

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

**KUMAŞ DÜZLEMİNDE VE DÜZLEM DIŞINDA KAT
ARASI AÇILMA (INTRA-LAMİNAR) DAYANIMI**

**Hazırlayan
Elif ALTUNTAŞ**

**Danışman
Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK**

Yüksek Lisans Tezi

**Haziran 2020
KAYSERİ**

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

**KUMAŞ DÜZLEMİNDE VE DÜZLEM DIŞINDA KAT
ARASI AÇILMA (INTRA-LAMİNAR) DAYANIMI
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Elif ALTUNTAŞ**

**Danışman
Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK**

**Haziran 2020
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.

Elif ALTUNTAŞ

İmza : *Elif*

“Kumaş düzleminde ve düzlem dışında kat arası açılma (intra-laminar) dayanımı”
adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma
Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Elif ALTUNTAŞ

Danışman

Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK danışmanlığında **Elif ALTUNTAŞ** tarafından hazırlanan “**Kumaş düzleminde ve düzlem dışında kat arası açılma (intra-laminar) dayanımı**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tekstil Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

01 / 06 / 2020

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

Üye : Prof. Dr. M. İbrahim BAHTİYARİ

Üye : Doç. Dr. Hüseyin BENLİ

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

..... / /

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ/TEŞEKKÜRLER

Heyecan ve ilgiyle başladığım yüksek lisans eğitimime beni teşvik eden, tez konumun belirlenmesinde büyük önem arz eden, araştırma aşamasında yön tayininde, gerekli materyallerin temininde ve tamamlanmasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK'e minnettarım. Bilgi birikim ve tecrübelerini paylaşarak ufkumu genişlettiği ve sağlam adımlar atmamı sağladığı için teşekkür ederim.

Önlisans, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca daima destekleyen, bilgi birikimiyle eğitim hayatıma yön veren ve tezimde de laboratuvar imkanlarını sağlayarak bütün fedakarlığı ile kıymetli vaktini bizimle paylaşarak testlerde (deneylerde) tecrübelerini bize aktardığı için kıymetli hocam Öğretim Görevlisi Mahmut KORKMAZ'a sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışması esnasında benimle bilgi ve tecrübelerini paylaşan Dr. Öğr. Üyesi Gülhan Erdoğan GÜLER'e teşekkür ederim.

Hayat yolculuğumdaki en güçlü dayanağım, yapabileceğime, başarabileceğime dair hep umut yağmurları yağdıran canım aileme bu çalışmamda da sonsuz emek ve sabırla yorulduğumda yaşlandığımda arkamda ki dağım, gölgesinde dinlendiğim çınarım oldukları için çok teşekkür ederim.

Elif ALTUNTAŞ

Haziran 2020, KAYSERİ

KUMAŞ DÜZLEMİNDE VE DÜZLEM DIŞINDA KAT ARASI AÇILMA (İNTRA-LAMİNAR) DAYANIMI

Elif ALTUNTAŞ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2020
Danışman: Prof. Dr. Abdülkadir BİLİŞİK

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, para-amid kuru kumaş, reçine katkılı prepreg, nanoprepreg ve grafen prereg katkılı para-aramid kumaşların yanal çekme özelliklerinin araştırılmasıdır. Çekme fikstürünün universal çekme cihazında modüler kullanımı ile para-aramid kumaşların yanal çekme özellikleri ile ilgili veriler üretilmiştir.

Para-aramid kumaşın üstten tekli ve çoklu çekimlerinin iplik uç sayısı ve kumaşdaki konumuna bağlı olduğu tespit edilmiştir. Yanal iplik çekimindeki uç sayısı arttıkça elde edilen verilerin doğrusal olmadığı anlaşılmıştır. Kumaşın alttan yanal ardıl çekimleri ve çoklu çekimlerinden anlaşılacağı üzere ilk ipliğin çekilmesi ile çekme kuvvetinin orantılı olmayan bir şekilde azaldığı ve çoklu çekimde uç sayısı arttıkça doğrusal olmayan bir şekilde arttığı sonucuna varılmıştır.

