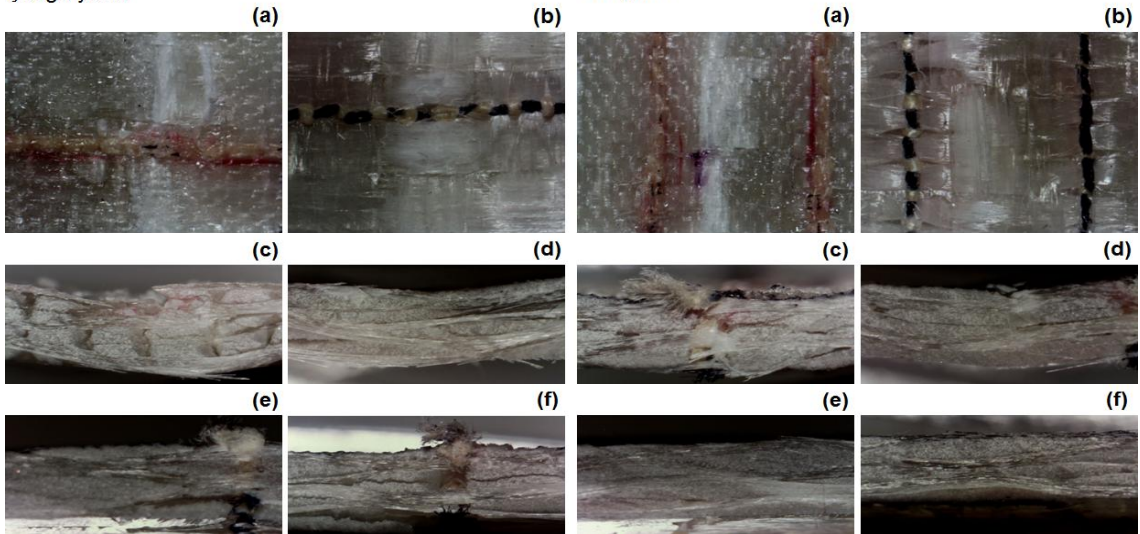
Şekil 4.159. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- gevşek- 2 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-i].

Şekil 4.160'ta, E-cam/Polyester makine dikişli (tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T4-j

Çözgü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.160. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-j].

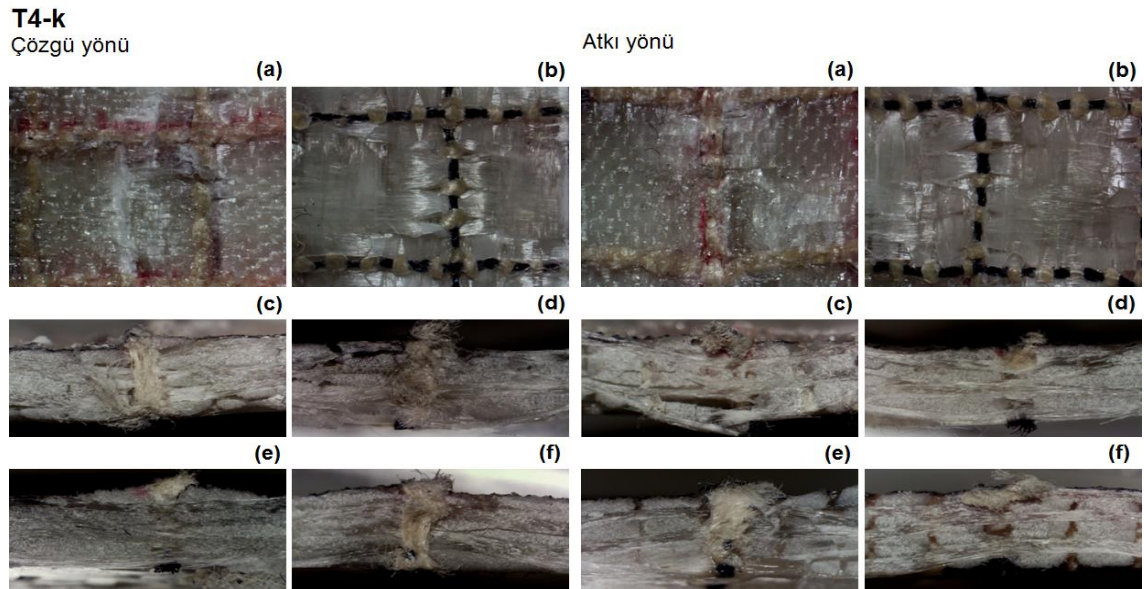
- **Çözgü yönü**

Katarası açılma yoktur. Alt yüzeyde; intra-yarn açılması gerçekleşmiştir.

- **Atkı yönü**

Katarası açılma yoktur. Alt yüzeyde; intra-yarn açılması gerçekleşmiştir.

Şekil 4.161'de, E-cam/Polyester makine dikişli (iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.161. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/iki yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz (×6.7), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit (×12) [T4-k].

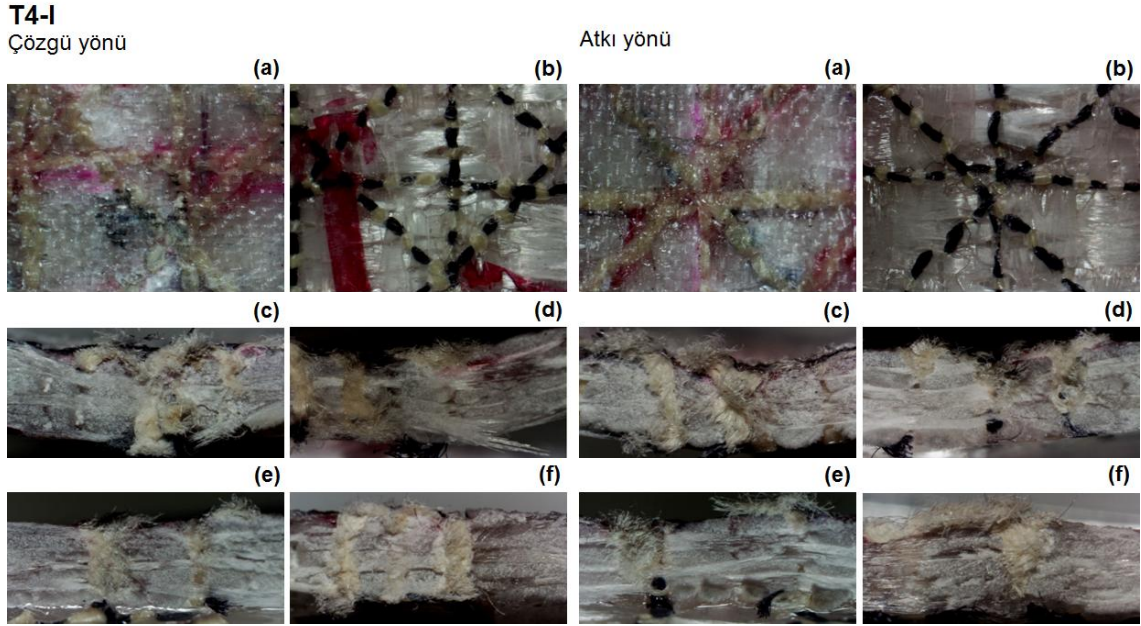
- **Çözgü yönü**

Katarası açılma yoktur. Alt yüzeyde; intra-yarn açılması gerçekleşmiştir. Lokal matris kırılması gözlenmiştir.

- **Atkı yönü**

Katarası açılma yoktur. Alt yüzeyde; intra-yarn açılması gerçekleşmiştir. Lokal matris kırılması gözlenmiştir.

Şekil 4.162'de, E-cam/Polyester makine dikişli (dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.162. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği-sıkı-6 adım/cm) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T4-I].

- Çözgü yönü

Alt yüzeyde; intra-yarn açılması gerçekleşmiştir. Katarası açılma yoktur. Lokal matris kırılması mevcuttur. Lokal çökme, dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu yapılara kıyasla, bir miktar yüksek gözlenmiştir.

- Atkı yönü

Alt yüzeyde; intra-yarn açılması gerçekleşmiştir. Katarası açılma yoktur. Lokal matris kırılması mevcuttur. Lokal çökme, dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu yapılara kıyasla, bir miktar yüksek gözlenmiştir.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.163'te, E-cam/Polyester el dikişli (tek yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

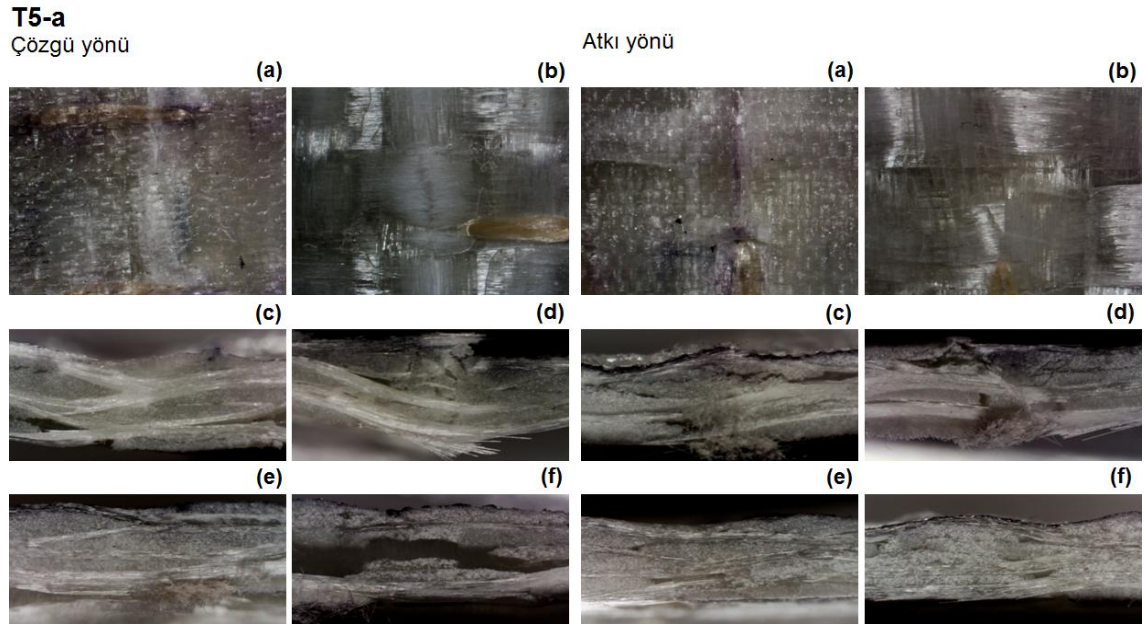
- Çözgü yönü

Çözgü ve atkı ipliği boyunca, katarası açılma gerçekleşmiş ve ilerleyerek, dikişsiz numunedeki gibi büyük değerde bulunmuştur. Yükün uygulandığı yerde, kayma esaslı

kırılma meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinin düzlem dışındaki kısmında, kat arası ayrılma gözlenmemiş ancak, dikiş ipliğinin yüzeydeki kısmında katarası açılma gözlenmiştir. Düzlem dışında, kayma esaslı şekil değişimi ve kat arası açılma gerçekleşmiştir.

- **Atkı yönü**

Çözü ve atkı ipliği boyunca, katarası açılma gerçekleşmiş ve ilerleyerek, dikişsiz numunedeki gibi büyük değerde bulunmuştur. Yükün uygulandığı yerde, kayma esaslı kırılma meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinin düzlem dışındaki kısmında, kat arası ayrılma gözlenmemiş ancak, dikiş ipliğinin yüzeydeki kısmında katarası açılma gözlenmiştir. Düzlem dışında, kayma esaslı şekil değişimi ve kat arası açılma gerçekleşmiştir.



Şekil 4.163. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-a].

Şekil 4.164'te, E-cam/Polyester el dikişli (iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

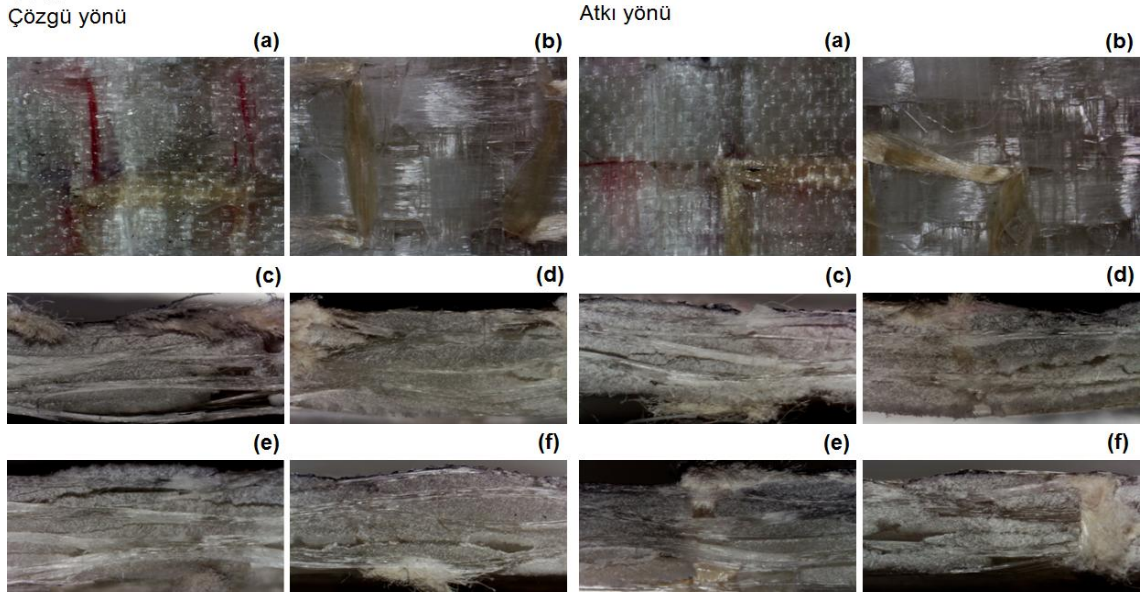
- **Çözgü yönü**

Geniş alanda, lokal katarası açılma gerçekleşmiştir.

- **Atkı yönü**

Geniş alanda, lokal katarası açılma gerçekleşmiştir.

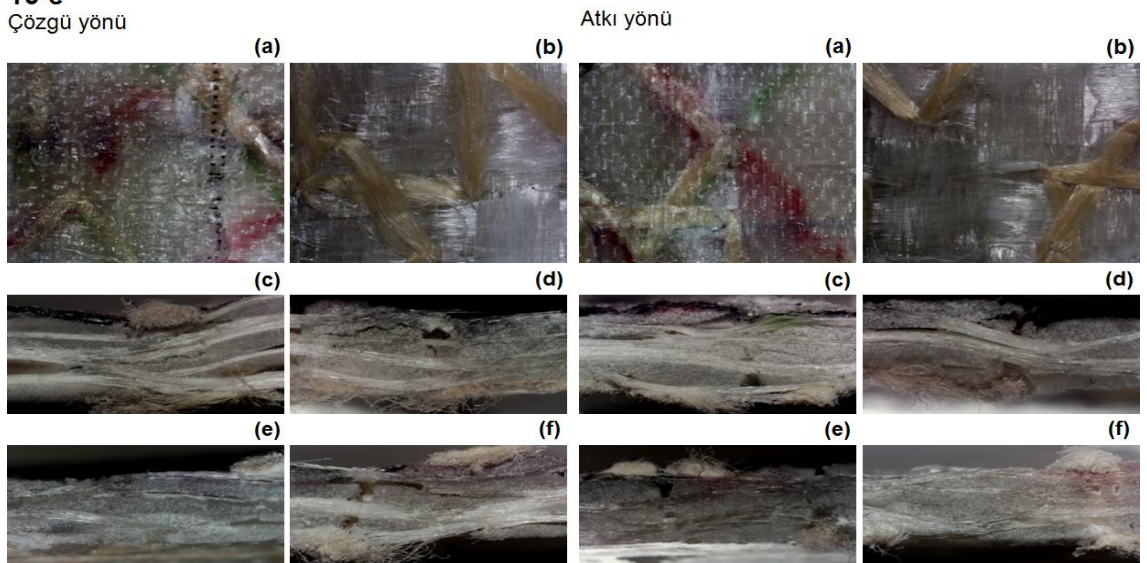
T5-b
Çözgü yönü



Şekil 4.164. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-b].

Şekil 4.165'te, E-cam/Polyester el dikişli (dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T5-c
Çözgü yönü



Şekil 4.165. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar[®] 129 dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-c].

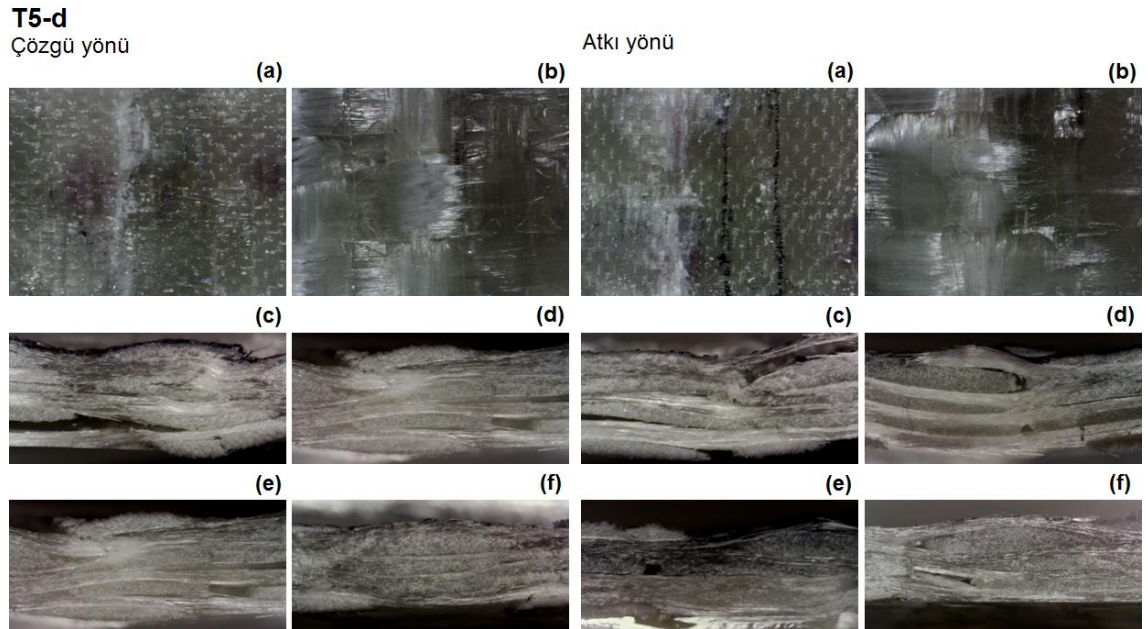
- **Çözü yönü**

Dar alanda, lokal katarası açılma mevcuttur.

- **Atkı yönü**

Dar alanda, lokal katarası açılma mevcuttur.

Şekil 4.166'da, E-cam/Polyester el dikişli (tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.166. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-d].

- **Çözgü yönü**

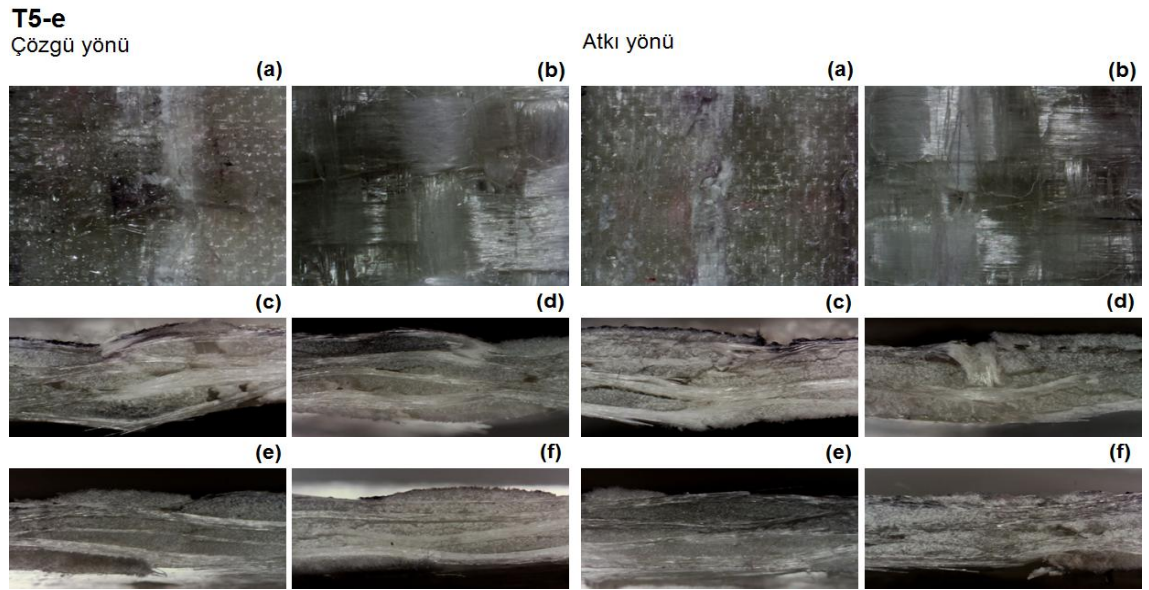
Çözgü ve atkı ipliği boyunca, katarası açılma gerçekleşmiş ve ilerleyerek, dikişsiz numunedeki gibi büyük değerde bulunmuştur. Yükün uygulandığı yerde, kayma esaslı kırılma meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinin düzlem dışındaki kısmında, kat arası ayrılma gözlenmemiş ancak, dikiş ipliğinin yüzeydeki kısmında katarası açılma gözlenmiştir. Düzlem dışında, kayma esaslı şekil değişimi ve kat arası açılma gerçekleşmiştir.