Kumaşa epoxy reçine ve çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNTs) ve nano grafen plaka (GNPs) nuamelesi ile yanal çekme kuvvetlerinin sıradışı olarak artmıştır. MWCNTs nin yanal çekme kuvvetine etkileri bir derece görülmekle birlikte GNPs nin etkisi anlaşılamamıştır.

Anahtar Kelimeler: Yanal iplik çekme, Para-aramid fabric, Nanoprepreg, Grafenprepreg, Yanal çoklu çekim, Balistik performans

IN-PLANE AND OUT-OF-PLANE INTERLAMINAR STRENGTH OF WOVEN FABRIC

Elif ALTUNTAŞ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M. Sc. Thesis, June 2020

Supervisor: Prof. Dr. Abdulkadir BILISIK

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the lateral pull-out properties of dry para-aramid fabric as well as the prepreg and MWCNTs and GNPs addition of para-aramid fabrics. Data related to lateral pull-out properties was generated by using the universal tensile testing instruments equipped with pull-out fixture.

It was identified that upper single and multiple lateral pull-out forces of the para-aramid fabric depended on the number of yarn ends and their positions in the fabric. It was understood that when the lateral yarn pull-out ends in the fabric was increased, data obtained from the experiment was nonlinear. As it was understood that the bottom successive and multiple lateral pull-out forces of fabric was disproportionately decreased after the first yarn was pulled and when the number of yarn ends at the multiple lateral pull-out were increased fabric pull-out force was also increased disproportionately.

After epoxy resin, MWCNTs and GNPs additions to the para-aramid fabric, their lateral pull-out forces were extraordinarily increased. The effect of the contribution of the MWCNTs in the para-aramid prepreg fabric was realized but the effect of the GNPs in the para-aramid prepreg fabric was not fully understood.

Keywords: Lateral single pull-out, Para-aramid fabric, Nanoprepreg, Nanografenprepreg, Lateral multiple pull-out, Ballistic performance

İÇİNDEKİLER

KUMAŞ DÜZLEMİNDE VE DÜZLEM DIŞINDA KAT ARASI AÇILMA (INTRA-LAMINAR) DAYANIMI

	Sayfa
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
KABUL ONAY	iii
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜRLER.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xiv
TABLolar LİSTESİ.....	xv
ŞEKİLLER LİSTESİ	xvi

1. BÖLÜM.....	1
GİRİŞ	1

2. BÖLÜM GENEL BİLGİLER

2.1. Aramid Lifi Hakkında Genel Bilgiler	2
2.2. Aramid Kumaş Özellikleri	4
2.2.1. Aramid Liflerin Özellikleri	4
2.2.2. Aramid Elyafının Dezavantajları	5
2.2.3. Aramid Elyafının Kullanım Alanları	5
2.3. Tez Çalışmasında Kullanılan Kumaş	7
2.4. Tez Çalışmasında Kullanılan Kimyasallar	7
2.4.1. Nanotüp.....	7

2.4.2. Grafen	9
2.4.2.1. Grafenin Kimyasal Özellikleri	10
2.4.2.2. Grafenin Mekanik Özellikleri	10
2.4.2.3. Grafenin Elektronik Özellikleri	11
2.4.2.4. Grafen Sentezi	11
2.5. Kumaştan İplik Çekme (Pull-Out)	11

3. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL KUMAŞA UYGULANAN TESTLER ve YÖNTEMLERİ

3.1. Kumaş özellikleri	15
3.2. MWCNTs Özellikleri	16
3.3. GNPs özellikleri	16
3.4. Kumaştan İplik Çekme Aparatı	16
3.5. İplik Çekme (Pull-Out) Deney Planı	17
3.6. Numunelere Testin Uygulanması	19
3.6.1. Kuru Kumaşa Testin Uygulanması	19
3.6.1.1. Numunenin üstten 1 iplik çekilmesi (T1U)	20
3.6.1.2. Numuneden üstten 2 iplik çekilmesi (T2U)	20
3.6.1.3. Numuneden üstten 3 iplik çekilmesi (T3U)	21
3.3.1.4. Numuneden üstten 4 iplik çekilmesi (T4U)	21
3.6.1.5. Numuneden üstten 5 iplik çekilmesi (T5U)	22
3.6.1.6. Numuneden üstten 12 iplik çekilmesi (T12U)	22
3.6.1.7. Numuneden alttan 5. İplik çekilmesi (T5A)	23
3.6.1.8. Numuneden alttan 6. İpliğin çekilmesi (T6A)	23
3.6.1.9. Numuneden alttan 7. İpliğin çekilmesi (T7A)	24
3.6.1.10. Numuneden alttan 8. İpliğin çekilmesi (T8A)	24
3.6.1.11. Numuneden alttan 9. İpliğin Çekilmesi (T9A)	25