- **Atkı yönü**

Çözgü ve atkı ipliği boyunca, katarası açılma gerçekleşmiş ve ilerleyerek, dikişsiz numunedeki gibi büyük değerde bulunmuştur. Yükün uygulandığı yerde, kayma esaslı

kırılma meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinin düzlem dışındaki kısmında, kat arası ayrılma gözlenmemiş ancak, dikiş ipliğinin yüzeydeki kısmında katarası açılma gözlenmiştir. Düzlem dışında, kayma esaslı şekil değişimi ve kat arası açılma gerçekleşmiştir.

Şekil 4.167’de, E-cam/Polyester el dikişli (iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.167. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-e].

- **Çözgü yönü**

Geniş alanda, lokal katarası açılma gerçekleşmiştir.

- **Atkı yönü**

Geniş alanda, lokal katarası açılma gerçekleşmiştir.

Şekil 4.168’de, E-cam/Polyester el dikişli (dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

- **Çözgü yönü**

Dar alanda, lokal katarası açılma mevcuttur.

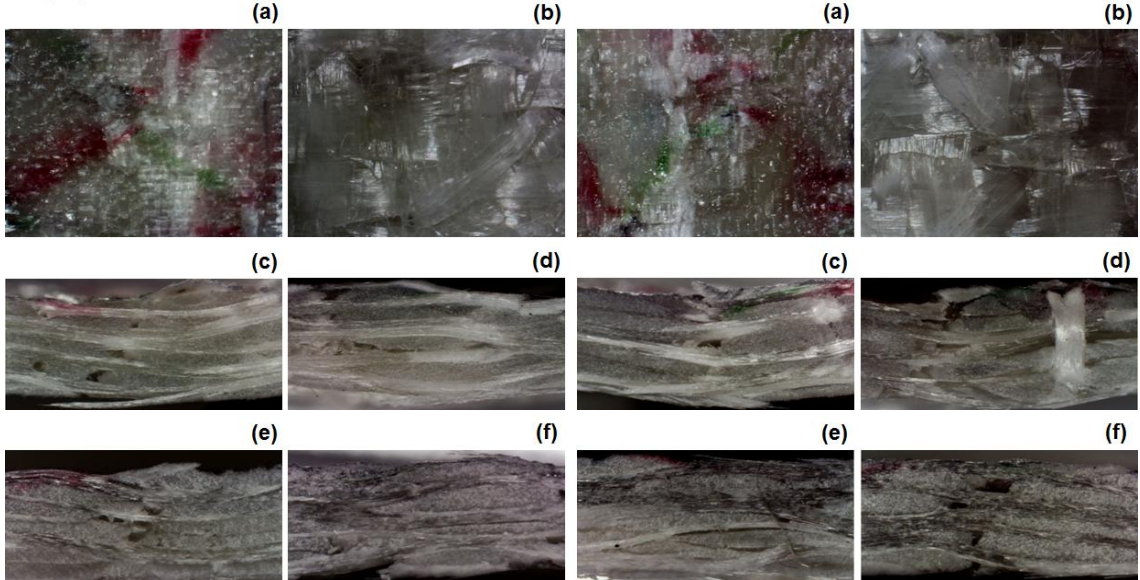
- Atkı yönü

Dar alanda, lokal katarası açılma mevcuttur.

T5-f

Çözgü yönü

Atkı yönü



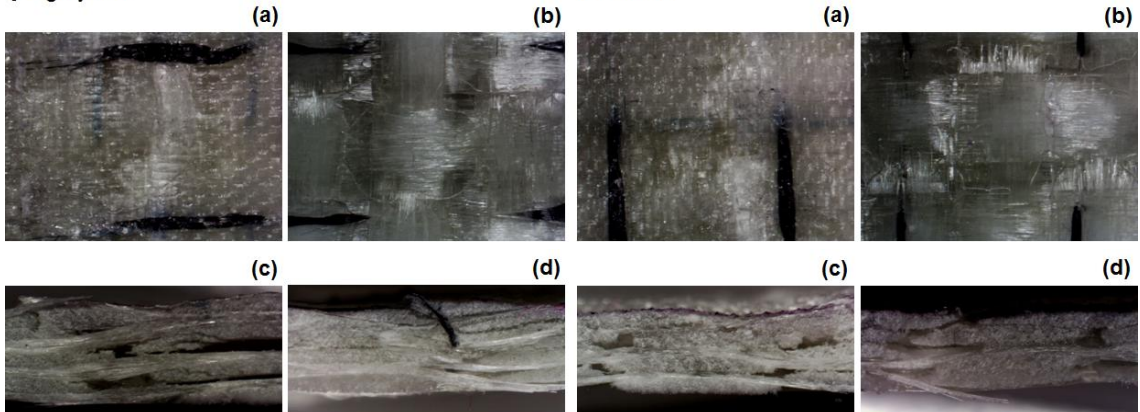
Şekil 4.168. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/E-cam 600 tex dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-f].

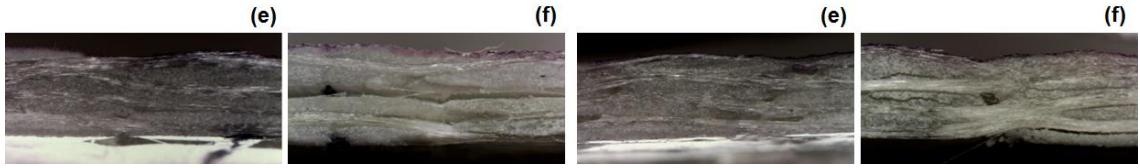
Şekil 4.169’da, E-cam/Polyester el dikişli (tek yön/Karbon dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T5-g

Çözgü yönü

Atkı yönü





Şekil 4.169. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/tek yön/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-g].

- Çözümlü yönü

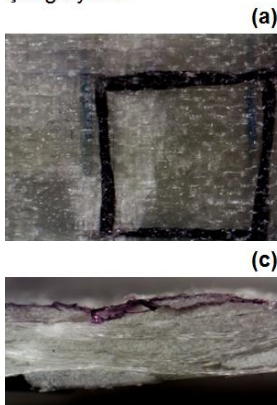
Çözgü ve atkı ipliği boyunca, katarası açılma gerçekleşmiş ve ilerleyerek, dikişsiz numunedeki gibi büyük değerde bulunmuştur. Yükün uygulandığı yerde, kayma esaslı kırılma meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinin düzlem dışındaki kısmında, kat arası ayrılma gözlenmemiş ancak, dikiş ipliğinin yüzeydeki kısmında katarası açılma gözlenmiştir. Düzlem dışında, kayma esaslı şekil değişimi ve kat arası açılma gerçekleşmiştir.

- Atkı yönü

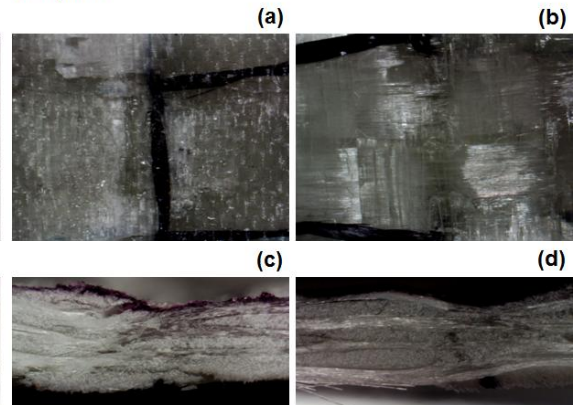
Çözgü ve atkı ipliği boyunca, katarası açılma gerçekleşmiş ve ilerleyerek, dikişsiz numunedeki gibi büyük değerde bulunmuştur. Yükün uygulandığı yerde, kayma esaslı kırılma meydana gelmiştir. Dikiş ipliğinin düzlem dışındaki kısmında, kat arası ayrılma gözlenmemiş ancak, dikiş ipliğinin yüzeydeki kısmında katarası açılma gözlenmiştir. Düzlem dışında, kayma esaslı şekil değişimi ve kat arası açılma gerçekleşmiştir.

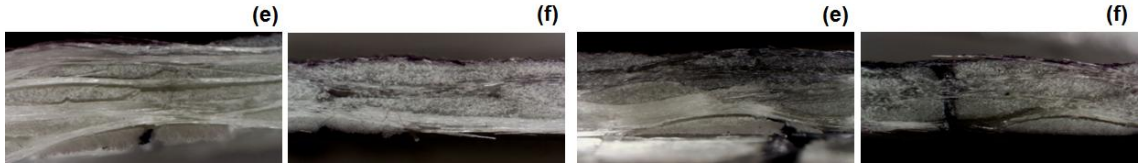
Şekil 4.170’te, E-cam/Polyester el dikişli (iki yön/Karbon dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T5-h Çözgü yönü



Atkı yönü





Şekil 4.170. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/iki yön/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-h].

- **Çözü yönü**

Geniş alanda, lokal katarası açılma gerçekleşmiştir.

- **Atkı yönü**

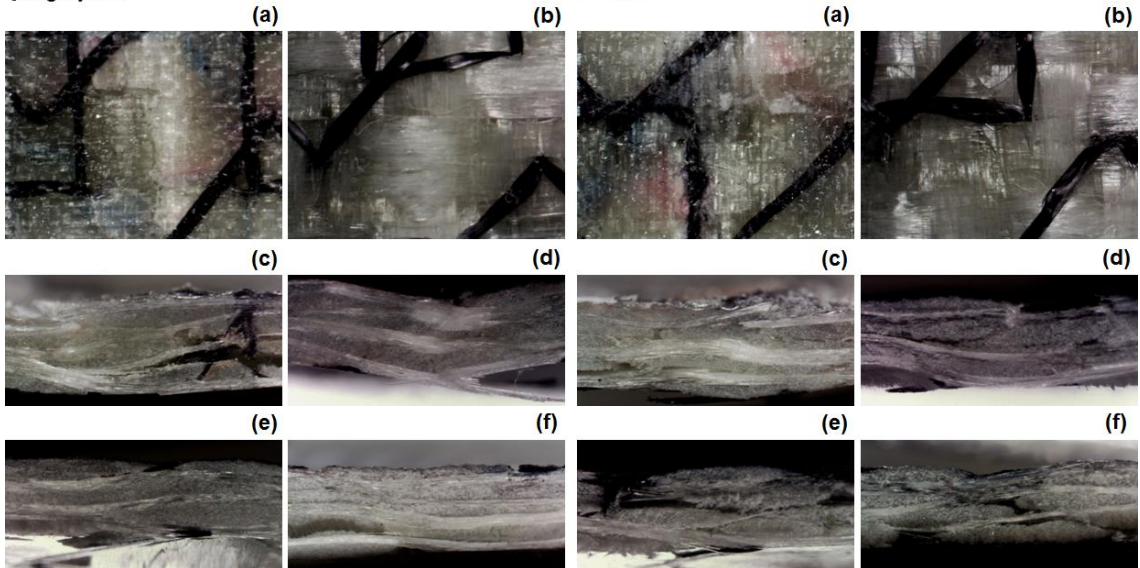
Geniş alanda, lokal katarası açılma gerçekleşmiştir.

Şekil 4.171’de, E-cam/Polyester el dikişli (dört yön/Karbon dikiş ipliği) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

T5-i

Çözgü yönü

Atkı yönü



Şekil 4.171. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Karbon dikiş ipliği) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskopik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T5-i].

- **Çözgü yönü**

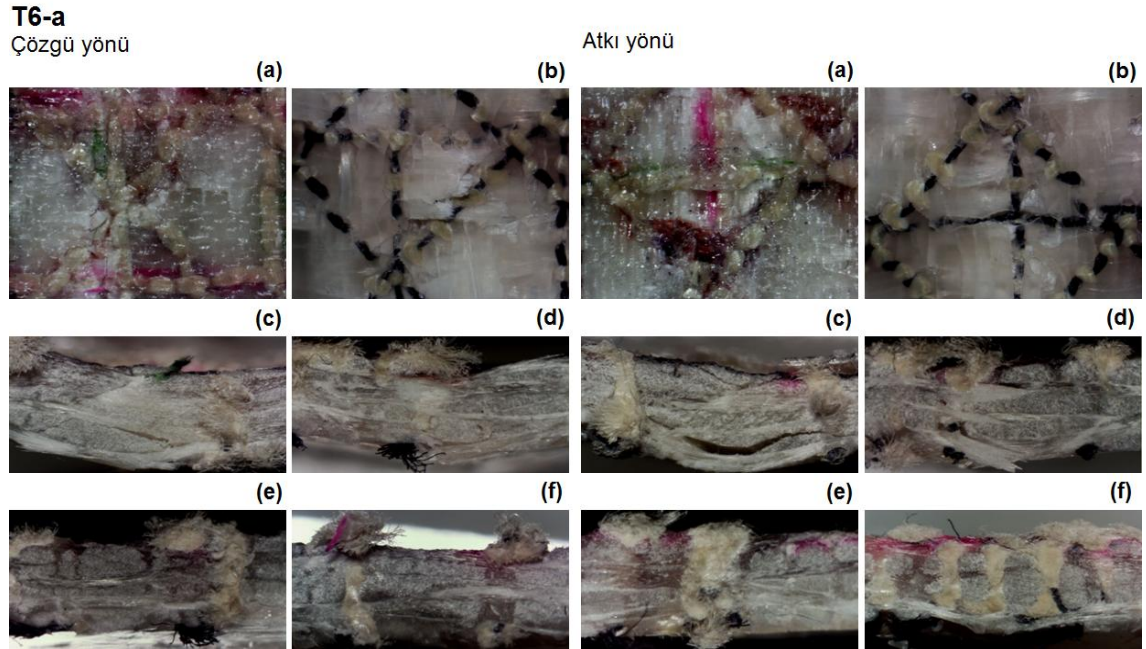
Dar alanda, lokal katarası açılma mevcuttur.

- **Atkı yönü**

Dar alanda, lokal katarası açılma mevcuttur.

4.5.3.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.172’de, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.172. E-cam/Polyester kompozit yapının (makine dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği- sıkı- 6 adım/cm/%5- silika) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T6-a].

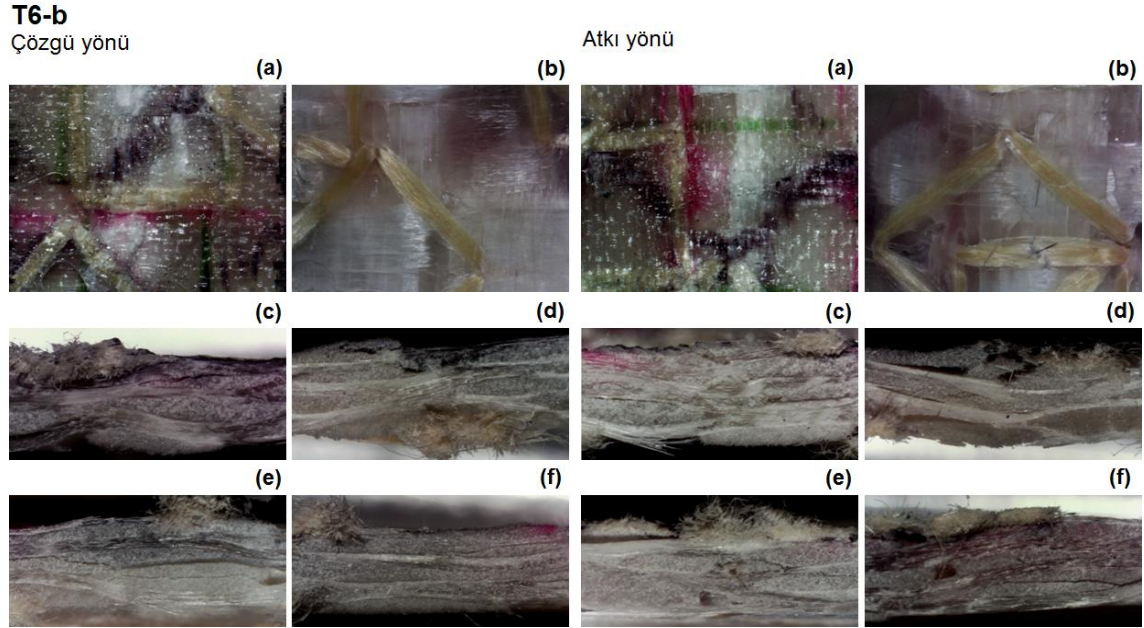
- **Çözgü yönü**

Katarası açılma yoktur. Üst ve alt yüzeyde; lokal matris ve filament kırılması gözlenmiştir.

- **Atkı yönü**

Katarası açılma başlamış, ancak dikiş ipliği nedeniyle kilitlemiştir. İlerlemesini durdurmuştur.

Şekil 4.173'te, E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5- silika) kompozit yapının çözgü ve atkı yönü katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.173. E-cam/Polyester kompozit yapının (el dikişli/dört yön/Kevlar® 129 dikiş ipliği/%5- silika) katlararası ayrılma dayanımı testi sonrası mikroskobik görüntüsü, (a); ön yüz, (b); arka yüz ($\times 6.7$), (c); sol kesit, (d); sağ kesit, (e); üst kesit, (f); alt kesit ($\times 12$) [T6-b].

- **Çözgü yönü**

Dar alanda, lokal katarası açılma mevcuttur.

- **Atkı yönü**

Dar alanda, lokal katarası açılma mevcuttur.

4.6. Düşük Hızda Darbe (Drop) Testi

Kompozit yapıların düşük hızda darbe test sonuçları Tablo 4.17'de verilmiştir. 19.45 J darbe enerjisi için her bir kompozit yapının 'spesifik düşme kuvveti' ve 'spesifik bozulan alan' değerleri hesaplanmıştır.

Spesifik düşme kuvveti; düşme kuvvetinin yoğunluk değerine oranı ile (KN/g/cm^3), spesifik bozulan alan değerleri ise; ön yüz ve arka yüz bozulan alan değerinin yoğunluk değerine oranı ile ($\text{mm}^2/\text{g/cm}^3$) hesaplanmıştır.

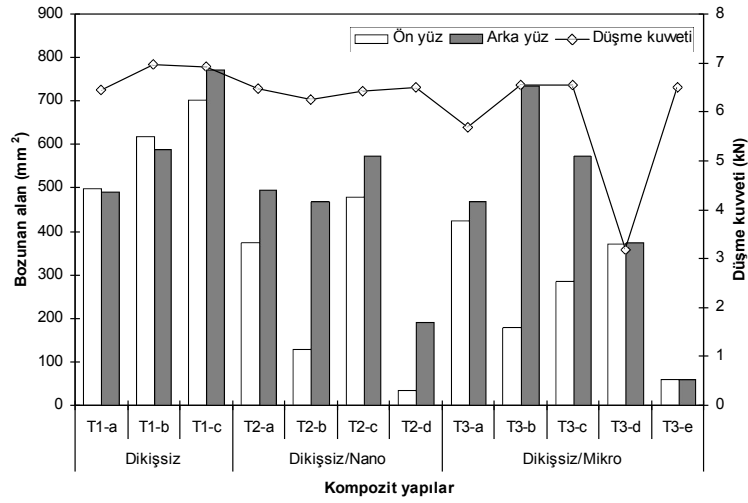
Tablo 4.17. E-cam/Polyester kompozit yapıların 19.45 J darbe enerjisi için drop test sonuçları.