3.6.1.12. Numuneden alttan 5 ve 6. İpliğin çekilmesi (T56A).....	25
3.6.1.13. Numuneden Alttan 5-6 ve 7. İpliğin Çekilmesi (T567A)	26
3.6.2. Prepreg Kumaşa Testin Uygulanması (L Kodlu)	26
3.6.2.1. Numuneden üstten 1 iplik çekilmesi (L1U).....	27
3.6.2.2. Numuneden üstten 2 iplik çekilmesi (L2U).....	27
3.6.2.3. Numuneden üstten 3 iplik çekilmesi (L3U).....	28
3.6.2.4. Numuneden üstten 4 iplik çekilmesi (L4U).....	28
3.6.2.5. Numuneden üstten 5 iplik çekilmesi (L5U).....	29
3.6.2.6. Numuneden üstten 12 iplik çekilmesi (L12U).....	29
3.6.2.7. Numuneden alttan 5. iplik çekilmesi (L5A)	30
3.6.2.8. Numuneden alttan 6. iplik çekilmesi (L6A)	30
3.6.2.9. Numuneden alttan 7. iplik çekilmesi (L7A)	31
3.6.2.10. Numuneden alttan 8. iplik çekilmesi (L8A)	31
3.6.2.11. Numuneden alttan 9. iplik çekilmesi (L9A)	32
3.6.2.12. Numuneden alttan 5-6. iplik çekilmesi (L56A).....	32
3.6.2.13. Numuneden alttan 5-6-7. iplik çekilmesi (L567A)	33
3.6.2.14. Numuneden alttan 5-6-7-8. iplik çekilmesi (L5678A)	33
3.6.3.Nanoprepreg [Carbon nanotubes-MWCNTs] Form da Testin Uygulanması (0,1%), (0,5%), (0,7%)	34
3.6.3.1.Numunenin üstten 1 iplik çekilmesi (N11U) (N51U) (N71U)	35
3.6.3.2. Numunenin üstten 2 iplik çekilmesi (N12U) (N52U) (N72U)	35
3.6.3.3. Numunenin üstten 3 iplik çekilmesi (N13U) (N53U) (N73U)	36
3.6.3.4. Numunenin üstten 4 iplik çekilmesi (N14U) (N54U) (N74U)	36
3.6.3.5. Numunenin üstten 5 iplik çekilmesi (N15U) (N55U) (N75U)	37
3.6.3.6. Numunenin üstten 12 iplik çekilmesi (N112U) (N512U) (N712U) ...	37
3.6.3.7. Numunenin alttan 5. iplik çekilmesi (N15A) (N55A) (N75A).....	38
3.6.3.8. Numunenin alttan 6. iplik çekilmesi (N16A) (N56A) (N76A).....	38
3.6.3.9. Numunenin alttan 7. iplik çekilmesi (N17A) (N57A) (N77A).....	39
3.6.4.10. Numunenin alttan 8. iplik çekilmesi (N18A) (N58A) (N78A).....	39