Kod	Düşme kuvveti (kN)	Temas süresi (ms)	Bozunan alan (mm ²)		Spesifik düşme kuvveti (kN/g/cm ³)	Spesifik bozunan alan (mm ² /g/cm ³)	
			Ön yüz	Arka yüz		Ön yüz	Arka yüz
T1-a	6.45	10.16	499.49	490.21	3.23	249.99	245.35
T1-b	6.97	9.67	617.07	587.42	3.57	316.12	300.93
T1-c	6.92	9.47	700.61	770.49	3.45	349.26	384.09
T2-a	6.47	10.26	374.81	494.33	3.32	192.31	253.63
T2-b	6.25	10.20	129.06	467.13	3.46	71.46	258.65
T2-c	6.43	9.97	480.09	572.37	3.44	256.87	306.24
T2-d	6.50	10.35	34.74	190.76	3.40	18.15	99.67
T3-a	5.68	10.49	422.94	466.79	2.94	219.14	241.86
T3-b	6.56	10.11	179.03	733.36	3.51	95.79	392.38
T3-c	6.54	10.08	286.13	571.90	3.26	142.50	284.81
T3-d	3.19	-	370.85	373.63	1.68	195.18	196.65
T3-e	6.51	9.63	59.99	60.73	3.33	30.70	31.08
T4-a	6.57	10.00	502.66	562.45	3.26	249.21	278.85
T4-b	6.59	9.94	299.36	491.53	3.33	151.27	248.37
T4-c	6.28	10.04	429.16	550.29	3.18	217.41	278.77
T4-d	6.57	10.07	368.28	602.03	3.29	184.14	301.02
T4-e	6.44	10.22	421.22	330.40	3.30	216.01	169.44
T4-f	6.27	10.14	397.99	474.91	3.22	204.20	243.67
T4-g	6.34	10.27	446.88	522.38	3.31	233.60	273.07
T4-h	6.57	9.79	258.84	614.59	3.42	134.88	320.27
T4-i	4.53 (hasarlı numune)	12.50	171.68	267.56	2.39	90.69	141.34
T4-j	6.42	9.85	340.09	473.93	3.34	176.95	246.58
T4-k	6.46	9.79	358.36	447.60	3.43	190.01	237.33
T4-l	6.24	10.31	297.95	218.28	3.33	158.99	116.48
T5-a	6.87	9.66	302.86	432.52	3.60	158.57	226.45
T5-b	6.88	9.15	595.62	623.54	3.49	301.73	315.88
T5-c	6.45	9.83	271.92	561.96	3.29	138.66	286.57
T5-d	6.36	10.17	645.22	617.26	3.20	324.23	310.18
T5-e	6.39	10.01	451.19	543.14	3.20	225.93	271.98
T5-f	6.96	8.84	397.99	275.97	3.55	202.85	140.66
T5-g	6.51	9.96	472.63	609.91	3.32	240.89	310.86
T5-h	6.59	9.91	462.28	527.89	3.35	235.02	268.37
T5-i	6.31	10.22	379.42	732.78	3.24	194.77	376.17
T6-a	6.02	10.54	182.54	230.90	3.30	100.13	126.66
T6-b	5.89	10.19	451.76	487.32	3.11	238.52	257.30

4.6.1. Bozunan Alan, Düşme Kuvveti ve Yapı Tipi Arasındaki İlişki

4.6.1.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.174’te, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano dolgulu ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapılar için, bozunan alan, düşme kuvveti ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.174. Bozunan alan, düşme kuvveti ve yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano, dikişsiz/mikro) arasındaki ilişki.

Dikişsiz/nano ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların düşme kuvveti/temas süresi değerlerinin sırasıyla; 6.25-6.50 kN/9.97-10.35 ms ve 3.19-6.56 kN/9.63-10.49 ms aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılarda, nano-karbon dolgulu (T2-d) kompozit yapının düşme kuvveti değeri, nano-silika dolgulu (T2-a, T2-b, T2-c) yapılara göre daha yüksektir. Dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapılarda ise, mikro-kalsiyum silikat dolgulu (T3-b) kompozit yapının düşme kuvveti değeri, diğer dikişsiz/mikro dolgulu (T3-a, T3-c, T3-d, T3-e) yapılara göre daha yüksektir. En yüksek düşme kuvvetini, mikro-kalsiyum silikat dolgulu (T3-b) kompozit yapı göstermiştir. Dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerleri sırasıyla; 34.74-480.09 mm² ve 190.76-572.37 mm² aralığında gerçekleşmiştir.

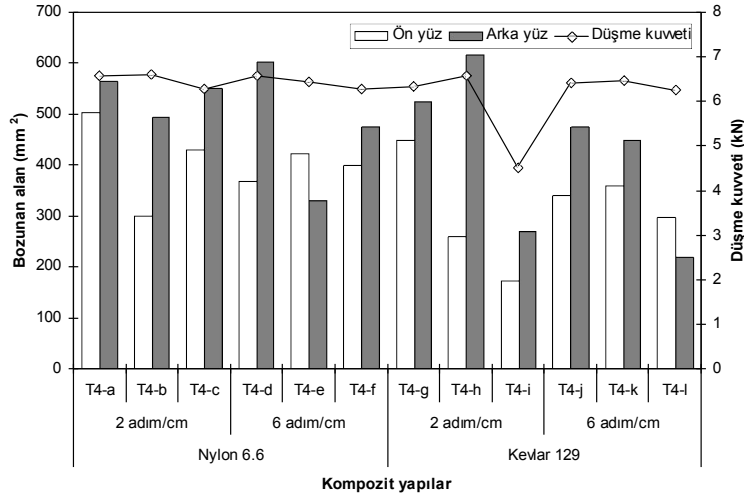
Dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerleri ise sırasıyla, 59.99-422.94 mm² ve 60.73-733.36 mm² aralığında gerçekleşmiştir. Dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılarda, nano-karbon dolgulu (T2-d) kompozit yapının ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerleri, nano-silika dolgulu (T2-a, T2-b, T2-c) yapılara göre daha düşüktür.

Dikişsiz/mikro dolgulu yapılarda ise; mikro-karbon dolgulu (T3-e) kompozit yapının ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerleri, diğer dikişsiz/mikro dolgulu (T3-a, T3-b, T3-c, T3-d) yapılara göre daha düşüktür.

4.6.1.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.175'te, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapılar için, bozunan alan, düşme kuvveti ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.175. Bozunan alan, düşme kuvveti ve yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.

Makine dikişli kompozit yapıların düşme kuvveti/temas süresi değerlerinin; 4.53-6.59 kN/9.79-12.50 ms aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Makine dikişli kompozit yapılarda; iki yön Nylon 6.6 gevşek dikişli (T4-b) kompozit yapının düşme kuvveti değerinin, tek yön (T4-a) ve dört yön (T4-c) Nylon 6.6 gevşek dikişli yapılara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak, tek yön Nylon 6.6 sıkı dikişli (T4-d) kompozit yapının düşme kuvveti değeri, iki yön (T4-e) ve dört yön (T4-f) Nylon 6.6 sıkı dikişli yapılara kıyasla daha yüksektir. Kevlar® 129 gevşek ve sıkı dikişli kompozit yapılarda, iki yön dikişli (T4-h, T4-k) kompozit yapıların düşme kuvveti değerleri, tek yön (T4-g, T4-j) ve dört yön (T4-i, T4-l) dikişli yapılara göre daha yüksektir. Makine dikişli kompozit yapıların ön yüz bozunan alan değerlerinin; 171.68-502.66 mm² aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. İki yön Nylon 6.6 gevşek dikişli (T4-b) kompozit yapının ön yüz bozunan alan değerinin, tek yön (T4-a) ve dört yön (T4-c) Nylon 6.6 gevşek dikişli yapılara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ancak, Nylon 6.6 sıkı dikişli yapılarda; tek yön dikişli (T4-d) kompozit yapının ön yüz bozunan alan değeri, iki yön (T4-e) ve dört yön (T4-f) dikişli yapılara kıyasla daha düşüktür. Makine dikişli

kompozit yapıların arka yüz bozunan alan değerlerinin, 218.28-614.59 mm² aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Nylon 6.6 gevşek ve sıkı dikişli kompozit yapılarda, iki yön dikişli (T4-b, T4-e) yapıların arka yüz bozunan alan değerlerinin, tek yön (T4-a, T4-d) ve dört yön (T4-c, T4-f) dikişli yapılara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ancak, Kevlar® 129 gevşek ve sıkı dikişli yapılarda, dört yön dikişli (T4-i, T4-l) kompozit yapıların arka yüz bozunan alan değerlerinin, tek yön (T4-g, T4-j) ve iki yön (T4-h, T4-k) dikişli yapılara kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür. En düşük arka yüz bozunan alan değerini, dört yön Kevlar® 129 sıkı dikişli (T4-l) yapı göstermiştir.

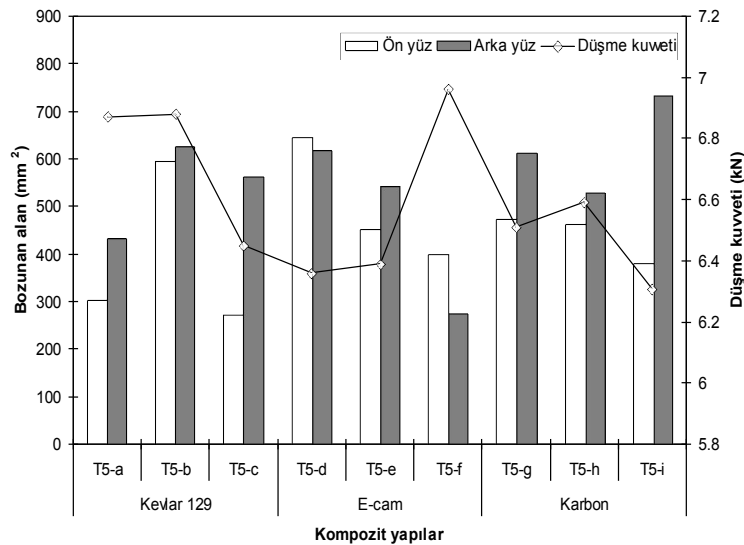
Dikiş ipliği türünün, kompozit yapıların düşme kuvveti-temas süresi değerleri üzerindeki etkilerinin belirgin olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak, dikiş ipliği türünün, ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerlerini etkilediği belirlenmiştir. Dikiş adım sayısının, düşme kuvveti-temas süresi değerlerine önemli bir etkisinin olmamasına karşın, ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerlerini önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır. Genel olarak, dikiş adım sayısı arttıkça, ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerleri düşmüştür. Bu eğilim, tek yön ve dört yön Nylon 6.6 ve Kevlar® 129 sıkı dikişli kompozit yapılarda açıkça görülmüştür. Dikiş yönünün, kompozit yapıların düşme kuvveti-temas süresi değerleri üzerindeki etkilerinin belirgin olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak, dikiş yönü, ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerlerini etkilemektedir. Dikiş yönü arttıkça, ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerleri düşmektedir. Çok yönlü dikiş, darbe enerjisini nispeten daha küçük bir alanda sınırlamakta ve bu nedenle, dört yön dikişli kompozit yapılar, dikişsiz kompozit yapılara kıyasla daha iyi hasar tolerans performansı sergilemektedir.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.176'da, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapılar için, bozunan alan, düşme kuvveti ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.

El dikişli kompozit yapıların düşme kuvveti/temas süresi değerlerinin; 6.31-6.96 kN/8.84-10.22 ms aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. El dikişli kompozit yapılarda; iki yön Kevlar® 129 dikişli (T5-b) kompozit yapının düşme kuvveti değerinin, tek yön (T5-a) ve dört yön (T5-c) Kevlar® 129 dikişli yapılara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak, dört yön E-cam dikişli (T5-f) kompozit yapının

düşme kuvveti, tek yön (T5-d) ve iki yön (T5-e) E-cam dikişli yapılara kıyasla daha yüksektir. İki yön Karbon dikişli (T5-h) kompozit yapının düşme kuvveti, tek yön (T5-g) ve dört yön (T5-i) Karbon dikişli yapılara göre daha yüksektir. El dikişli kompozit yapılarda, en yüksek düşme kuvveti değerini, dört yön E-cam dikişli (T5-f) kompozit yapı göstermiştir. El dikişli kompozit yapıların ön yüz bozunan alan değerlerinin; 271.92-645.22 mm² aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Her üç iplik türünde de (Kevlar[®] 129, E-cam, Karbon), dört yön dikişli kompozit yapıların ön yüz bozunan alan değerleri, tek yön ve iki yön dikişli yapılara göre daha düşüktür. El dikişli kompozit yapılarda, en düşük ön yüz bozunan alan değerini, dört yön Kevlar[®] 129 dikişli (T5-c) yapı göstermiş ve bu yapıyı dört yön Karbon (T5-i) ve dört yön E-cam (T5-f) kompozit yapılar takip etmiştir. El dikişli kompozit yapıların arka yüz bozunan alan değerlerinin, 275.97-732.78 mm² aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Tek yön Kevlar[®] 129 dikişli (T5-a) kompozit yapının arka yüz bozunan alan değerinin, iki yön (T5-b) ve dört yön (T5-c) dikişli yapılara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ancak, E-cam dikişli kompozit yapılarda, dört yön dikişli (T5-f) kompozit yapının arka yüz bozunan alan değerinin, tek yön (T5-d) ve iki yön (T5-e) dikişli yapılara kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür. Karbon dikişli kompozit yapılarda ise, iki yön dikişli (T5-h) yapının arka yüz bozunan alan değerinin, tek yön (T5-g) ve iki yön (T5-i) dikişli yapılara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. En düşük arka yüz bozunan alan değerini, dört yön E-cam dikişli (T5-f) kompozit yapı göstermiştir.

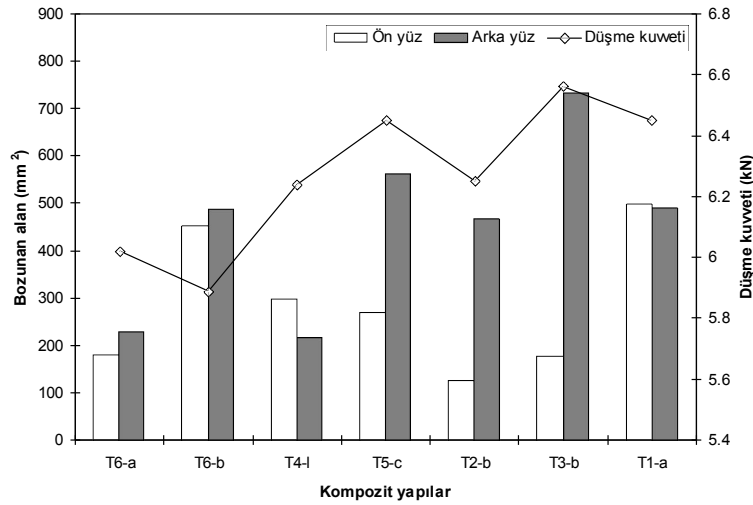


Şekil 4.176. Bozunan alan, düşme kuvveti ve yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.

Dikiş ipliği türünün, kompozit yapıların düşme kuvveti-temas süresi değerleri üzerindeki etkilerinin belirgin olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak, dikiş ipliği türünün, ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerlerini etkilediği belirlenmiştir. Dikiş yönünün, kompozit yapıların düşme kuvveti-temas süresi değerleri üzerindeki etkilerinin belirgin olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak, dikiş yönü, ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerlerini etkilemektedir. Dikiş yönü arttıkça, ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerleri düşmektedir. Çok yönlü dikiş, darbe enerjisini nispeten daha küçük bir alanda sınırlamakta ve bu nedenle, dört yön dikişli kompozit yapılar, dikişsiz kompozit yapılara kıyasla daha iyi hasar tolerans performansı sergilemektedir.

4.6.1.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.177’de, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, bozunan alan, düşme kuvveti ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.177. Bozunan alan, düşme kuvveti ve yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

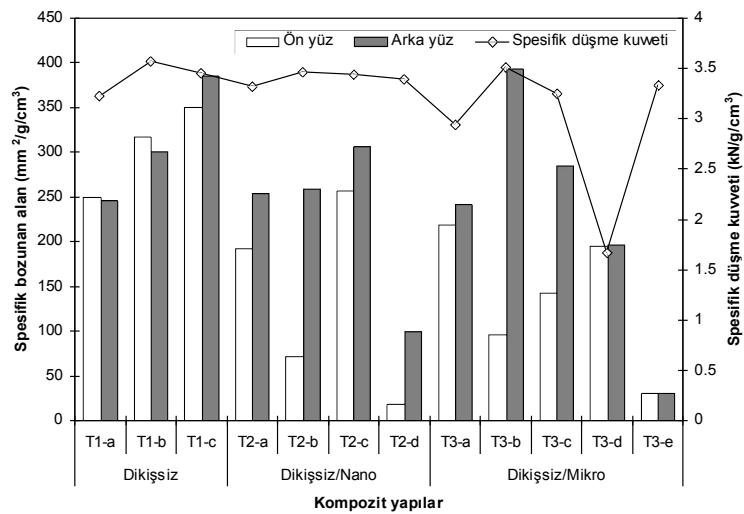
Dikişli/nano dolgulu kompozit yapılarda düşme kuvveti/temas süresi değerlerinin; 5.89-6.02 kN/10.19-10.54 ms aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dikişli/nano dolgulu kompozit yapılarda, makine dikişli/nano dolgulu (T6-a) kompozit yapının düşme kuvveti, el dikişli/nano dolgulu (T6-b) yapıya kıyasla daha yüksektir. En yüksek düşme kuvvetini, dikişsiz/mikro-kalsiyum silikat dolgulu (T3-b) kompozit yapı göstermiş ve bu yapıyı, dikişsiz/nano-karbon dolgulu (T2-d), dikişsiz (T1-a), el dikişli (T5-c), makine

dikişli (T4-l) ve makine dikişli/nano dolgulu (T6-a) kompozit yapılar takip etmiştir. Dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerleri sırasıyla; 182.54-451.76 mm² ve 230.90-487.32 mm² aralığında gerçekleşmiştir. Dikişli/nano dolgulu kompozit yapılarda; makine dikişli/nano dolgulu (T6-a) kompozit yapının ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerlerinin, el dikişli/nano dolgulu (T6-b) yapıya kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. En düşük ön yüz bozunan alan değerini, dikişsiz/nano-karbon dolgulu (T2-d) kompozit yapı göstermiş ve bu yapıyı; dikişsiz/mikro-kalsiyum silikat dolgulu (T3-b), makine dikişli/nano dolgulu (T6-a), el dikişli (T5-c), makine dikişli (T4-l) ve dikişsiz (T1-a) kompozit yapılar takip etmiştir. En düşük arka yüz bozunan alan değerini, dikişsiz/mikro-kalsiyum silikat dolgulu (T3-b) kompozit yapı göstermiş ve bu yapıyı, dikişsiz/nano-karbon dolgulu (T2-d), makine dikişli (T4-l), makine dikişli/nano dolgulu (T6-a), dikişsiz (T1-a) ve el dikişli (T5-c) kompozit yapılar takip etmiştir.

4.6.2. Spesifik Bozunan Alan, Spesifik Düşme Kuvveti ve Yapı Tipi Arasındaki İlişki

4.6.2.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.178’de, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano dolgulu ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapılar için, spesifik bozunan alan, spesifik düşme kuvveti ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.178. Spesifik bozunan alan, spesifik düşme kuvveti ve yapı tipi (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano, dikişsiz/mikro) arasındaki ilişki.

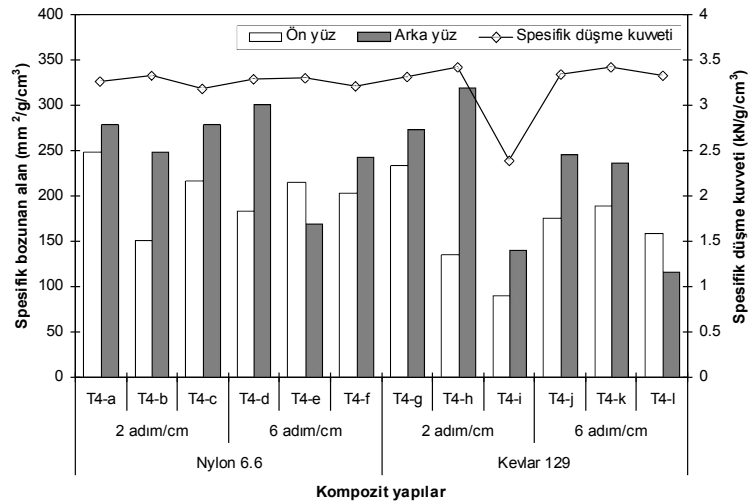
Dikişsiz/nano ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların spesifik düşme kuvveti değerleri sırasıyla; 3.32-3.46 kNg/cm³ ve 1.68-3.51 kN/g/cm³ aralığında gerçekleşmiştir. Dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılarda, %5 nano-silika dolgulu (T2-b) kompozit yapının spesifik düşme kuvveti değerinin, diğer dikişsiz/nano dolgulu (T2-a, T2-c, T2-d) yapılara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapılarda ise, mikro-kalsiyum silikat dolgulu (T3-b) kompozit yapının spesifik düşme kuvveti değeri, diğer dikişsiz/mikro dolgulu (T3-a, T3-c, T3-d, T3-e) yapılara göre daha yüksektir. Dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların ön yüz ve arka yüz spesifik bozunan alan değerleri sırasıyla; 18.15-256.84 mm²/g/cm³ ve 99.67-306.24 mm²/g/cm³ aralığında gerçekleşmiştir. Dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların ön yüz ve arka yüz spesifik bozunan alan değerleri sırasıyla; 30.70-219.14 mm²/g/cm³ ve 31.08-392.38 mm²/g/cm³ aralığında gerçekleşmiştir. Dikişsiz/nano-karbon dolgulu (T2-d) kompozit yapının ön yüz ve arka yüz spesifik bozunan alan değerleri; dikişsiz/nano-silika dolgulu (T2-a, T2-b, T2-c) yapılara göre daha düşüktür. Dikişsiz/mikro-karbon dolgulu (T3-e) kompozit yapının ön yüz ve arka yüz spesifik bozunan alan değerleri, diğer dikişsiz/mikro dolgulu (T3-a, T3-b, T3-c, T3-d) kompozit yapılardan daha düşüktür.

4.6.2.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.179'da, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapılar için, spesifik bozunan alan, spesifik düşme kuvveti ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Makine dikişli kompozit yapıların spesifik düşme kuvveti değerlerinin; 2.39-3.43 kN/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Makine dikişli kompozit yapılarda, iki yön Nylon 6.6 ve Kevlar® 129 gevşek ve sıkı dikişli (T4-b, T4-e, T4-h, T4-k) kompozit yapıların spesifik düşme kuvveti değerlerinin, tek yön (T4-a, T4-d, T4-g, T4-j) ve dört yön (T4-c, T4-f, T4-i, T4-l) dikişli yapılara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek spesifik düşme kuvvetini, iki yön Kevlar® 129 sıkı dikişli (T4-k) kompozit yapı göstermiştir. Makine dikişli kompozit yapıların ön yüz spesifik bozunan alan değerlerinin; 90.69-249.21 mm²/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. İki yön Nylon 6.6 gevşek dikişli (T4-b) kompozit yapının ön yüz spesifik bozunan alan değerinin, tek yön (T4-a) ve dört yön (T4-c) dikişli yapılara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Nylon 6.6 sıkı

dikişli kompozit yapılarda ise; dört yön dikişli (T4-f) kompozit yapının ön yüz spesifik bozulan alan değeri, tek yön (T4-d) ve iki yön (T4-e) yapılara göre daha düşüktür. Kevlar® 129 gevşek ve sıkı dikişli kompozit yapılarda, dört yön dikişli (T4-i, T4-l) kompozit yapıların ön yüz spesifik bozulan alan değerlerinin, tek yön (T4-g, T4-j) ve iki yön (T4-h, T4-k) dikişli yapılara kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Makine dikişli kompozit yapıların arka yüz spesifik bozulan alan değerlerinin; 116.48-320.27 mm²/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Nylon 6.6 gevşek ve sıkı dikişli kompozit yapılarda, iki yön dikişli (T4-b, T4-e) kompozit yapıların arka yüz bozulan alan değerlerinin, tek yön (T4-a, T4-d) ve dört yön (T4-c, T4-f) dikişli yapılara kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kevlar® 129 gevşek ve sıkı dikişli kompozit yapılarda ise; dört yön dikişli (T4-i, T4-l) kompozit yapıların arka yüz spesifik bozulan alan değerleri, tek yön (T4-g, T4-j) ve iki yön (T4-h, T4-k) dikişli yapılara kıyasla daha düşüktür. En düşük arka yüz spesifik bozulan alan değerini, dört yön Kevlar® 129 sıkı dikişli (T4-l) kompozit yapı göstermiştir.

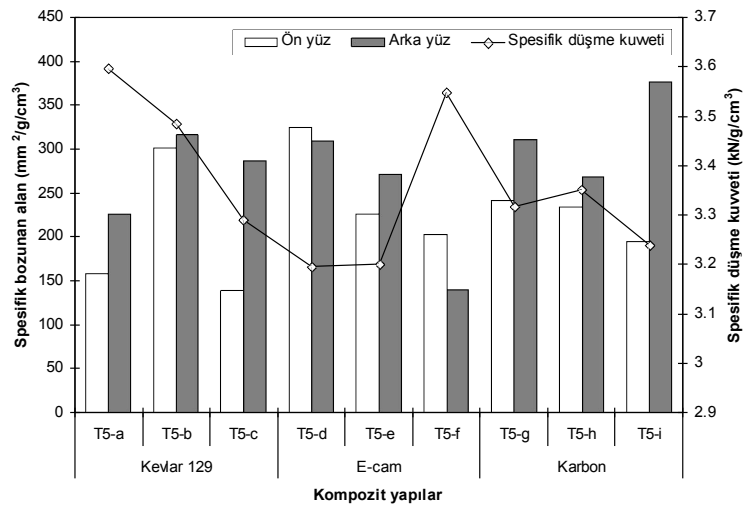


Şekil 4.179. Spesifik bozulan alan, spesifik düşme kuvveti ve yapı tipi (makine dikişli) arasındaki ilişki.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.180'de, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapılar için, spesifik bozulan alan, spesifik düşme kuvveti ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. El dikişli kompozit yapıların spesifik düşme kuvveti değerlerinin; 3.20-3.60 kN/g/cm³ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Tek yön Kevlar® 129 dikişli (T5-a) kompozit yapının

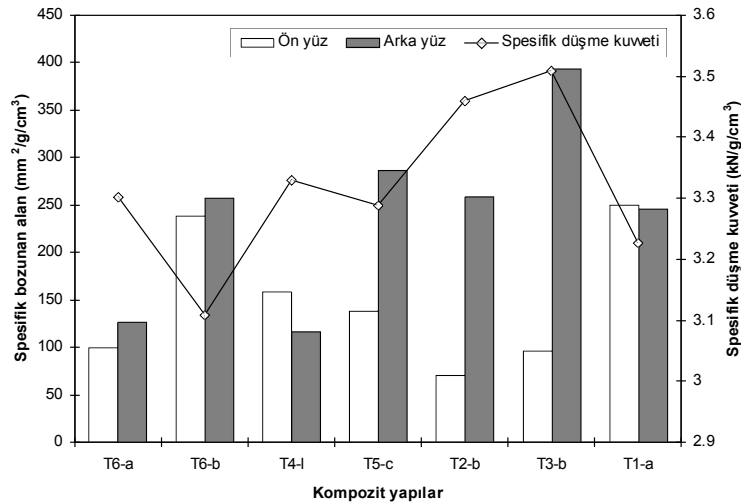
spesifik düşme kuvveti değerinin, iki yön (T5-b) ve dört yön (T5-c) dikişli yapılardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak, dört yön E-cam dikişli (T5-f) kompozit yapının spesifik düşme kuvveti, tek yön (T5-d) ve iki yön (T5-e) dikişli yapılara kıyasla daha yüksektir. Karbon dikişli kompozit yapılarda ise; iki yön dikişli (T5-h) kompozit yapının spesifik düşme kuvveti değeri, tek yön (T5-g) ve dört yön (T5-i) dikişli yapılara göre daha yüksektir. El dikişli kompozit yapıların ön yüz spesifik bozulan alan değerlerinin; $138.66-324.23 \text{ mm}^2/\text{g}/\text{cm}^3$ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dört yön Kevlar® 129, E-cam ve Karbon dikişli (T5-c, T5-f, T5-i) kompozit yapıların ön yüz spesifik bozulan alan değerlerinin, tek yön (T5-a, T5-d, T5-g) ve iki yön (T5-b, T5-e, T5-h) dikişli yapılara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. En düşük ön yüz spesifik bozulan alan değerini, dört yön Kevlar® 129 dikişli (T5-c) kompozit yapı göstermiştir. El dikişli kompozit yapıların arka yüz spesifik bozulan alan değerlerinin; $140.66-376.17 \text{ mm}^2/\text{g}/\text{cm}^3$ aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Tek yön Kevlar® 129 dikişli (T5-a) kompozit yapının arka yüz spesifik bozulan alan değeri, iki yön (T5-b) ve dört yön (T5-c) dikişli yapılara göre daha düşüktür. Ancak, E-cam dikişli kompozit yapılarda, dört yön dikişli (T5-f) yapının arka yüz spesifik bozulan alan değerinin, tek yön (T5-d) ve iki yön (T5-e) yapılardan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Karbon dikişli kompozit yapılarda, en düşük arka yüz spesifik bozulan alan değerini iki yön dikişli (T5-h) yapı göstermiş ve bu yapıyı, tek yön (T5-g) ve dört yön (T5-i) dikişli yapılar takip etmiştir. El dikişli kompozit yapılarda, en düşük arka yüz spesifik bozulan alan değerini dört yön E-cam dikişli (T5-f) kompozit yapı göstermiştir.



Şekil 4.180. Spesifik bozulan alan, spesifik düşme kuvveti ve yapı tipi (el dikişli) arasındaki ilişki.

4.6.2.3. Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.181’de, E-cam/Polyester dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar için, spesifik bozulan alan, spesifik düşme kuvveti ve yapı tipi arasındaki ilişki verilmiştir. Dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların spesifik düşme kuvveti değerleri; 3.11-3.30 kN/g/cm³ aralığında gerçekleşmiştir. Makine dikişli/nano dolgulu (T6-a) kompozit yapının spesifik düşme kuvveti, el dikişli/nano dolgulu (T6-b) yapıya kıyasla daha yüksektir. En yüksek spesifik düşme kuvveti değerini, dikişsiz/mikro-kalsiyum silikat (T3-b) kompozit yapı göstermiş ve bu yapıyı, dikişsiz/nano-silika dolgulu (T2-b), makine dikişli (T4-l), makine dikişli/nano dolgulu (T6-a), el dikişli (T5-c) ve dikişsiz (T1-a) kompozit yapılar takip etmiştir. Dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların ön yüz ve arka yüz spesifik bozulan alan değerleri sırasıyla; 100.13-238.52 mm²/g/cm³ ve 126.66-257.30 mm²/g/cm³ aralığında gerçekleşmiştir. Makine dikişli/nano dolgulu (T6-a) kompozit yapının ön yüz ve arka yüz spesifik bozulan alan değerleri, el dikişli/nano dolgulu (T6-b) kompozit yapıya göre daha düşüktür. En düşük ön yüz spesifik bozulan alan değerini, dikişsiz/nano-karbon dolgulu (T2-d) kompozit yapı göstermiş ve bu yapıyı, dikişsiz/mikro karbon dolgulu (T3-e), makine dikişli/nano dolgulu (T6-a), el dikişli (T5-c), makine dikişli (T4-l) ve dikişsiz (T1-a) kompozit yapılar takip etmiştir. En düşük arka yüz spesifik bozulan alan değerini ise, dikişsiz/mikro-karbon dolgulu (T3-e) kompozit yapı göstermiş ve bu yapıyı, dikişsiz/nano-karbon dolgulu (T2-d), makine dikişli (T4-l), makine dikişli/nano dolgulu (T6-a), dikişsiz (T1-a) ve el dikişli (T5-c) kompozit yapılar takip etmiştir.

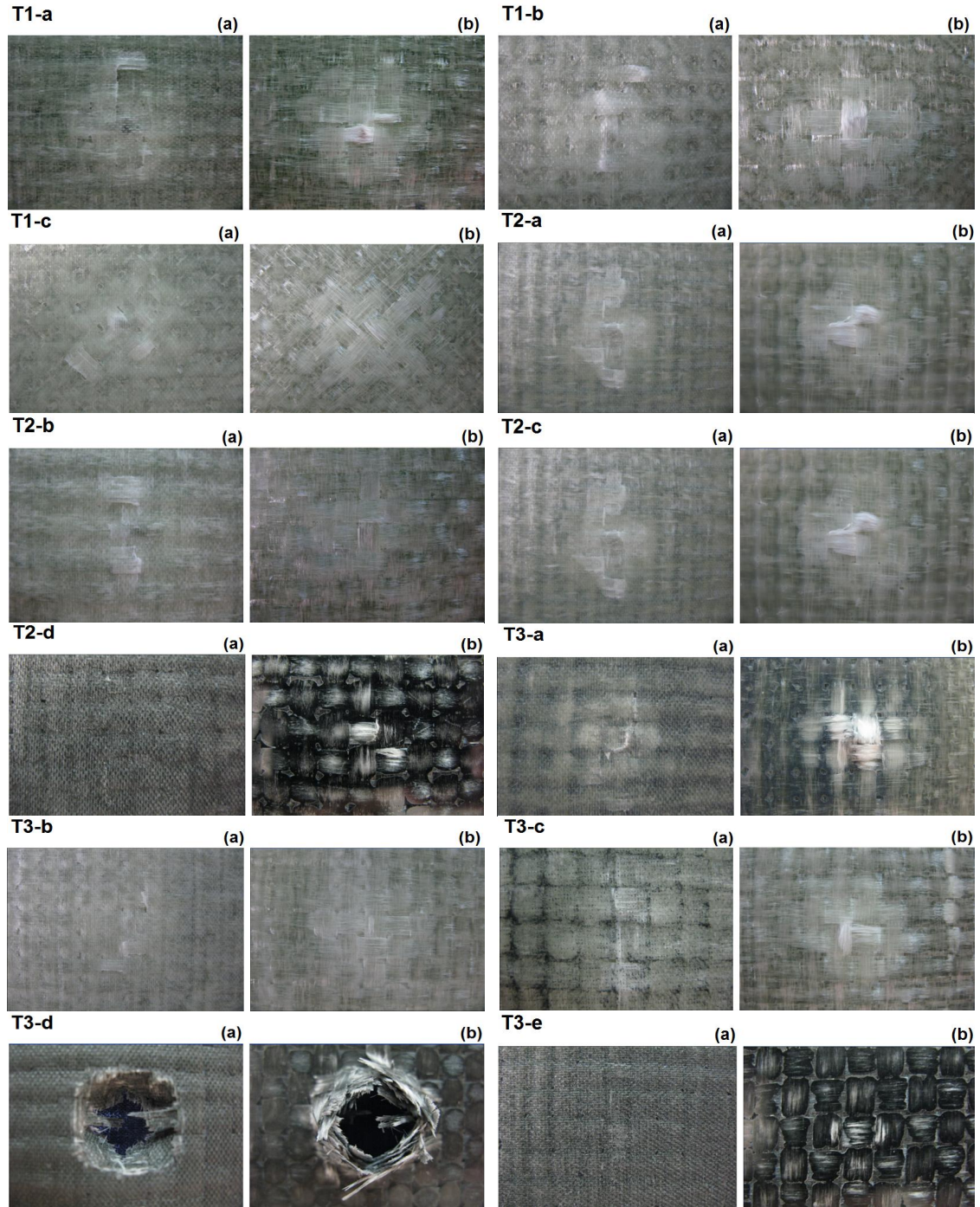


Şekil 4.181. Spesifik bozulan alan, spesifik düşme kuvveti ve yapı tipi (dikişli, dikişli/nano) arasındaki ilişki.

4.6.3. Kompozit Yapıların Darbe Sonrası Yüzey Görüntüleri

4.6.3.1. Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.182’de, E-cam/Polyester dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/dolgulu kompozit yapıların darbe testi sonrası yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.182. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/dolgulu) darbe testi sonrası yüzey görüntüleri, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz.

Düşük hızdaki darbe, dikişsiz (T1-a) ve dikişsiz/oryantasyonlu (T1-b, T1-c) kompozit yapıların ön yüzünde, bozunan alanın merkezinde hasara sebebiyet vermiştir. Arka yüzünde, bozunan alanın merkezinde ise, çözgü-atkı yönü minor lif ayrılmaları ve çekme esaslı lif kırılmaları gözlenmiştir. Ön ve arka yüzde, bozunan alanın yakın çevresinde ise; radyal olarak uzanan lif-matris ayrılmaları ve minor matris kırılmaları gözlenmiştir.

Dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılarda, darbenin etkisiyle yapının ön yüzünde, bozunan alanın merkezinde meydana gelen hasar, nano-karbon dolgulu (T2-d) kompozit yapıda, nano-silika dolgulu (T2-a, T2-b, T2-c) yapılara kıyasla daha küçüktür. Kompozit yapıların arka yüzünde, bozunan alanın merkezinde, nano-silika dolgulu yapılarda; çözgü-atkı yönü minor lif ayrılmaları gerçekleşirken, nano-karbon dolgulu kompozit yapıda, herhangi bir lif ayrılması gözlenmemiştir. Dikişsiz/nano silika dolgulu kompozit yapıların ön yüz ve arka yüzünde, bozunan alanın yakın çevresinde; radyal olarak uzanan lif-matris ayrılmaları ve minor matris kırılmaları gerçekleşmiştir.

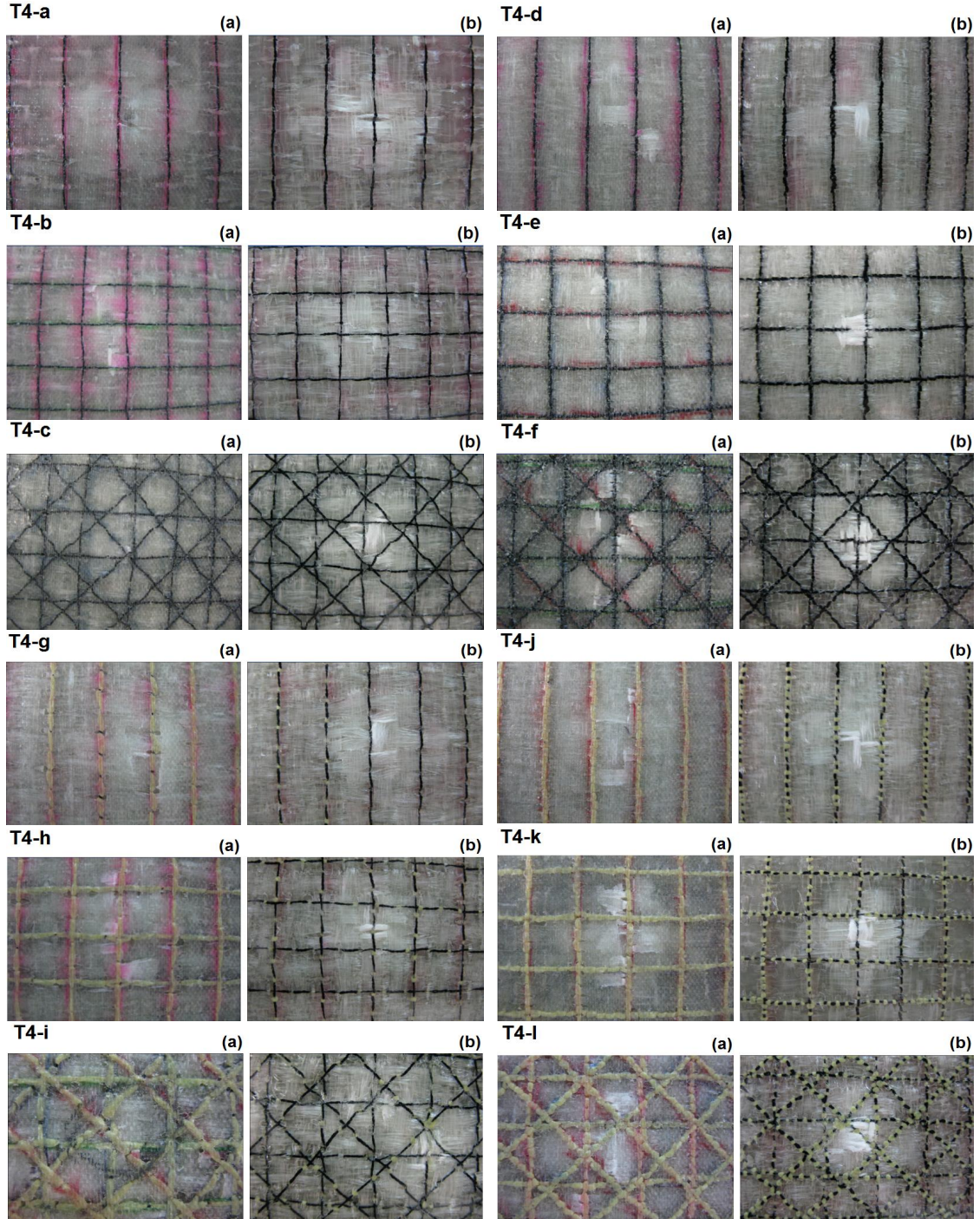
Dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapılarda, darbenin etkisiyle, yapının ön yüzünde, bozunan alanın merkezinde meydana gelen hasar, mikro-karbon dolgulu (T3-e) kompozit yapıda, diğer mikro dolgulu (T3-a, T3-b, T3-c) kompozit yapılara göre daha küçüktür. Ayrıca, arka yüzde, bozunan alanın merkezinde, mikro-karbon (T3-e) dolgulu kompozit yapıda herhangi bir lif ayrılması oluşmazken, diğer mikro dolgulu (T3-a, T3-b, T3-c) kompozit yapılarda, çözgü-atkı yönü minor lif ayrılmaları gerçekleşmiştir. Mikro-titanyum borür dolgulu (T3-d) kompozit yapıda, darbenin etkisiyle, ön yüz ve arka yüzde katastrofik lif ve matris kırılmaları meydana gelmiştir.