3.6.3.11. Numunenin alttan 9. iplik çekilmesi (N19A) (N59A) (N79A).....	40
3.6.3.12. numunenin alttan 5 ve 6. İplik çekilmesi (N156A) (N556A) (N756A)	40
3.6.3.13. Numunenin alttan 5-6 ve 7. iplik çekilmesi (N1567A) (N5567A) (N7567A)	41
3.6.3.14. Numunenin alttan 5-6-7 ve 8. İplik çekilmesi (N15678A) (N55678A) (N75678A)	41
3.6.4.Nanoprepreg [Graphene Nanoplatelets-GNPs] Form da Testin Uygulanması (0,1%), (0,5%) ve (0,7%)	42
3.6.4.1. Numunenin üstten 1 iplik çekilmesi (G11U) (G51U) ve (G71U).....	42
3.6.4.2. Numunenin üstten 2 iplik çekilmesi (G12U) (G52U) (G72U)	43
3.6.4.3. Numunenin üstten 3 iplik çekilmesi (G13U) (G53U) (G73U)	43
3.6.4.4. Numunenin üstten 4 iplik çekilmesi (G14U) (G54U) (G74U)	44
3.6.4.5. Numunenin üstten 5 iplik çekilmesi (G15U) (G55U) (G75U)	44
3.6.4.6. Numunenin üstten 12 iplik çekilmesi (G112U) (G512U) (G712U)...	45
3.6.4.7. Numunenin alttan 5. iplik çekilmesi (G15A) (G55A) (G75A).....	45
3.6.4.8. Numunenin alttan 6. İplik çekilmesi (G16A) (G56A) (G76A)	46
3.6.4.9. Numunenin alttan 7. iplik çekilmesi (G17A) (G57A) (G77A).....	46
3.6.4.10. Numunenin alttan 8. iplik çekilmesi (G18A) (G58A) (G78A).....	47
3.6.4.11 Numunenin Alttan 9. İplik Çekilmesi (G19A) (G59A) (G79A)	47
3.6.4.12. Numunenin alttan 5 ve 6. iplik çekilmesi (G156A) (G556A) (G756A)	48
3.3.6.13. Numunenin alttan 5- 6 ve 7. iplik çekilmesi (G1567A) (G5567A) (G7567A)	48
3.6.4.14. Numunenin alttan 5-6-7 ve 8. iplik çekilmesi (G15678A) (G55678A) (G75678A)	49

4. BÖLÜM

TEST SONUCUNDA ELDE EDİLEN BULGULAR

4.1. Kumaşlardan Çıkarılan İpliklerin Mukavemet Değerleri	50
4.1.1. Para-aramid Kuru Kumaşa (T Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri	50
4.1.2. Para-aramid Prepreg Kumaşa (L Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri.....	52
4.1.3. Para-Aramid Nanoprepreg Kumaşa (N Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri.....	54
4.1.3.1. Para-aramid Nanoprepreg 0,1% Kumaşa (N1 Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri.....	54
4.1.3.2. Para-aramid Nanoprepreg 0,5% Kumaşa (N5 Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri	56
4.1.3.3. Para-aramid Nanoprepreg 0,7% Kumaşa (N7 Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri.....	58
4.1.4. Para-Aramid Grapheneprepreg (G Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri.....	60
4.1.4.1. Para-aramid Grapheneprepreg 0,1% Kumaşa (G1 Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri	60
4.1.4.2. Para-aramid Grapheneprepreg 0,5% Kumaşa (G5 Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri	62
4.1.4.3. Para-aramid Grapheneprepreg 0,7% Kumaşa (G7 Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri	64

5. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Kuru Kumaş Yapılar (T Kodlu)	66
5.1.1. Kuru Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim.....	66
5.1.2. Kuru Kumaş Yapıda Altan Tekli Sıralı Çekim	67