4.6.3.2. Dikişli Kompozit Yapılar

Makine Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.183'te, E-cam/Polyester makine dikişli kompozit yapıların darbe testi sonrası yüzey görüntüleri verilmiştir. Düşük hızdaki darbe, Nylon 6.6 ve Kevlar® 129 gevşek ve sıkı dikişli kompozit yapıların ön yüzünde, bozunan alanın merkezinde hasara sebep olmuştur. Arka yüzünde bozunan alanın merkezinde ise; Nylon 6.6 ve Kevlar® 129 gevşek dikişli (T4-a, T4-b, T4-c, T4-g, T4-h, T4-i) kompozit yapılarda, çözgü-atkı yönü minor lif ayrılmaları gözlenirken, Nylon 6.6 ve Kevlar® 129 sıkı dikişli (T4-d, T4-e, T4-

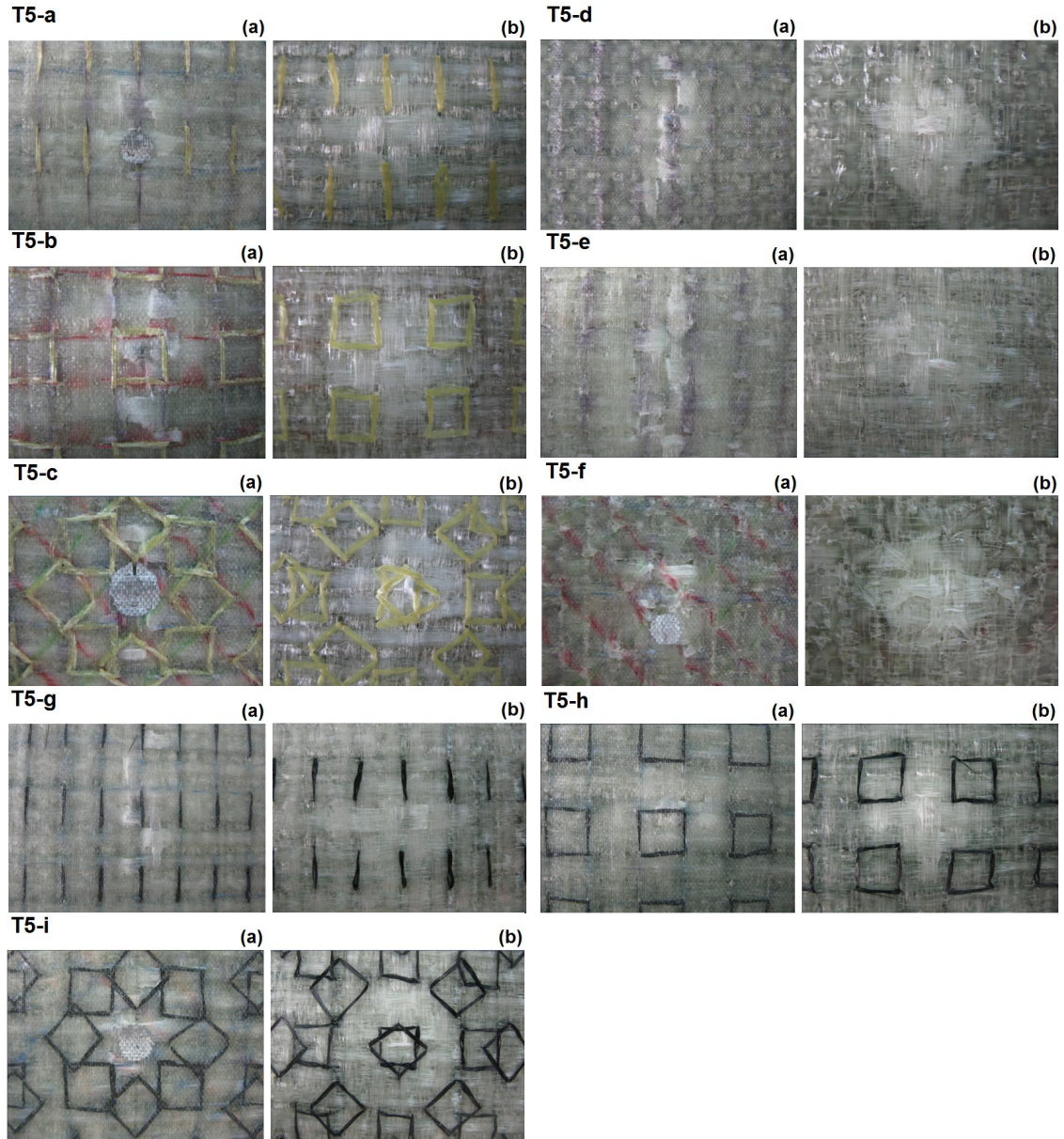
f, T4-j, T4-k, T4-l) ise; dar bir alanda çoklu lif kırılmaları gerçekleşmiştir. Ön ve arka yüz bozunan alanın yakın çevresinde, radyal olarak uzanan lif-matris ayrılımları ve minor matris kırılmaları gözlenmiştir. Dikiş, darbe etkisiyle oluşan hasarı dar bir bölgede sınırlamıştır. Özellikle sıkı dikiş, lif kırılmalarının ilerlemesini, bozunma bölgesinde sınırlamıştır.



Şekil 4.183. E-cam/Polyester kompozit yapıların (makine dikişli) darbe testi sonrası yüzey görüntüleri, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 4.184'te, E-cam/Polyester el dikişli kompozit yapıların darbe testi sonrası yüzey görüntüleri verilmiştir.



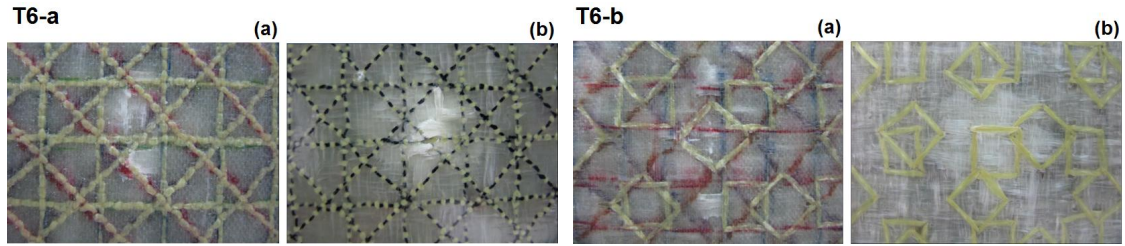
Şekil 4.184. E-cam/Polyester kompozit yapıların (el dikişli) darbe testi sonrası yüzey görüntüleri, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz.

Düşük hızdaki darbe, el dikişli (T5-a...T5-i) kompozit yapıların ön yüzünde, bozulan alanın merkezinde hasara sebep olmuş ancak, arka yüzünde bozulan alanın merkezinde, çözümlenmiş yönlü minor lif ayrışmaları gözlemlenmiştir. Ön ve arka yüzde bozulan alanın yakın çevresinde ise; radyal olarak uzanan lif-matris ayrışmaları ve minor matris

kırılmaları gözlenmiştir. Dikiş, darbe etkisiyle oluşan hasarı, dar bir bölgede sınırlamıştır.

4.6.3.3. Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

Şekil 4.185'te, E-cam/Polyester E-cam/Polyester dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların darbe testi sonrası yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.185. E-cam/Polyester kompozit yapıların (dikişli/nano) darbe testi sonrası yüzey görüntüleri, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz.

Dikişli/nano dolgulu (T6-a, T6-b) kompozit yapılarda, düşük hızdaki darbe, yapının ön yüzünde, bozulan alanın merkezinde hasara sebep olurken, arka yüzünde ise, çözümlenmiş yönlü minor lif ayrılmaları gözlenmiştir. Ön yüz ve arka yüzde, bozulan alanın yakın çevresinde ise, radyal olarak uzanan lif-matris ayrılmaları ve minor matris kırılmaları gözlenmiştir. El dikişi ve sıkı (6 adım/cm) makine dikişi, darbenin etkisiyle oluşan hasarı dar bir bölgede sınırlamış ve lif kırılmalarının ilerlemesini, bozunma bölgesinde tutmuştur.

4.7. Genel Sonuçlar ve Öneriler

4.7.1. Kumaştan İplik Çekme (Pull-Out) Testi Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi

- E-cam kumaşlarda, kumaştan iplik çekme kuvveti; iplik lineer yoğunluğu, kumaş sıklığı, test edilen kumaş boyutu ve çekilen iplik uç sayısına bağlıdır. Genel olarak, çoklu iplik çekme kuvvetleri, tekli iplik çekme kuvvetlerinden daha yüksektir. Çoklu iplik çekme kuvvetlerinin, tekli iplik çekme kuvvetleri ile kıyaslandığında lineer olmayan bir davranış sergilediği sonucuna varılmıştır.
- Katı formdaki E-cam/matris kompozit yapıların lif-matris ara-yüz özellikleri, iplik sürtünmeleri ve kumaş yapısından etkilenebilmektedir. Tekli ve çoklu iplik

çekme kuvvetleri, E-cam/matris kompozitlerde, sürtünme esaslı kırılma yükünü sergilemektedir.

- Kumaştan iplik çekme testinde, kumaş hareket miktarı, kumaş boyutlarına ve kumaştan çekilen iplik uç sayısına bağlıdır.
- Kumaştan iplik çekme testlerinde, krimpden dolayı iplik uzama değerleri, kumaşın yönsel krimp oranı ve kumaş boyutlarına bağlıdır.
- Yük altında, kompozit yapıdaki düzlem ve düzlem-dışı lokal gerilim yoğunlaştırıcılar ile bağlantılı olarak, krimpden dolayı iplik uzama özelliği oldukça önemli bir parametredir. Bu, kompozit yapının kırılması esnasında, çatlak oluşumu ve ilerlemesini etkileyecektir. Bütün bu özelliklerin belirlenmesi, E-cam dokuma kumaşların kompozit uygulamaları için yol gösterici olacaktır.

4.7.2. Kumaş ve Önşekil Eğilme Rijitliği Testi Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi

- Tek kat kumaşın eğilme rijitliğinin temelinde, iplik lineer yoğunluğu, kumaş sıklığı, kumaş açısız oryantasyonuna bağlıyken; çok katlı kumaşlarda ise, kumaş kat sayısı, dikiş yönü, dikiş yoğunluğu ve dikiş ipliği türü gibi dikiş parametrelerine bağlıdır.
- Tek kat E-cam kumaşlarda, iplik lineer yoğunluğu ve kumaş sıklığının yüksek olmasının, eğilme rijitliği değerlerini arttırdığı sonucuna varılmıştır.
- Dikişli önşekillerin tümü, dikişsiz önşekillere kıyasla daha yüksek bir eğilme rijitliği göstermiştir.
- Geliştirilen dikişli önşekillerin eğilme rijitliği davranışı, kompozit üretiminde kalıplama ve reçine akışı bakımından önemli bir parametredir. Çok yönlü dikiş, önşekillerde kırılma tokluğu gibi düzlem-dışı özelliklerde iyileşmeler sağlasa da, eğilme rijitliği değerlerini de arttırmaktadır. Bu durum, önşekillerin özellikle de kompleks parça geometrilerinde kalıplanmasını olumsuz etkileyecektir. Bunun yanı sıra, çok yönlü dikiş, kompozit üretim prosesinde, reçine akış hızını ve nihai kürleşme süresini etkileyecektir. Benzer davranış, 3D dokuma önşekiller için de geçerlidir.

4.7.3. Kompozit Yoğunlukları ve Lif Hacmi Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi

- Dikiş ipliği çevresinde, reçine yoğun bölgeler oluşmaktadır.

- Özellikle sıkı dikişten dolayı, lokal lif akümüasyonu (toplanması) meydana gelmektedir.
- Yoğunluk sonuçları, dikişin, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif yerleşimine sebep olduğunu göstermiştir.
- Toplam lif hacmi sonuçları, dikişin, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif yerleşimine sebep olduğunu göstermiştir.
- Yapıdaki dikiş yönü arttıkça, dikiş ipliğinin lif hacmi de, dikiş adım sayısı ve dikiş ipliğinin türüne bağlı olarak artış göstermiştir. Ancak, toplam lif hacmi değerleri, dikim işlemiyle orantılı olarak artış göstermemiştir.
- Boşluk miktarı sonuçları, dikişin, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif yerleşimine sebep olduğunu göstermiştir.
- Dikiş yönü arttıkça, boşluk miktarının da arttığı sonucuna varılmıştır.
- Yoğunluk sonuçları, kısmen dikişin, kısmen de VARTM prosesinin, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif yerleşimine sebep olduğunu göstermiştir.
- Toplam lif hacmi ve boşluk miktarı sonuçları; kısmen dikişin, kısmen de VARTM prosesinin, yapıda lokal düzensizlikler ve düzensiz lif yerleşimine sebep olduğunu göstermiştir.

4.7.4. Çekme Testi Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi

Çekme Dayanımı

Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

- Çekme dayanımı değerlerinin, çözgü ve atkı yönünde, +45° ve -45° yönüne göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bunun nedeni; \pm bias yönlerinde, lifin doğrultulanmamasından kaynaklanmaktadır ve beklenen bir durumdur.
- Atkı yönündeki çekme dayanımının, çözgü yönündeki çekme dayanımından düşük olmasının, atkı sıklığındaki varyasyona bağlı olduğu söylenebilir. Bunun da, dokuma esnasındaki dokuma parametreleri olan tefeleme ve besleme proses parametrelerine bağlı olduğu açıktır.
- %5 nano-silika dolgulu kompozit yapının, dikişsiz kompozit yapıya kıyasla çözgü ve atkı yönündeki çekme dayanımı değerlerinde, bir miktar artış sağladığı belirlenmiştir. Dikişsiz/nano-silika dolgulu kompozit yapıların çekme testi

verilerindeki değişimlerin, nano-silikanın yapı içerisindeki heterojen dağılımını ile ilgili olduğu düşünölmektedir.

Dikişli Kompozit Yapılar

- Çekme dayanımı değerlerinin; çözgü ve atkı yönünde, +45° ve -45° yönüne göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Makine dikişli yapılarda; dikiş yönü arttıkça, çekme dayanımı değerlerinde düşüş meydana gelmiştir. Bu durumun, dikiş yönünün artmasıyla birlikte, dikişin öñşekilde sebep olduğu hasar miktarının da artmasından kaynaklandığı söylenebilir.
- Özellikle dört yön dikişte, dikiş adım sayısının artmasıyla birlikte, çekme dayanımı değerlerindeki düşüş miktarı da artmaktadır.

Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

- Çekme dayanımı değerlerinin; çözgü ve atkı yönünde, +45° ve -45° yönüne göre daha yüksek olduğu bulunmuştur.
- El dikişli/nano dolgulu kompozit yapıda ise, makine dikişli ve makine dikişli/nano dolgulu kompozit yapılara kıyasla, çekme dayanımı değerlerinde meydana gelen düşüş, daha düşük seviyededir. Bunun nedeninin, el dikişinin, makine dikişine kıyasla öñşekilde daha az hasara yol açmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Ayrıca, spesifik çekme dayanımı değerlerinin, çekme dayanımı değerleriyle benzerlik gösterdiği ve önemli bir değişimin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çekme Modülü

Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

- Çekme modülü değerlerinin, çözgü ve atkı yönünde, +45° ve -45° yönüne göre daha yüksek olduğu bulunmuştur.
- Çözgü yönündeki çekme modülü değerleri, atkı yönüne kıyasla daha yüksektir. Atkı yönündeki çekme modülünün, çözgü yönündeki çekme modülünden düşük olmasının, atkı sıklığındaki varyasyona bağlı olduğu söylenebilir.

- Dikişsiz kompozit yapıya kıyasla, çekme modülü değerlerindeki en belirgin artışı, %5 nano-karbon dolgulu kompozit yapı sağlamıştır. \pm Bias yönlerindeki çekme modülü değerleri, dolgulu kompozit yapılarda bir miktar düşüş göstermiş veya belirgin bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Dikişsiz/dolgulu kompozit yapıların çekme testi verilerindeki değişimlerin, nano-silika ve nano-karbonun yapı içerisindeki heterojen dağılımı ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Dikişli Kompozit Yapılar

- Çekme modülü değerlerinin; çözü ve atkı yönünde, $+45^\circ$ ve -45° yönüne göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Makine dikişli yapılarda, dikiş yönü arttıkça, çekme modülü değerlerinde düşüş meydana gelmiştir. Bu durumun, dikiş yönünün artmasıyla birlikte, dikişin önsükilde sebep olduğu hasar miktarının da artmasından kaynaklandığı söylenebilir.
- Çekme modülü değerlerindeki en belirgin düşüş, dört yön-sıkı dikişli yapıda gerçekleşmiştir.
- Dikiş adım sayısındaki artış, özellikle dört yönlü dikişte, çekme modülü değerlerinde önemli bir düşüşe neden olmuştur.
- Bunun nedeni, dikiş yönü ve dikiş adım sayısındaki artışla beraber, dikişin yapıda sebep olduğu lokal düzensizlikler ve reçine-yoğun bölgelerin de artmasıdır.

Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

- Çekme modülü değerlerinin; çözü ve atkı yönünde, $+45^\circ$ ve -45° yönüne göre daha yüksek olduğu bulunmuştur.
- El dikişli/nano dolgulu kompozit yapıda ise, makine dikişli ve makine dikişli/nano dolgulu kompozit yapılara kıyasla, çekme modülü değerlerinde meydana gelen düşüş, daha düşük seviyededir.
- Bunun nedeninin, el dikişinin, makine dikişine kıyasla önsükilde daha az hasara yol açmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Ayrıca, spesifik çekme modülü değerlerinin, çekme modülü değerleriyle benzerlik gösterdiği ve önemli bir değişimin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çekme Uzaması

Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

- Çekme uzaması değerlerinin, $+45^\circ$ ve -45° yönünde, çözgü ve atkı yönüne göre daha yüksek olduğu bulunmuştur.
- Uzamanın, çözgü yönü ve atkı yönündeki çekmede lif özelliklerine bağlıyken, $+45^\circ$ ve -45° 'deki yükleme durumunda ise kumaş yapısına bağlı olduğu görülmüştür.
- Dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların çözgü ve atkı yönündeki uzama değerlerinde benzerlik görülmüş ancak, dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların \pm bias yönlerindeki uzama miktarlarında bir miktar artış gerçekleşmiştir.

Dikişli Kompozit Yapılar

- Çekme uzaması değerleri; çözgü, atkı, $+45^\circ$ ve -45° yönlerinde genel olarak benzerlik göstermektedir.
- Dikiş yönü ve dikiş adım sayısının, çekme uzaması değerleri üzerinde belirgin bir fark ortaya koymadığı sonucuna varılmıştır.
- Makine dikişli kompozit yapıların $+45^\circ$ ve -45° yönlerindeki çekme uzaması değerlerinin, çözgü ve atkı yönlerindeki çekme uzaması değerlerinin seviyesine düştüğü belirlenmiştir.
- Uzama miktarlarının, çözgü ve atkı yönündeki çekmede lif özelliklerine bağlıyken, $+45^\circ$ ve -45° 'deki yükleme durumunda ise kumaş yapısına bağlı olduğu görülmüştür. \pm Bias yönlerindeki çekme sonucu, kompozit yapılarda kayma esaslı bir bozunma gerçekleşmiştir. Dikişin, yapıdaki iplik hareketini kısıtlaması nedeniyle, dikişli kompozit yapılarda, \pm bias yönlerindeki uzama miktarlarında düşüş meydana gelmiştir.

Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

- Çekme uzaması değerleri, çözgü ve atkı yönünde benzerlik göstermekle beraber, $+45^\circ$ ve -45° yönündeki uzama miktarlarından daha düşüktür. Makine dikişli/nano dolgulu kompozit yapının uzama değerlerinin, makine dikişli yapıya göre yüksek çıkmasının gerekçesinin, dikiş ipliği olduğu göz önüne alınmıştır.