5.1.3. Kuru Kumaş Yapıda Alttan Çoklu Sıralı Çekim	68
5.2. Prepreg Kumaş Yapılar (L Kodlu).....	68
5.2.1. Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim	68
5.2.2. Prepreg Kumaş Yapıda Alttan Tekli Sıralı Çekim.....	69
5.2.3. Prepreg Kumaş Yapıda Alttan Çoklu Sıralı Çekim	70
5.3. MWCNTs Kumaş Yapılar (N Kodlu)	70
5.3.1. MWCNTs (%0,1) Kumaş Yapıda Sıralı Çekim (N1 Kodlu)	70
5.3.1.1. MWCNTs (%0,1) Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim (N1 Kodlu)	70
5.3.1.2. MWCNTs (%0,1) Kumaş Yapıda Alttan Tekli Sıralı Çekim (N1 Kodlu).....	71
5.3.1.3. MWCNTs (%0,1) Kumaş Yapıda Alttan Çoklu Sıralı Çekim (N1 Kodlu).....	72
5.3.2. MWCNTs (%0,5) Kumaş Yapıda Sıralı Çekim (N5 Kodlu)	73
5.3.2.1. MWCNTs (%0,5) Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim (N5 Kodlu)	73
5.3.2.2. MWCNTs (%0,5) Kumaş Yapıda Alttan Tekli Sıralı Çekim (N5 Kodlu).....	74
5.3.2.3. MWCNTs (%0,5) Kumaş Yapıda Alttan Çoklu Sıralı Çekim (N5 Kodlu).....	75
5.3.3. MWCNTs (%0,7) Kumaş Yapıda Sıralı Çekim (N7 Kodlu)	75
5.3.3.1. MWCNTs (%0,7) Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim (N7 Kodlu)	75
5.3.3.2. MWCNTs (%0,7) Kumaş Yapıda Alttan Tekli Sıralı Çekim (N7 Kodlu).....	76
5.3.3.3. MWCNTs (%0,7) Kumaş Yapıda Alttan Çoklu Sıralı Çekim (N7 Kodlu).....	77
5.4. GNPs Kumaş Yapılar (G Kodlu).....	78
5.4.1. GNPs (%0,1) Kumaş Yapıda Sıralı Çekim (G1 Kodlu)	78
5.4.1.1. GNPs (%0,1) Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim (G1 Kodlu)	78
5.4.1.2. GNPs (%0,1) Kumaş Yapıda Alttan Tekli Sıralı Çekim (G1 Kodlu) ..	78
5.4.1.3. GNPs (%0,1) Kumaş Yapıda Alttan Çoklu Sıralı Çekim (G1 Kodlu)	79
5.4.2. GNPs (%0,5) Kumaş Yapıda Sıralı Çekim (G5 Kodlu)	80

5.4.2.1. GNPs (%0,5) Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim (G5 Kodlu)	80
5.4.2.2. GNPs (%0,5) Kumaş Yapıda Altan Tekli Sıralı Çekim (G5 Kodlu)..	81
5.4.2.3. GNPs (%0,5) Kumaş Yapıda Altan Çoklu Sıralı Çekim (G5 Kodlu)	82
5.4.3. GNPs (%0,7) Kumaş Yapıda Sıralı Çekim (G7 Kodlu)	83
5.4.3.1. GNPs (%0,7) Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim (G7 Kodlu)	83
5.4.3.2. GNPs (%0,7) Kumaş Yapıda Altan Tekli Sıralı Çekim (G7 Kodlu)..	83
5.4.3.3. GNPs (%0,7) Kumaş Yapıda Altan Çoklu Sıralı Çekim (G7 Kodlu)	84
5.5. Kuru Kumaş Yapılar (T Kodlu)	85
5.5.1. Kuru Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekimler	85
5.5.2. Kuru Kumaş Yapıda Altan Sıralı Çekimler	86
5.6. Prepreg Kumaş Yapılar (L Kodlu)	86
5.6.1. Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekimler	86
5.6.2. Prepreg Kumaş Yapıda Altan Sıralı Çekimler	87
5.7. MWCNTs (Nano) Prepreg Kumaş Yapılar (N Kodlu)	88
5.7.1. MWCNT Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekimler	88
5.7.2. Prepreg Kumaş Yapıda Altan Sıralı Çekimler	88
5.8. GNPs (Nano) Prepreg Kumaş Yapılar (G Kodlu)	89
5.8.1. Grafen Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekimler	89
5.8.2. Grafen Kumaş Yapıda Altan Sıralı Çekimler	90
6. GENEL SONUÇ VE ÖNERİLER	91
KAYNAKÇA	92
ÖZGEÇMİŞ	98

KISALTMALAR

<u>SEMBOL</u>	<u>ANLAMI</u>
T	Kuru Kumaş
TU	Kuru Kumaş Üstten İplik Çekilmesi
TAT	Kuru Kumaş Alttan Tekli İplik Çekilmesi
TAÇ	Kuru Kumaş Alttan Çoklu İplik Çekilmesi
L	Prepreg Kumaş
LU	Prepreg Üstten İplik Çekilmesi
LAT	Prepreg Alttan Tekli İplik Çekilmesi
LAÇ	Prepreg Alttan Çoklu İplik Çekilmesi
NU	Nanoprepreg Üstten İplik Çekilmesi
NAT	Nanoprepreg Alttan Tekli İplik Çekilmesi
NAÇ	Nanoprepreg Alttan Çoklu İplik Çekilmesi
N1	Nanoprepreg 0,1% kumaş
N5	Nanoprepreg 0,5% kumaş
N7	Nanoprepreg 0,7% kumaş
GU	Grafenprepreg Üstten İplik Çekilmesi
GAT	Grafenprepreg Alttan Tekli İplik Çekilmesi
GAÇ	Grafenprepreg Alttan Çoklu İplik Çekilmesi
G1	Grafenprepreg 0,1% kumaş
G5	Grafenprepreg 0,5% kumaş
G7	Grafenprepreg 0,7% kumaş

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1.	Elyaf ve para-aramid kumaşın özellikleri.....	15
Tablo 3.2.	Çok duvarlı karbon nanotüplerin özellikleri (MWCNTs).....	16
Tablo 3.3.	Nanografen özellikleri (GNPs).....	16
Tablo 4.1	Para-aramid Atkı İpliğın Mukavemet Değerleri ve İpliğın Kumaş ile Yaptığı Açılar	50
Tablo 4.2.	Para-aramid (L kodlu) kumaşın atkı ipliğının mukavemet değerleri ve kumaşta yaptığı açılar.....	52
Tablo 4.3.	Para-aramid (N1 kodlu) kumaşın atkı ipliğının mukavemet değerleri ve kumaşta yaptığı açılar.....	54
Tablo 4.4.	Para-aramid (N5 kodlu) kumaşın atkı ipliğının mukavemet değerleri ve kumaşta yaptığı açılar.....	56
Tablo 4.5.	Para-aramid (N7 kodlu) kumaşın atkı ipliğının mukavemet değerleri ve kumaşta yaptığı açılar.....	58
Tablo 4.6.	Para-aramid (G1 kodlu) kumaşın atkı ipliğının mukavemet değerleri ve kumaşta yaptığı açılar.....	60
Tablo 4.7.	Para-aramid (G5 kodlu) kumaşın atkı ipliğının mukavemet değerleri ve kumaşta yaptığı açılar.....	62
Tablo 4.8.	Para-aramid (G7 kodlu) kumaşın atkı ipliğının mukavemet değerleri ve kumaşta yaptığı açılar.....	64

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1.	Piyasada ve literatürde yer alan en önemli aromatik poliamidlerin yapısal formülleri.....	3
Şekil 2.2.	Kevlar liflerinin mikroskopik görüntüsü	3
Şekil 2.3.	Paramid (Kevlar) iplik ve dokuma kumaşı.....	4
Şekil 2.4.	Para-aramid liflerinin (a) Kullanım alanları, (b) Pazardaki oranları (Alberda van Ekenstein, 2010)	6
Şekil 2.5 .	Bezayağı kumaşın a)örüntüsü b) geometrisi	7
Şekil 2.6.	Üç Değişik Tek Duvarlı Nanotüp Tipi: a) Zig-Zag Tipi b) Koltuk Tipi c)Helisel Tip (chiral).....	9
Şekil 2.7.	Tek bir grafen tabakasının ideal yapısı.....	10
Şekil 2.8.	Para-aramit Bezayağından Pull-Out (İplik Çekilmesi) Gösterimi.....	14
Şekil 3.1	İplik Çekme Deney Fiksürü ve Instron Mukavemet Cihazı	17
Şekil 3.2.	Instron Mukavemet Cihazına Numunenin yerleştirilmesi.....	17
Şekil 3.3.	Tekli ve Çoklu İplik Çekimi Numunesi.	18
Şekil 3.4.	Kumaştan kesilen numunenin saçaklandırılmış hali.	19
Şekil 3.5.	Numunenin Instron Cihazına Yerleştirilmesi.	19
Şekil 3.6.	Üstten 1 tane iplik çekiminin yapıldığı numune.....	20
Şekil 3.7.	Üstten 2 tane iplik çekiminin yapıldığı numune.....	20
Şekil 3.8.	Üstten 3 tane iplik çekiminin yapıldığı numune.....	21
Şekil 3.9.	Üstten 4 tane iplik çekiminin yapıldığı numune.....	21
Şekil 3.10.	Üstten 5 tane iplik çekiminin yapıldığı numune.....	22
Şekil 3.11.	Üstten 12 tane iplik çekiminin yapıldığı numune.....	22
Şekil 3.12.	Alttan 5. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.....	23
Şekil 3.13.	Alttan 6. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.....	23
Şekil 3.14.	Alttan 7. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.....	24
Şekil 3.15.	Alttan 8. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.....	24
Şekil 3.16.	Alttan 9. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.....	25