Ayrıca, spesifik çekme uzaması değerlerinin, çekme uzaması değerleriyle benzerlik gösterdiği ve önemli bir değişimin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çekme Dayanımı Kırılma Analizi

Dikişsiz ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

- Dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılarda, iplik eksenine boyuncaki çekme, açılı çekme ile kıyaslandığında, yapının bozunması açısından, çözgü yönü ve atkı yönünde yüklemelerdeki bozunma alanı, açılı çekmelerdeki bozunma alanından daha yüksektir. Yani, daha geniş bir alana yayılmıştır.
- +45° ve -45° çekme yönü, örnekteki kayma yönünü etkilemektedir.
- Çoklu çözgü-atkı ipliklerinin ayrılması ve geniş bir bozunma alanı gözlemlenmiştir.
- Nano- silika oranı arttıkça, bozunma alanının arttığı sonucuna varılmıştır.
- Dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılarda, dikişsiz yapıya göre kırılma şekli, daha kırılmandır.

Dikişli Kompozit Yapılar

- Dikişli yapılardaki bozunma alanı, dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu yapılara göre daha düşük değerdedir.
- İplik eksenine boyuncaki çekme, açılı çekme ile kıyaslandığında, yapının bozunması açısından, çözgü yönü ve atkı yönünde yüklemelerdeki bozunma alanı, açılı çekmelerdeki bozunma alanından daha yüksektir.
- Tek yön dikişte, çözgü yönünde, katlararası açılma kırılmanın olduğu bölgede lokal olarak gerçekleşmiş ve geniş bir alana yayılmamıştır. Atkı yönünde ise, dikiş yönünün, çekme yönünün normali doğrultusunda olması nedeniyle, katlararası açılma geniş bir alana yayılmıştır.
- İki yön dikişte, çözgü ve atkı yönünde, çekme ekseninin normali doğrultusunda matris kırılması, çoklu filament ve iplik kırılması, dikiş ipliğinde kırılma meydana gelmiştir. Kalınlık boyunca lokal bölgede katlararası açılma gerçekleşmiştir. Kevlar® 129 dikişli kompozit yapılarda ise, bozunmanın olduğu bölgede dikiş ipliklerinde herhangi bir hasar oluşmamıştır.

- Dört yön dikişte, çözgü ve atkı yönünde, çekme yönünün normal doğrultusunda çoklu filament ve iplik kırılması, ayrıca, Nylon 6.6 dikişli yapılarda, dört yöndeki dikiş ipliklerinde kırılmalar meydana gelmiştir. Katlararası açılma, kesitte lokal bölgede oluşmakta ve geniş bir alana yayılmamaktadır.
- İki yön ve dört yön dikişli yapılarda, buna ek olarak, çekme yükünün normal doğrultusunda, dikişin iplik hareketini kısıtlaması nedeniyle, yapının eninde büzülme meydana gelmiştir. Bundan dolayı, off-axis esaslı çekme sonucu bozunma alanı, çözgü ve atkı yönündeki bozunma alanına göre daha düşük gerçekleşmekte, ve dikişli ve dikişsiz yapıların off-axis esaslı çekme sonucu bozunma alanları birbirine yaklaşmaktadır.
- Off-axis esaslı çekme sonucu, iki yön ve dört yön dikişli bütün yapılarda, hem kayma hem de materyal eninde büzülme gerçekleşmiştir.
- Dikişli yapılarda; dikiş yönü arttıkça, meydana gelen kırılma alanı azalmaktadır ve kırılma lokal bölgede hapsedilerek etrafa yayılması engellenmektedir. Dikişli malzemenin bu özelliği; ‘damage tolerance material’ olarak tanımlanmaktadır. Bu özelliği en fazla gösteren yapı dört yön dikişli yapıdır. Bunu, iki yön dikişli ve tek yön dikişli yapılar takip etmektedir.

Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

- Makine dikişli/nano dolgulu kompozit yapıda, dikişten dolayı, bozunma dar alanda oluşmuş, bu da, katastrofik lif kırılmaları ile çekme ekseninin normal doğrultusunda gerçekleşmiştir. Dikiş ipliklerinde herhangi bir kırılma yoktur. Katlararası açılma, kesitte lokal bölgede oluşmakta ve geniş alana yayılmamaktadır.
- El dikişli/nano dolgulu yapıda ise, hasar, daha geniş bir alana yayılmıştır. Kesitte; katlararası açılmada, ilerleme görülmüştür.
- +45° ve -45° çekme yönünde, yapıya eklenen nano-silika nedeniyle, kırılmanın olduğu bölgede, tamamıyla lif kırılması ve ayrılması, dikiş ipliklerinde kırılma gözlenmiş ve materyalin kırılma özellik sergilediği anlaşılmıştır.
- Makine dikişli (T4-l) ve makine dikişli/nano dolgulu (T6-a) off-axis yapılarında, yeni bir ‘**bozunma modu**’ bulunmuştur. Bu bozunma modu; açısal değişim sonucunda lif kırılması olarak kendisini göstermektedir. Bu durumda; dikiş ipliği, lifin, yapının off-axis yükünü taşımaya olan katkısını arttırmaktadır.

Off-Axis ($\pm 45^\circ$) Çekme Yönündeki Kompozit Yapıların Kırılma Davranışları

- Off-axis esaslı çekme yönündeki kompozit yapıların bozunma alanı, çözü ve atkı çekme yönündeki bozunma alanına göre, bütün yapılarda, daha düşüktür.
- Off-axis esaslı çekme sonucu, bütün yapılarda, kayma esaslı bozunma gerçekleşmiştir.
- Off-axis esaslı çekme sonucu, bütün yapılarda, yapının iplik setlerinde açıl fark (skew) meydana gelmiştir.
- Off-axis esaslı çekme sonucu kayma; matris esaslı bozunma olarak kendini göstermektedir.

4.7.5. Eğilme Dayanımı Testi Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi

Eğilme Dayanımı

Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

- Çözgü yönü eğilme dayanımının atkı yönüne göre genel olarak bir derece yüksek değerde olmasının, kumaştaki atkı sıklık değerlerinin düzensizliği ile ilgili olduğu tahmin edilmektedir.
- %7.5 nano-silika dolgulu ve %5 nano-karbon dolgulu kompozit yapıların, dikişsiz kompozit yapıya kıyasla, çözgü yönündeki eğilme dayanımı değerlerinde artış sağladığı belirlenmiştir.
- Nano-silika dolgulu kompozit yapıların eğilme dayanımı değerlerindeki değişimlerin, nano katkı malzemesinin yapı içindeki düzensiz dağılımından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Dikişli Kompozit Yapılar

- Makine dikişli yapılarda, dikiş yön sayısı arttıkça, eğilme dayanımı değerleri düşmüştür. Bu durumun, artan dikiş yön sayısı ile birlikte, dikişin önşekilde sebep olduğu hasar miktarının da artmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bunun bir başka nedeni de düzlem dışında belirli bir miktar lif hacminin olması ve daha önemlisi dikim işlemi ile dikiş ipliğinin çözgü/atkı yönündeki bükümsüz ipliklerin doğrultusunda lokal düzensizliklere yol açıcı etkiler bırakmasıdır.

Dikiş adım sayısının, dikişli kompozit yapıların eğilme dayanımları üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

- El dikişli kompozit yapılarda dikiş yönü açısından, iki yön dikişli yapının diğerlerine göre daha yüksek eğilme dayanımı gösterdiği anlaşılmıştır. El dikişli yapılarda, dikişten dolayı yapıda degradasyon düşük değerdedir. Ancak, el dikişli yapıların, çok yönde ve belirli bir dikiş sıklığında dikilmesi önerilebilir. El dikişli kompozit yapılarda, dikiş ipliği türünün, eğilme dayanımları üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

- Dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme dayanımı değerleri, dikişsiz yapıya göre daha düşüktür.

Ayrıca, spesifik eğilme dayanımı değerlerinin, eğilme dayanımı değerleriyle benzerlik gösterdiği ve önemli bir değişimin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Eğilme Modülü

Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

- Çözgü yönü eğilme modülü değerlerinin, atkı yönüne göre genel olarak bir derece yüksek değerde olmasının, kumaştaki atkı sıklık değerlerinin düzensizliği ile ilgili olduğu tahmin edilmektedir.
- Dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapıda, $0^\circ/90^\circ$ oryantasyonunun, dış katmanda olmasından dolayı, eğme testi esnasında meydana gelen yukarıdan basma ve aşağıdan çekme esaslı yükleme tipine karşı daha yüksek bir dayanım göstermiştir. Yüzeyden iç katmanlara doğru yük transferi gerçekleşirken, iç katmandaki $\pm 45^\circ$ oryantasyonu ise, olası kayma esaslı yüklemelere karşı yapıya katkı sağlamaktadır. Dış katmanlarda $\pm 45^\circ$ oryantasyonunun bulunması, eğme yüküne karşı düşük dayanım göstermesine sebep olmaktadır ve beklenen bir durumdur.
- %7.5 nano-silika dolgulu ve %5 nano-karbon dolgulu kompozit yapıların, dikişsiz kompozit yapıya kıyasla, çözgü yönündeki eğilme modülü değerlerinde artış sağladığı belirlenmiştir.

Dikişli Kompozit Yapılar

- Makine dikişli yapılarda, dikiş yön sayısı arttıkça, eğilme modülü değerleri düşmüştür. Bu durumun, artan dikiş yön sayısıyla birlikte, dikişin önşekilde sebep olduğu hasar miktarının da artmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bunun bir başka nedeni de, düzlem dışında belirli bir miktar lif hacminin olması ve daha önemlisi dikim işlemi ile dikiş ipliğinin çözgü/atkı yönündeki bükümsüz ipliklerin doğrultusunda lokal düzensizliklere yol açıcı etkiler bırakmasıdır. Dikiş adım sayısının, dikişli kompozit yapıların eğilme modülü değerleri üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.
- El dikişli kompozit yapıların yapıların eğilme modülü değerleri incelendiğinde, dikiş yön sayısının, eğilme modülü üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. El dikişli yapılarda, dikişten dolayı yapıda degradasyon düşük değerdedir. Ancak, el dikişli yapıların, çok yönde ve belirli bir dikiş sıklığında dikilmesi önerilebilir.

Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

- %5 nano-silika dolgulu kompozit yapının, dikişsiz kompozit yapıya göre, eğilme modülünde bir miktar artış sağladığı belirlenmiştir. Nano-silika ilavesi, yapının rijitliğinin artmasına neden olmuş, bu sayede modül değerleri bir miktar artmıştır. Buna karşın, dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme modülü değerleri, dikişsiz yapıya göre daha düşüktür.
- Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme modülü değerlerinde belirgin bir farklılık tespit edilmemiştir. Ayrıca, spesifik eğilme modülü değerlerinin, eğilme modülü değerleriyle benzerlik gösterdiği ve önemli bir değişimin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Eğilme Uzaması

Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

- Dış katmanlarda $\pm 45^\circ$ oryantasyonu bulunan dikişsiz/oryantasyonlu kompozit yapının, eğme yüküne karşı düşük dayanım göstermesinden dolayı, uzama miktarı yüksektir ve bu, beklenen bir durumdur.

- Dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların uzama değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Nano- dolgulu kompozit yapılarda, nano silika oranı arttıkça hem çözümlü ve hem de atkı yönü eğilme uzaması değerlerinin azaldığı, bunun da nano silikanın yapıyı bir derece kırılma hale getirdiği şeklinde göz önüne alınmıştır.

Dikişli Kompozit Yapılar

- Makine dikişli kompozit yapıların eğilme uzaması değerleri, genel olarak, dikişsiz yapıya göre daha düşük olmakla birlikte; dikiş yön sayısı, dikiş adım sayısı ve dikiş ipliği türünün, eğilme uzaması değerleri üzerinde belirgin bir farklılık sağlamadığı sonucuna varılmıştır.
- El dikişli yapılarda, dikiş yön sayısı ve dikiş ipliği türünün, eğilme uzaması değerleri üzerinde belirgin bir farklılık sağlamamakla birlikte, Kevlar® 129 dikişli kompozit malzemenin E-cam dikişli kompozit malzemeye göre az da olsa daha yüksek uzama sonuçları verdiği ve dikiş yönü açısından ise çok da belirgin bir değişim gözlenmediği anlaşılmıştır.

Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

- Dikişsiz kompozit yapıya kıyasla, %5 nano-silika dolgulu kompozit yapının eğilme uzaması değerleri bir miktar düşmüştür. Nano-silika ilavesi, kompozit yapıların rijitliğinin bir miktar artmasına neden olmuştur. Dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların eğilme uzaması değerlerinde belirgin bir farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca, spesifik eğilme uzaması değerlerinin, eğilme uzaması değerleriyle benzerlik gösterdiği ve önemli bir değişimin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Eğilme Dayanımı Kırılma Analizi

Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

- Dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu, dikişsiz/nano-silika dolgulu kompozit yapılarda, örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Çözgü- atkı kesişmelerinin olduğu yerde, mikro matris kırılması

nedeniyle açılma meydana gelmiştir. Dikişsiz/nano-silika dolgulu yapılarda, kırılma bir bozunma şekli görülmüştür.

- %5 nano-karbon dolgulu kompozit yapıda, eğilme esaslı bozunma, dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano-silika dolgulu yapılara kıyasla minimum düzeyde gerçekleşmiştir. Yapıda; minor matris-filament ayrılması, kesitte; alt yüzeye yakın yerde kayma esaslı kat açılması, alt yüzeye yakın yerde çekme esaslı mikro seviyede lokal kat açılması gözlenmiştir.

Dikişli Kompozit Yapılar

- Makine dikişli kompozit yapılarda, tek yön dikişte; örnek eni boyunca matris kırılması ve filament kırılması gerçekleşmiştir. Çekme esaslı, iplikte şekil değişimi gözlenmiştir. Kesitte; mikro- filament kırılması ve kat arası mikro-çatlaklar gözlenmiştir. İki yön dikişte bunlardan başka, iki dikiş hattı arasında mikro- kat arası açılmalar gerçekleşmiştir. Dört yön dikişte; eğmeden dolayı bozunma alanı, diğer yapılara kıyasla daha düşük değerde gerçekleşmiştir. Makine dikişli kompozit yapılarda, dikiş yönü arttıkça, meydana gelen bozunma alanı azalmaktadır ve kırılma lokal bölgede hapsedilerek etrafa yayılması engellenmektedir. Dikişli malzemenin bu özelliği, ‘damage tolerance material’ olarak tanımlanmaktadır. Bu özelliği en fazla gösteren yapı, dört yön dikişli yapıdır. Bunu, iki yön ve tek yön dikişli yapılar takip etmektedir. Özellikle Nylon 6.6 dikiş ipliği ile dikilen kompozit yapılarda, dikiş yönü ile birlikte, dikiş adım sayısındaki artışın da, bozunma alanı üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.
- El dikişli kompozit yapılarda, dikiş yönü ve dikiş ipliği türünün, bozunma alanı üzerinde belirgin bir etkisi olmasa da, dört yön dikişte, eğmeden dolayı bozunma alanı, diğer yapılara kıyasla daha düşük değerde gerçekleşmiştir.

Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

- Makine dikişli/nano dolgulu kompozit yapıda, delaminasyon gözlenmemiştir. Hasar, eğme yükünün normal doğrultusunda dar bir alanda gerçekleşmiştir. Ancak, diğer yapılara kıyasla, eğme yükünün tatbik edildiği yerde, daha büyük bir çökmenin olduğu gözlenmiştir. El dikişli/nano dolgulu kompozit yapıda,

delaminasyon meydana gelmiştir. Hasar, eğme yükünün normali doğrultusunda, dar bir bölgede gerçekleşmiştir.

- Makine dikişli ve makine dikişli/nano dolgulu kompozit yapılardaki bozunma alanı, dikişsiz, dikişsiz/nano dolgulu, el dikişli ve el dikişli/nano dolgulu yapılara kıyasla daha düşük değerdedir. Dört yön dikişli yapılarda; meydana gelen bozunma alanı azalmaktadır ve kırılma lokal bölgede hapsedilerek, etrafa yayılması engellenmektedir.

4.7.6. Katlararası Ayrılma Dayanımı Testi Sonuçlarının ve Kırılma Analizinin Genel Değerlendirilmesi

Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

- Çözgü yönü katlararası ayrılma dayanımı değerlerinin, atkı yönüne göre genel olarak bir derece yüksek değerde olmasının, kumaştaki atkı sıklık değerlerinin düzensizliği ile ilgili olduğu tahmin edilmektedir.
- Dikişsiz, dikişsiz/oryantasyonlu ve dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapılarda, katlararası ayrılma, çözgü veya atkı ipliği boyunca ilerlemiş ve katlararası ayrılma açıklığı büyük bulunmuştur.
- Dikişsiz/nano dolgulu kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı değerlerindeki değişimlerin, nano-silika ve nano-karbonun yapı içerisindeki heterojen dağılımı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu yapılarda, çözgü ve atkı ipliği boyunca katlararası lokal ayrılma gözlenmiştir.

Dikişli Kompozit Yapılar

- Dikişli kompozit malzemenin dikişsiz yapıya göre daha yüksek katlararası ayrılma dayanımı gösterdiği anlaşılmıştır. Bunun nedeni; kompozit önşekle düzlem dışında belirli bir lif hacmi eklendiğinde, bunun katlararası ayrılmayı yapıştırıcı polyester matrise göre daha iyi bir arada tutmasıdır.
- Dikiş ipliği, katlararası ayrılmayı, düzlem dışındaki konumu nedeniyle önlemektedir. Dikişli malzemenin genel özelliği, bozunmayı lokal bölgede hapsederek etrafa yayılmasını engellemektir. Dikişli kompozit yapının bu özelliği ‘damage tolerance material’ olarak tanımlanmaktadır. Makine dikişli kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı değerleri incelendiğinde; dikiş

ipliği, dikiş yönü ve dikiş adım sayısının belirgin bir etkisi saptanamamıştır. Ancak, Nylon 6.6 gevşek dikişli tek yön yapılarında, dikiş ipliğinin yakın çevresinde lokal katlararası açılma gözlenmiştir. İki yön dikişte, katlararası açılma, dikişin uzaklığına bağlı olarak gerçekleşirken, dört yön dikişte ise, lokal bölgede mikro katarası açılma gözlenmiştir. Nylon 6.6 sıkı ve Kevlar® 129 gevşek ve sıkı dikişli tek yön, iki yön ve dört yön kompozit yapılarında, katlararası açılma gözlenmemiştir. Lokal matris kırılması mevcuttur.

- El dikişli yapılarında, Kevlar® 129 dikişli kompozit yapıların E-cam ve karbon dikişli yapılara göre daha yüksek katlararası ayrılma dayanımı sonuçları verdiği ve dikiş yönü açısından ise iki yön dikişli yapının diğerlerine göre daha yüksek katlararası ayrılma dayanımı gösterdiği anlaşılmıştır. El dikişli yapılarında, tek yön dikişli kompozit yapılarında çözgü ve atkı ipliği boyunca katarası açılma gerçekleşmiş ve ilerleyerek dikişsiz yapıdakine benzemiştir. İki yön dikişli yapılarında, geniş alanda lokal katarası açılma gerçekleşirken, dört yön dikişte ise dar alanda lokal katarası açılma meydana gelmiştir. El dikişli yapılarında, muhtemelen dikişten dolayı yapıda degradasyon düşük değerdedir. Ancak, el dikişli yapıların, çok yönde ve belirli bir dikiş sıklığında dikilmesi önerilebilir.

Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

- Dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı değerlerinin, dikişsiz, dikişsiz/nano dolgulu ve dikişli yapılara göre genel olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kevlar® 129 dikiş ipliği ile dört yön el dikişli ve aynı yapının nano-silika katkılı olanı ile, katarası açılma esaslı bozunma modları üzerinden irdelendiğinde, herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Ayrıca, spesifik katlararası ayrılma dayanımı değerlerinin, katlararası ayrılma dayanımı değerleriyle benzerlik gösterdiği ve önemli bir değişimin olmadığı sonucuna varılmıştır.

4.7.7. Düşük Hızda Darbe (Drop) Testi Sonuçlarının ve Kırılma Analizinin Genel Değerlendirilmesi

Dikişsiz, Dikişsiz/Oryantasyonlu ve Dikişsiz/Dolgulu Kompozit Yapılar

- Dikişsiz/dolgulu kompozit yapıların spesifik düşme kuvveti değerlerinin, dikişsiz kompozit yapıdan bir miktar yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak,

- dikişsiz/mikro-silisyum karbür ve dikişsiz/mikro-titanyum borür dolgulu kompozit yapılar hariç, dikişsiz/nano ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların spesifik düşme kuvvetleri arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır.
- Dikişsiz/%5-nano karbon ve dikişsiz/%5-nano silika dolgulu kompozit yapıların ön yüz spesifik bozulan alan değerlerinin, dikişsiz kompozit yapıya göre sırasıyla; 13 kat ve 3.5 kat daha küçük olduğu belirlenmiştir. Dikişsiz/%5-mikro karbon ve dikişsiz/%5 mikro-kalsiyum silikat dolgulu kompozit yapıların ön yüz spesifik bozulan alan değerlerinin, dikişsiz kompozit yapıya göre sırasıyla; 8 kat ve 2.5 kat daha küçük olduğu belirlenmiştir.
 - Dikişsiz/nano ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların ön yüz spesifik bozulan alanları arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır.
 - Dikişsiz/nano (nano-karbon hariç) ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların arka yüz spesifik bozulan alanlarının, dikişsiz kompozit yapıyla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, dikişsiz/mikro-titanyum borür dolgulu kompozit yapı hariç, dikişsiz/nano ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların arka yüz spesifik bozulan alan değerleri arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir.
 - Dolgu maddesinin türü (silika, karbon veya metal esaslı), parçacık boyutu (nano veya mikro) ve miktarının, kompozit yapıların düşme kuvveti/temas süresi değerlerini önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır.
 - Silika esaslı nano/mikro dolgulu kompozit yapılar, ön yüzde küçük bozulan alan sergilerken, arka yüzde büyük bozulan alanlar meydana gelmiştir. Silika esaslı nano/mikro dolgu maddeleri, kompozit yapının rijid ön yüze sahip olmasını sağlamakta ve bu da darbe yükü altında, yapıyı kırılğan hale getirmektedir.

Dikişli Kompozit Yapılar

- Makine dikişli kompozit yapılarda, iki yön Kevlar® 129 sıkı dikişli kompozit yapının spesifik düşme kuvveti, dikişsiz yapıya göre bir miktar daha düşüktür.
- Dört yön Kevlar® 129 sıkı dikişli kompozit yapının ön yüz ve arka yüz spesifik bozulan alan değeri, dikişsiz yapıya göre sırasıyla; %57.2 ve %200.11 daha düşüktür.
- El dikişli kompozit yapılarda, tek yön Kevlar® 129 dikişli kompozit yapının spesifik düşme kuvveti, dikişsiz yapıya göre bir miktar daha yüksektir.

- Dört yön Kevlar® 129 el dikişli kompozit yapının ön yüz spesifik bozunan alan değeri, dikişsiz yapıya göre; %80.3 daha düşüktür.
- Dört yön E-cam el dikişli kompozit yapının spesifik düşme kuvveti değerinin, dikişsiz yapıyla kıyaslanabilir seviyede olduğu belirlenmiştir. Bu yapının, arka yüz bozunan alan değeri, dikişsiz yapıdan %74.4 daha düşüktür.
- Geliştirilen dikişli kompozit yapılarda, dikim parametreleri; dikiş yönü, dikiş adım sayısı, dikiş ipliği türü ve dikiş türü (el dikişli ve makine dikişli) olarak belirlenmiştir.
- Dikiş yönünün, dikişli kompozit yapıların düşme kuvveti-temas süresi değerleri üzerindeki etkilerinin belirgin olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak, dikiş yönü, ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerlerini etkilemektedir. Dikiş yönü arttıkça, ön yüz ve arka yüz bozunan alanlar düşmektedir.
- Dikiş adım sayısının, düşme kuvveti-temas süresi değerlerine önemli bir etkisinin olmamasına karşın, ön yüz ve arka yüz bozunan alanları, önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır. Genel olarak, dikiş adım sayısı arttıkça, ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerleri düşmüştür.
- Dikiş ipliği türünün, kompozit yapıların düşme kuvveti-temas süresi değerleri üzerindeki etkilerinin belirgin olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak, dikiş ipliği türünün, ön yüz ve arka yüz bozunan alan değerlerini etkilediği tespit edilmiştir.
- Dikiş türü (el dikişi veya makine dikişi), bir diğer önemli dikim parametresidir. Kevlar® 129 el dikişli kompozit yapıların düşme kuvveti-temas süresi değerlerinin, Kevlar® 129 makine dikişli yapılara göre bir miktar yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu yapıların, ön yüz bozunan alan değerlerinde büyük farklılık görülmezken, makine dikişli yapıların arka yüz bozunan alan değerlerinin daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Genel olarak, ön yüz bozunan alan değerlerinin, arka yüz bozunan alan değerlerinden daha düşük olduğu söylenebilir. Çok yönlü dikiş, darbe enerjisini, nispeten daha küçük bir alanda sınırlamakta, bu nedenle dört yön dikişli kompozit yapılar, dikişsiz yapıya kıyasla daha iyi hasar tolerans performansı sergilemektedir.

Dikişli ve Dikişli/Nano Dolgulu Kompozit Yapılar

- Makine dikişli/nano ve el dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların spesifik düşme kuvveti değerlerinin, dikişsiz yapıya kıyasla bir miktar daha yüksek

olduğu belirlenmiştir. Ancak, dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır.

- Makine dikişli, el dikişli ve makine dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların ön yüz spesifik bozunma alanı değerleri, dikişsiz yapıya göre sırasıyla; %57.2, %80 ve %250 daha düşüktür. Ancak, dikişli ve dikişli/nano dolgulu kompozit yapılar arasında büyük farklılık bulunmamıştır.
- Makine dikişli ve makine dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların arka yüz spesifik bozunma alanı değerleri, dikişsiz yapıya kıyasla, sırasıyla 2 kat ve %93.7 daha düşüktür.
- Dikişsiz/nano ve dikişsiz/mikro dolgulu kompozit yapıların ön yüz bozulan alan değerleri küçük, ancak, arka yüz bozulan alan değerleri büyüktür. Dikişli kompozit yapıların arka yüz bozulan alanları ise, daha düşüktür.
- Dikişli/nano dolgulu kompozit yapıların, dikişsiz ve dikişsiz/nano dolgulu (nano-mikro karbon hariç) kompozit yapılara göre daha iyi hasar tolerans performansı gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında, katlı E-cam dokuma kumaş kullanılarak, dikişsiz, dikişsiz/dolgulu, dikişli ve dikişli/dolgulu formlarda kompozit yapılar elde edilmiştir. Kompozit yapıların mekanik ve düşük hızda darbe test sonuçlarına göre aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1. Nano malzeme, kompozit yapının düzlemde ve düzlem dışındaki dayanımlarına önemli bir ölçüde etki etmemekte ancak yapıyı genel olarak kırılgan hale getirmektedir.
2. Dikiş, kompozit yapının düzlemde özelliklerini bir miktar düşürmekte ancak düzlem dışı özelliklerini iyileştirmektedir.

İleriki çalışmalarda, özellikle kompozit yapının hem dikişli ve hem de nano dolgulu formlarının, dikişin önşekilde sebep olduğu hasarı minimum düzeyde tutacak uygun dikim parametreleri ve uygun nano dolgu maddesi miktarı ve homojen karıştırma koşullarının sağlanmasıyla irdelenmesi sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

1. Sebastian, S., Bailey, A. I., Briscoe, B.J., Tabor, D., 1987. Extensions, displacements and forces associated with pulling a single yarn from a fabric. **Journal of Physics D: Applied Physics**, **20**: 130-139.
2. Motamedi, F., Bailey, A. I., Briscoe, B. J., Tabor, D., 1989. Theory and practice of localized fabric deformations. **Textile Research Journal**, **59**(3): 160-172.
3. Badrossaway, M. R., Ravandi, S., Morshed, M., 2001. Part-I: Fundamental parameters affecting yarn pull-out behavior. **Journal of the Textile Institute**, **92**(3): 280-287.
4. Valizadeh, M., Ravandi, S., Salimi, M., Sheikhzadeh, M., 2008. Determination of internal mechanical characteristics of woven fabrics using the force-balance analysis of yarn pull-out test. **Journal of the Textile Institute**, **99**(1): 47-55.
5. Pan, N., Yoon, M. Y., 1993. Behavior of yarn pull-out from woven fabrics: theoretical and experimental. **Textile Research Journal**, **63**(11): 629-637.
6. Rao, M. P., Duan, Y., Keefe, M., Powers, B. M., Bogetti, T. A., 2009. Modeling the effects of yarn material properties and friction on the ballistic impact of plain-weave fabrics. **Composite Structures**, **89**: 556-566.
7. Rebouillat, S., 1998. Tribological properties of woven para-aramid fabrics and their constituent yarns. **Journal of Materials Science**, **33**: 3293-3301.
8. Bilisik, K., Korkmaz, M., 2011. Single and multiple yarn pull-outs on aramid woven fabric structures. **Textile Research Journal**, **81**(8): 847-864.
9. Bilisik, K., 2011. Effect of interlacement frequency on the single and multiple yarn end pull-out properties of woven fabrics. **Textile Research Journal**, **81**(6): 585-597.

10. Bilisik, K., 2011. Properties of yarn pull-out in para-aramid fabric structure and analysis by statistical model. **Composites Part A-Applied Science and Manufacturing**, **42**(12): 1930-1942.
11. Bilisik, K., 2012. Experimental determination of yarn pull-out properties of para-aramid (kevlar[®]) woven fabric. **Journal of Industrial Textiles**, **41**(3): 201-221.
12. Bilisik, K., Korkmaz, M., 2010. Multilayered and multidirectional stitched aramid woven fabric structures: experimental characterization of ballistic performance by considering yarn pull-out test. **Textile Research Journal**, **80**(16): 1697-1720.
13. Bilisik, K., 2012. Determination of stick-slip stage of single and multiple yarn ends pull-out in para-aramid (Kevlar[®]) woven fabric. **Journal of Industrial Textiles**, DOI: 10.1177/1528083712447312 .
14. Bilisik, K., Demiryurek, O., Yolacan, G., 2012. Analyses and statistical modeling of crimp extension stage of single and multiple yarn ends pull-out in textured polyester woven fabric. **Journal of Industrial Textiles**, **42**(3): 319-339.
15. Bilisik, K., 2012. Experimental determination of fabric shear by yarn pull-out method. **Textile Research Journal**, **82**(10): 1050-1064.
16. Bilisik, K., 2012. In-plane shear properties of polyester satin fabric by yarn pull-out method. **Textile Research Journal**, **82**(12): 1263-1281.
17. Bilisik, K., 2011. In-plane shear properties of para-aramid (Kevlar[®]) fabric by yarn pull-out method. **Journal of Industrial Textiles**, **42**(1): 76-96.
18. Bilisik, K., 2012. Shear characterization of para-aramid (Twaron[®]) fabric by yarn pull-out method. **Textile Research Journal**, **82**(14): 1442-1456.
19. Bilisik, K., Yolacan, G., 2011. Single and multiple yarn pull-out on E-glass woven fabric structures. **Textile Research Journal**, **81**(19): 2043-2055.

20. Park, J. W., Oh, A. G., 2006. Bending rigidity of yarns. **Textile Research Journal**, **76**(6): 478-485.
21. Nhan, G. L., 1986. Frictional effects in glass fabric. **Textile Research Journal**, **56**(1): 22-26.
22. Abbott, N. J., 1951. The measurement of stiffness in textile fabrics. **Textile Research Journal**, **21**(6): 435-441.
23. Abbott, N. J., 1951. Part II: A study of the pierce cantilever test for stiffness of textile fabrics. **Textile Research Journal**, **21**(6): 441-444.
24. Chu, C. C., Cummings, C. L., Teixeira, N. A., 1950. Mechanics of elastic performance of textile materials: part V: A study of the factors affecting the drape of fabrics- the development of a drape meter. **Textile Research Journal**, **20**(8): 539-548.
25. Skelton, J., 1971. The bending behavior of fabrics at high curvatures. **Textile Research Journal**, **41**(2): 174-181.
26. Grosberg, P., Swani, N. M., 1966. The mechanical properties of woven fabrics part IV: The determination of the bending rigidity and frictional restraint in woven fabrics. **Textile Research Journal**, **36**(4): 338-345.
27. Grosberg, P., 1966. The mechanical properties of woven fabrics part II: The bending of woven fabrics. **Textile Research Journal**, **36**(3): 205-214.
28. Potluri, P., Atkinson, J., 2003. Automated manufacture of composites: handling, measurement of properties and lay-up simulations. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **34**: 493-501.
29. Hu, J., Chung, S., Lo, M. T., 1997. Effect of seams on fabric drape. **International Journal of Clothing Science and Technology**, **9**(3): 220-227.
30. Yu, W. R., Zampaloni, M., Pourboghra, F., Chung, K., Kang, T. J., 2005. Analysis of flexible bending behavior of woven preform using non-orthogonal

- constitutive equation. **Composite Part A: Applied Science and Manufacturing**, **36**(6): 839-850.
31. Sharma, S. B., Sutcliffe, M. P. F., Chang, S. H., 2003. Characterization of material properties for draping of dry woven composite material. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **34**(12): 1167-1175.
32. Laroche, D., Vu-Khanh, T., 1994. Forming of woven fabric composites. **Journal of Composite Materials**, **28**(18): 1825-1839.
33. Boisse, P., Borr, M., Buet, K., Cherouat, A., 1997. Finite element simulations of textile composite forming including the biaxial fabric behavior. **Composites Part B: Engineering**, **28**(4): 453-464.
34. Bilisik, K., 2011. Bending behavior of multilayered and multidirectional stitched aramid woven fabric structures. **Textile Research Journal**, **81**(17): 1748-1761.
35. Bilisik, K., Yolacan, G., 2012. Experimental determination of bending behavior of multilayered and multidirectionally-stitched E-glass fabric structures for composites. **Textile Research Journal**, **82**(10): 1038-1049.
36. Bilisik, A. K., 2000. Multiaxial Three Dimensional (3D) Circular Woven Fabric. US patent 6129122, October, 1972.
37. Bilisik, A. K., 2002. Multiaxial Three-Dimensional (3-D) Circular Woven Fabrics. European patent 1246957 A1, October, 2002.
38. Bilisik, A. K., 2000. Multiaxial Three Dimensional Circular Woven Fabric. PCT International WO 00/77284 A1, December, 2000.
39. Bilisik, A. K., 2001. Multiaxial Three Dimensional Circular Woven Fabric. AU patent 005457900 A, January, 2001.
40. Bilisik, A. K., Mohamed, M. H., 1995. Multilayer Three Dimensional Fabric and Methods for Producing. US patent 5465760, November, 1995.

41. Bilisik, A. K., Mohamed, M. H., 1996. Multilayered Woven Fabric and Methods for Producing. European patent 0725849 B1, 1996.
42. Bilisik, A. K., Mohamed, M. H., 1995. Multilayered Woven Fabric and Methods for Producing. PCT International WO 95/12015, 1995.
43. Bilisik, A. K., Mohamed, M. H., 1997. Three Dimensional Fabric and Method for Producing. JP patent 9506676T, June, 1997.
44. Bilisik, A. K., Mohamed, M. H., 2000. Dreidimensionales Gewebe und Verfahren zu Desen Herstellung. DE patent 69417760T2, March, 2000.
45. Bilisik, A. K., Mohamed, M. H., 1995. Three Dimensional Fabric and Method for Producing. AU patent 8088994 A, May, 1995.
46. Bilisik, A. K., 1994. 3D Weaving Method and Prototype Apparatus. Turkish patent 27195, December, 1994.
47. Bilisik, A. K., Mohamed, M. H., 2009. Multiaxis three dimensional (3D) flat woven preform (tube rapier weaving) and circular woven preform (radial crossing weaving). **Textile Research Journal**, **79**(12): 1067-1084.
48. Bilisik, A. K., Mohamed, M. H., 2010. Multiaxis three dimensional (3D) flat woven preform-tube carrier weaving. **Textile Research Journal**, **80**(8): 696-711.
49. Bilisik, K., 2009. Multiaxis three dimensional (3D) flat woven fabric and weaving method: Feasibility of prototype tube carrier weaving. **Fibres and Textiles Eastern Europe**, **17**(6/77): 63-69.
50. Bilisik, K., 2010. Multiaxis 3D woven preform and properties of multiaxis 3D woven and 3D orthogonal woven carbon/epoxy composites. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **29**(8): 1173-1186.
51. Bilisik, K., 2010. Dimensional stability of multiaxis 3D woven carbon preform. **Journal of The Textile Institute**, **101**(5): 380-388.

52. Bilisik, K., 2010. Multiaxis 3D weaving: Comparison of developed two weaving methods- tube-rapier weaving versus tube-carrier weaving and effects of bias yarn path to the preform properties. **Fibers and Polymers**, **11**(1): 104-114.
53. Bilisik, K., 2010. Multiaxis three dimensional (3D) circular woven preforms- radial crossing weaving and radial in-out weaving: Preliminary investigation of feasibility of weaving and methods. **Journal of The Textile Institute**, **101**(11): 967-987.
54. Bilisik, K., 2009. Multiaxis three-dimensional (3-D) woven and braided preform unit cells and implementation of possible functional characterization for biomedical applications. **Artificial Organs**, **33**(8): A101.
55. Bilisik, K., 2011. Experimental determination of ballistic performance of newly developed multiaxis non-interlaced/non-Z E-glass/polyester and 3D woven carbon/epoxy composites with soft backing aramid fabric structures. **Textile Research Journal**, **81**(5): 520-537.
56. Bilisik, K., 2011. Three dimensional (3D) axial braided preforms: experimental determination of effects of structure-process parameters on unit cell. **Textile Research Journal**, **81**(20): 2095-2116.
57. Bilisik, K., 2011. Multiaxis three dimensional (3D) woven fabric, pp. 79-106. *In: Advances in Modern Woven Fabrics Technology* (Eds. S. G., Vassiliadis) InTech-Open Access Publisher.
58. Bilisik, K., 2012. Multiaxis three dimensional (3D) weaving for composites: A review. **Textile Research Journal**, **82**(7): 725-743.
59. Bilisik, K., 2012. Three dimensional (3D) braiding for composites: A review. **Textile Research Journal**, DOI: 10.1177/0040517512450766.
60. Mouritz, A. P., Leong, K. H., Herszberg I., 1997. A review of the effect of stitching on the in-plane mechanical properties of fibre-reinforced polymer composites. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **28A**: 979-991.

61. Dransfield, K., Baillie, C., Mai, Y. W., 1994. Improving the delamination resistance of CFRP by stitching: A review. **Composites Science and Technology**, **50**(3): 305-317.
62. Farley, G. L., Smith, B. L. Maiden, J., 1992. Compression response of thick layer composite laminates with through-the-thickness reinforcement. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **11**: 787-810.
63. Reeder, J. R., 1995. Stitching vs a toughened matrix: Compression strength effects. **Journal of Composite Materials**, **29**: 2464-2487.
64. Mouritz, A. P., 1996. Flexural properties of stitched GRP laminates. **Composites**, **27A**: 525-530.
65. Mouritz, A. P., Gallagher, J., Goodwin, A. A., 1997. Flexural and interlaminar shear strength of stitched GRP laminates following repeated impacts. **Composites Science and Technology**, **57**: 509-522.
66. Furrow, K. W., Loos, A. C., Cano, R. J., 1996. Environmental effects on stitched RTM textile composites. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **15**: 378-419.
67. Kang, T. J., Lee, S. H., 1994. Effect of stitching on the mechanical and impact properties of woven laminate composite. **Journal of Composite Materials**, **28**: 1574-1587.
68. Vandermeij, N. E., Morris, D. H. Masters, J. E., 1991. Damage development under compression-compression fatigue loading in a stitched uniwoven graphite/epoxy composite material. **NASA Report PB91-236026**.
69. Weimer, C., Mitschang, P., 2001. Aspects of the stitch formation process on the quality of sewn multi-textile-preforms. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **32**: 1477-1484.
70. Lee, C., Liu, D., 1990. Tensile strength of stitching joint in woven glass fabrics. **Journal of Engineering Materials and Technology**, **112**(2): 125-131.

71. Wu, E., Wang, J., 1995. Behavior of stitched laminates under in-plane tensile and transverse impact loading. **Journal of Composite Materials**, **29**(17): 2254-2279.
72. Velmurugan, R., Solaimurugan, S., 2007. Improvements in Mode I interlaminar fracture toughness and in-plane mechanical properties of stitched glass/polyester composites. **Composites Science and Technology**, **67**: 61-69.
73. Aymerich, F., Priolo, P., Sun, C. T., 2003. Static and fatigue behaviour of stitched graphite/epoxy composite laminates. **Composites Science and Technology**, **63**: 907-917.
74. Beier, U., Fischer, F., Sandler, J. K. V., Altstadt, V., Weimer, C., Buchs, W., 2007. Mechanical performance of carbon fibre-reinforced composites based on stitched preforms. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **38**: 1655-1663.
75. Hull, D., Clyne, T. W., 2003. An introduction to Composite Materials. Cambridge University Press, Cambridge, 158 pp.
76. Wei, Y., Zhang, J., 2008. Characterization of microstructure in stitched unidirectional composite laminates. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **39**: 815-824.
77. Mouritz, A. P., 2001. Ballistic impact and explosive blast resistance of stitched composites. **Composites Part B: Engineering**, **32**: 431-439.
78. Chung, W. C., Jang, B. Z., Chang, T. C. Hwang, L. R., Wilcox, R. C., 1989. Fracture behavior of stitched multidirectional composites. **Materials Science and Engineering**, **A112**: 157-173.
79. Adanur, S., Tsao, Y. P., 1994. Stitch bonded textile structural composites, pp. 25-34. *26. International SAMPE Tech Conference, October 17-20, 1994, Atlanta.*

80. Tan, K. T., Watanabe, N., Iwahori, Y., 2010. Stitch fiber comparison for improvement of interlaminar fracture toughness in stitched composites. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **30**(2): 99-109.
81. Dransfield, K. A., Jain, L. K., Mai, Y. W., 1998. On the effects of stitching in CFRPS-I. mode I delamination toughness. **Composites Science and Technology**, **58**: 815-827.
82. Jain, L. K., Dransfield, K. A, Mai, Y. W., 1998. On the effects of stitching in CFRPS-I. mode II delamination toughness. **Composites Science and Technology**, **58**: 829-837.
83. Sankar, B. V., Sharma, S. K., 1997. Mode II delamination toughness of stitched graphite/epoxy textile composites. **Composites Science and Technology**, **57**: 729-131.
84. Trabelsi, W., Michel, L., Othomene, R., 2010. Effects of stitching on delamination of satin weave carbon-epoxy laminates under mode I, mode II and mixed-mode I/II loadings. **Applied Composite Materials**, **17**:575-595.
85. Sharma, S. K., Sankar, B. V., 1997. Effect of stitching on impact and interlaminar properties of graphite/epoxy laminates. **Journal of Thermoplastic Composite Materials**, **10**: 241-253.
86. Jain, L. K., Mai, Y. W., 1994. Analysis of stitched laminated ENF specimens for interlaminar mode II fracture toughness. **International Journal of Fracture**, **68**: 219-244.
87. Chen, L., Ifju, P. G., Sankar, B. V., 2001. Novel double cantilever beam test for stitched composite laminates. **Journal of Composite Materials**, **35**: 1137-1149.
88. Liu, D., 1990. Delamination resistance in stitched and unstitched composite plates subjected to impact loading. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **9**: 59-69.

89. Sankar, B. V., Zhu, H., 2000. The effect of stitching on the low-velocity impact response of delaminated composite beams. **Composites Science and Technology**, **60**: 2681-2691.
90. Hosur, M. V., Abraham, A., Jeelani, S., Vaidya, U. K., 2001. Studies on the influence of through-the-thickness reinforcement on low-velocity and high strain rate response of woven S2-glass/vinyl ester composites. **Journal of Composite Materials**, **35**(12): 1111-1133.
91. Hosur, M. V., Karim, M. R., Jeelani, S., 2004. Studies on stitched woven S2 glass/epoxy laminates under low velocity and ballistic impact loading. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **23**(12): 1313-1323.
92. Hosur, M. V., Adya, M., Alexander, J. Jeelani, S., 2003. Studies on impact damage resistance of affordable stitched woven carbon/epoxy composite laminates. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **22**(10): 927-952.
93. Farley, G. L., Dickinson, L. C., 1992. Removal of surface loop from stitched composites can improve compression and compression-after-impact strengths. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **11**: 633-642.
94. Hosur, M. V., Vaidya, U. K., Ulven, C., Jeelani, S., 2004. Performance of stitched/unstitched woven carbon/epoxy composites under high velocity impact loading. **Composite Structures**, **64**: 455-466.
95. Yoshimura, A., Nakao, T., Yashiro, S., Takeda, N., 2008. Improvement on out-of-plane impact resistance of CFRP laminates due to through-the-thickness stitching. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **39**: 1370-1379.
96. Wu, E., Liao, J., 1994. Impact of unstitched and stitched laminates by line loading. **Journal of Composite Materials**, **28**(17): 1640-1658.
97. Tan, K. T., Watanabe, N., Iwahori, Y., 2012. Impact damage resistance, response, and mechanisms of laminated composites reinforced by through-thickness stitching. **International Journal of Damage Mechanics**, **21**(1): 51-80.

98. Tan, K. T., Watanabe, N., Iwahori, Y., Ishikawa, T., 2012. Understanding effectiveness of stitching in suppression of impact damage: an empirical delamination reduction trend for stitched composites. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **43**(6): 823-832.
99. Tan, K. T., Watanabe, N., Iwahori, Y., 2011. X-ray radiography and micro-computed tomography examination of damage characteristics in stitched composites subjected to impact loading. **Composites Part B: Engineering**, **42**: 874-884.
100. Chen, G., Li, Z., Kou, C., Gui, L., 2004. Finite element analysis of low-velocity impact damage of stitched laminates. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **23**(9): 987-995.
101. Hosur, M. V., Karim, M. R., Jeelani, S., 2003. Experimental investigations on the response of stitched/unstitched woven S2-glass/SC15 epoxy composites under single and repeated low velocity impact loading. **Composite Structures**, **61**: 89-102.
102. İçten, B. M., Karakuzu, R., 2008. Effects of weaving density and curing pressure on impact behavior of woven composite plates. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **27**: 1083-1092.
103. Larsson, F., 1997. Damage tolerance of a stitched carbon/epoxy laminate. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **28A**: 923-934.
104. Xiaoquan, C., Al-Mansour, A. M., Zhengneng, L., Chenghe, K., 2005. Compression strength of stitched laminates after low-velocity impact. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **24**(9): 935-947.
105. Tan, Y., Wu, G., Suh, S. S., Yang, J. M., Hahn, H. T., 2008. Damage tolerance and durability of selectively stitched stiffened composite structures. **International Journal of Fatigue**, **30**: 483-492.

106. Bathgate R. G., Wan, C. H., Pang, F., 1997. Effects of temperature on the creep behaviour of woven and stitched composites. **Composite Structures**, **38**(1-4): 435-445.
107. Pang, F., Wang, C. H., Bathgate, R. G., 1997. Creep response of woven-fibre composites and the effect of stitching. **Composites Science and Technology**, **51**: 91-98.
108. Mouritz, A. P., 2003. Fracture and tensile fatigue properties of stitched fibreglass composites. **Journal of Materials: Design and Applications**, **218**: 87-93.
109. Lee, H. H., Hyer, M. W., 1996. Evaluation of thermal stresses at the interface of a stitch in a stitched laminate. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **15**: 972-987.
110. Chandradass, J., Kumar M. R., Velmurugan, R., 2008. Effect of clay dispersion on mechanical, thermal and vibration properties of glass fiber-reinforced vinyl ester composites. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **27**: 1585-1601.
111. Wichmann, M. H. G., Sumfleth, J., Gojny, F. H., Quaresimin, M., Fiedler, B., Schulte, K., 2006. Glass-fibre-reinforced composites with enhanced mechanical and electrical properties- Benefits and limitations of a nanoparticle modified matrix. **Engineering Fracture Mechanics**, **73**: 2346-2359.
112. Gojny, F. H., Wichmann, M. H. G., Fiedler, B., Schulte, K., 2005. Influence of different carbon nanotubes on the mechanical properties of epoxy matrix composites- A comparative study. **Composites Science and Technology**, **65**: 2300-2313.
113. Thostenson, E. T., Li, C., Chou, T. W., 2005. Nanocomposites in context. **Composites Science and Technology**, **65**: 491-516.
114. Ou, Y., Yang, F., Yu, Z., 1998. A new conception on the toughness of nylon 6/silica nanocomposites prepared via in situ polymerization. **Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics**, **36**: 789-795.

115. Hussain, F., Hojjati, M., Okamoto, M., Gorga, R. E., 2006. Review article: Polymer-matrix nanocomposites, processing, manufacturing, and application: An overview. **Journal of Composite Materials**, **40**(17): 1511-1575.
116. Wetzel, B., Haupeit, F., Friedrich, K., Zhang, M. Q., Rong, M. Z., 2002. Impact and wear resistance of polymer nanocomposites at low filler content. **Polymer Engineering and Science**, **42**(9): 1919-1927.
117. Singh, K. K., Sarkar, P. K., Farhan, J., Deepak, P., 2011. Review paper on processing technique of polymer matrix composites: Current and future trends. **Journal of Engineering and Applied Sciences**, **6**(3): 216-221.
118. Wichmann, M. H. G., Schulte, K., Wagner, H. D., 2008. On nanocomposite toughness. **Composites Science and Technology**, **68**: 329-331.
119. Thakre, P. R., Lagoudas, D. C., Riddick, J. C., Gates, T. S., Frankland S. J. V., Ratcliffe, J. G., Zhu J., Barrera, E. V., 2011. Investigation of the effect of single wall carbon nanotubes on interlaminar fracture toughness of woven carbon fiber-epoxy composites. **Journal of Composite Materials**, **45**(10): 1091-1107.
120. Davis, D. C., Wilkerson, J. W., Zhu, J., Hadjiev, V. G., 2011. A strategy for improving mechanical properties of a fiber reinforced epoxy composite using functionalized carbon nanotubes. **Composites Science and Technology**, **71**(8): 1089-1097.
121. Greef, N. D., Gorbatikh, L., Lomov, S. V., Verpoest, I., 2011. Damage development in woven carbon fiber/epoxy composites modified with carbon nanotubes under tension in the bias direction. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **42**(11): 1635-1644.
122. Fan, Z., Hsiao, K. T., Advani, S. G., 2004. Experimental investigation of dispersion during flow of multi-walled carbon nanotube/polymer suspension in fibrous porous media. **Carbon**, **42**: 871-876.
123. Sadeghian, R., Gangireddy, S., Minaie, B., Hsiao, K. T., 2006. Manufacturing carbon nanofibers toughened polyester/glass fiber composites using vacuum

- assisted resin transfer molding for enhancing the mode-I delamination resistance. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **37**: 1787-1795.
124. Iwahori, Y., Ishiwata, S., Sumizawa, T., Ishikawa, T., 2005. Mechanical properties improvements in two-phase and three-phase composites using carbon nano-fiber dispersed resin. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **36**: 1430-1439.
125. Seyhan, A. T., Tanoglu, M., Schulte, K., 2008. Mode I and mode II fracture toughness of E-glass non-crimp fabric/carbon nanotube (CNT) modified polymer based composites. **Engineering Fracture Mechanics**, **75**: 5151-5162.
126. Grujicic, M., Bell, W. C., Biggers, S. B., Koudela, K. L., Tarter, J. F., Cheeseman, B. A., 2008. The effect of a carbon-nanotube forest-mat strike face on the ballistic-protection performance of E-glass reinforced poly-vinyl-ester-epoxy composite armour. **Journal of Materials: Design and Applications**, **222**: 15-27.
127. Grujicic, M., Pandurangan, B., Angstadt, D. C., Koudela, K. L., Cheeseman, B. A., 2007. Ballistic-performance optimization of a hybrid carbon-nanotube/E-glass reinforced poly-vinyl-ester-epoxy-matrix composite armor. **Journal of Materials Science**, **42**: 5347-5359.
128. Zhu, J., Imam, A., Crane, R., Lozano, K., Khabashesku, V. N., Barrera, E. V., 2007. Processing a glass fiber reinforced vinyl ester composite with nanotube enhancement of interlaminar shear strength. **Composites Science and Technology**, **67**: 1509-1517.
129. Meguid, S. A., Sun, Y., 2004. On the tensile and shear strength of nano-reinforced composite interfaces. **Materials and Design**, **25**: 289-296.
130. Morales, G., Barrena, M. I., Salazar, J. M. G., Merino, C., 2011. Conductive CNF-doped laminates processing and characterization. **Journal of Composite Materials**, **45**(20): 2113-2118.

131. Seyhan, A. T., Gojny, F. H., Tanoglu, M., Schulte, K., 2007. Critical aspects related to processing of carbon nanotube/unsaturated thermoset polyester nanocomposites. **European Polymer Journal**, **43**: 374-379.
132. Ashrafi, B., Guan, J., Mirjalili, V., Zhang, Y., Chun, L., Hubert, P., Simard, B., Kingston, C. T., Bourne, O., Johnston, A., 2011. Enhancement of mechanical performance of epoxy/carbon fiber laminate composites using single-walled carbon nanotubes. **Composites Science and Technology**, **71**(13): 1569-1578.
133. Thostenson, E. T., Chou, T. W., 2006. Fracture mechanisms in carbon nanotube-reinforced composites. **Fracture of Nano and Engineering Materials and Structures**, **B, (1T9)**: 95-96.
134. Thostenson, E. T., Chou, T. W., 2006. Processing-structure-multi-functional property relationship in carbon nanotube/epoxy composites. **Carbon**, **44**: 3022-3029.
135. Aglan, H., Gan, Y., El-Hadik, M., Faughnan, P., Bryan, C., 1999. Evaluation of the fatigue fracture resistance of unfilled and filled polytetrafluoroethylene materials. **Journal of Materials Science**, **34**: 83-97.
136. Vlasveld, D.P.N., Daud, W., Bersee H. E. N., Picken S. J., 2007. Continuous fibre composites with a nanocomposite matrix: Improvement of flexural and compressive strength at elevated temperatures. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **38**: 730-738.
137. Vlasveld D. P. N., Bersee H. E. N., Picken S. J., 2005. Nanocomposite matrix for increased fibre composite strength. **Polymer**, **46**: 10269-10278.
138. Cao, Y., Cameron, J., 2006. Impact properties of silica particle modified glass fiber reinforced epoxy composite. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **25**(7): 761-769.
139. Kinloch, A. J., Masania, K., Taylor, A. C., Sprenger, S., Egan, D., 2008. The fracture of glass-fibre-reinforced epoxy composites using nanoparticle-modified matrices. **Journal of Materials Science**, **43**: 1151-1154.

140. Yong, V., Hahn, H. T., 2004. Processing and properties of SiC/vinyl ester nanocomposites. **Nanotechnology**, **15**: 1338-1343.
141. Suresha, B., Chandramohan, G., Prakash, J. N., Balusamy, V., Sankaranarayanan, K., 2006. The Role of Fillers on Friction and Slide Wear Characteristics in Glass-Epoxy Composite Systems. **Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering**, **5**(1): 87-101.
142. Patnaik, A., Satapathy, A., Mahapatra, S. S., Dash, R. R., 2009. A comparative study on different ceramic fillers affecting mechanical properties of glass-polyester composites. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **28**: 1305-1318.
143. Abas, F. O., Abas, R. O., Ibrahim, S. I., 2010. A comparison study of different ceramic filler on mechanical and thermal properties of glass, carbon, kevlar / polyester composites. **Engineering & Technology**, **28**(12): 2469-2470.
144. Patnaik, A., Satapathy, A., Mahapatra, S. S., Dash, R. R., 2008. Parametric optimization erosion wear of polyester-gf-alumina hybrid composites using the taguchi method. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **27**: 1039-1058.
145. Yilmaz, M. G., Unal, H., Mimaroglu, A., 2008. Study of the strength and erosive behavior of CaCO₃/glass fiber reinforced polyester composite. **Express Polymer Letters**, **2**(12): 890-895.
146. Aurilia, M., Sorrentino, L., Berardini, F., Sawalha, S., Iannace, S., 2012. Mechanical properties of nano/micro multilayered thermoplastic composites based on PP matrix. **Journal of Thermoplastic Composite Materials**, **25**: 835-879.
147. Ramakrishna, H. V., Rai, S. K., 2006. Effect on the mechanical properties and water absorption of granite powder composites on toughening epoxy with unsaturated polyester and unsaturated polyester with epoxy resin. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, **25**: 17-32.

148. Avila, A. F., Soares, M. I., Neto, A. S., 2007. A study on nanostructured laminated plates behavior under low-velocity impact loadings. **International Journal of Impact Engineering**, **34**: 28-41.
149. Kornmann, X., Rees, M., Thomann, Y., Necola, A., Barbezat, M., Thomann, R., 2005. Epoxy-layered silicate nanocomposites as matrix in glass fibre-reinforced composites. **Composites Science and Technology**, **65**: 2259-2268.
150. Bozkurt, E., Kaya, E., Tanoglu, M., 2007. Mechanical and thermal behavior of non-crimp glass fiber reinforced layered clay/epoxy nanocomposites. **Composites Science and Technology**, **67**: 3394-3403.
151. Wang, H. W., Zhou, H. W., Peng, R. D., Mishnaevsky, L., 2011. Nanoreinforced polymer composites: 3D FEM modeling with effective interface concept. **Composites Science and Technology**, **71**(7): 980-988.
152. Fiedler, B., Gojny, F. H., Wichmann, M. H. G., Nolte, M. C. M., Schulte, K., 2006. Fundamental aspects of nano-reinforced composites. **Composites Science and Technology**, **66**: 3115-3125.
153. Cam Elyaf A. Ş. (Web sayfası: <http://www.camelyaf.com.tr>), (Erişim tarihi: Şubat 2010).
154. Korkmaz, M., 2009. Aramid Kumaş Özelliklerine Bağlı İplik Çekme (Yarn Pull-Out) Testi İle Çok Katlı Dikişli Yapıların Balistik Performansının Deneysel Belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 207 s.
155. Scott Bader Company Limited, Crystic 703PA Ürün Kataloğu.
156. Sigma-Aldrich. (Web sayfası:<http://www.sigmaaldrich.com/catalog>), (Erişim tarihi: Ekim 2010).
157. The A to Z of Materials. (Web sayfası: <http://www.azom.com>), (Erişim tarihi: Ekim 2010).

158. Material Property Data. (Web sayfası: <http://matweb.com/search/Datasheet>), (Erişim tarihi: Ekim 2010).
159. The Wikipedia Free Encyclopedia. (Web sayfası: <http://en.wikipedia.org>), (Erişim tarihi: Ekim 2010).
160. Adams, D. F., Calsson, L. A., Piper, R. B., 2002. Experimental Characterization of Advanced Composite Materials, Third Edition, CRC Pres, Florida, 57 pp.

ÖZGEÇMİŞ

1. **Adı Soyadı** : Gaye YOLAÇAN
 2. **İletişim Bilgileri**
Adres : Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil
 Mühendisliği Bölümü 38039 Kayseri.
E-posta : gyolacan@erciyes.edu.tr

3. Öğrenim Durumu

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Lisans	Tekstil Eğitimi	Marmara Üniversitesi	2000-2004
Y. Lisans	Tekstil Eğitimi	Marmara Üniversitesi	2004-2006
Doktora	Tekstil Mühendisliği	Erciyes Üniversitesi	2009-halen

4. Yabancı Dil

İngilizce

5. Akademik Unvanlar

Arş. Gör. 2006- halen Tekstil Mühendisliği Mühendislik Fakültesi ERÜ

6. Yayınlar

6.1. Doktora tezinden çıkan ve uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler (SCI & SCI- Exp.)

A1. 2011, Bilisik, K., and **Yolacan, G.**, "Single and Multiple Yarn Pull-Out on E-Glass Woven Fabric Structures", Textile Research Journal, 81(19) 2043–2055.

A2. 2012, Bilisik, K., and **Yolacan, G.**, "Experimental Determination of Bending Behavior of Multilayered and Multidirectionally-stitched E-Glass Fabric Structures for Composites", Textile Research Journal, 82(10) 1038-1049.

6.2. Doktora tezinden çıkan ve uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (*Proceedings*) basılan bildiriler

B1. 2013, Bilisik, K., and **Yolacan, G.**, "Low Velocity Impact on Two Dimensional (2D) Multistitched Woven E-Glass/Polyester Nano Composites", 17th International Conference on Composite Structures (ICCS17) Faculty of Engineering University of Porto, 17-21 June, Porto, Portugal (accepted for oral presentation).

B2. 2011, Bilisik, K., and **Yolacan, G.**, "Pull-Out Properties of E-Glass Woven Fabrics", ICONTEX- International Congress of Innovative Textiles, October 20-22, Istanbul, Turkey.

B3. 2011, Bilisik, K., and **Yolacan, G.**, "Bending behavior of multistitched E-Glass preform for composites", The 11th Asian Textile Conference (ATC-11), The Korean Fiber Society, November 1-4, Daegu, Korea.