Şekil 3.17.	Alttan 5-6. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.	25
Şekil 3.18.	Alttan 5-6-7. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.	26
Şekil 3.19.	Alttan 5-6-7-8. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.	26
Şekil 3.20.	Numune kumaşa reçinenin sürülmesi ve plaka arasına yerleştirilmesi ...	27
Şekil 3.21.	Üstten 1 tane ipliğin çekiminin yapıldığı numune.	27
Şekil 3.22.	Üstten 2. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.	27
Şekil 3.23.	Üstten 3. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.	28
Şekil 3.24.	Üstten 4. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.	28
Şekil 3.25.	Üstten 5. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.	29
Şekil 3.26.	Üstten 12. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.	29
Şekil 3.27.	Alttan 5. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.	30
Şekil 3.28.	Alttan 6. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.	30
Şekil 3.29.	Alttan 7. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.	31
Şekil 3.30.	Alttan 8. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.	31
Şekil 3.31.	Alttan 9. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.	32
Şekil 3.32.	Alttan 5-6. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.	32
Şekil 3.33.	Alttan 5-6-7. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.	33
Şekil 3.34.	Alttan 5-6-7-8. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.	33
Şekil 3.35.	0,1% (a) ve 0,5% (b) Numunelerine Nanopropreg uygulanması.	34
Şekil 3.36.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 1 tane iplik çekilmesinin test sırasındaki görüntüsü.	35
Şekil 3.38.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 3 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	36
Şekil 3.39.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 4 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	36
Şekil 3.40.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 5 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	37
Şekil 3.41.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 12 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	37

Şekil 3.42.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	38
Şekil 3.43.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 6. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	38
Şekil 3.44.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 7. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	39
Şekil 3.45.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 8. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	39
Şekil 3.46.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 9. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	40
Şekil 3.47.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5 ve 6. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	40
Şekil 3.48.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5-6 ve 7. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	41
Şekil 3.49.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5-6-7 ve 8. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	41
Şekil 3.50.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 1 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	42
Şekil 3.51.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 2 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	43
Şekil 3.52.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 3 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	43
Şekil 3.54.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 5 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.	44
Şekil 3.56.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.	45
Şekil 3.56.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 6. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.	46
Şekil 3.58.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 7. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.	46
Şekil 3.59.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 8. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.	47

Şekil 3.60.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 9. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.	47
Şekil 3.61.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5 ve 6. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.	48
Şekil.3.62.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5-6 ve 7. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.	48
Şekil 3.63.	0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5-6-7 ve 8. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.	49
Şekil 4.1.	Para-aramid T kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri	51
Şekil 4.2.	Para-aramid L kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri	53
Şekil 4.3.	Para-aramid N1 kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri	55
Şekil 4.4.	Para-aramid N5 kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri	57
Şekil 4.5.	Para-aramid N7 kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri	59
Şekil 4.6.	Para-aramid G1 kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri	61
Şekil 4.7.	Para-aramid G5 kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri	63
Şekil 4.8.	Para-aramid G7 kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri	65
Şekil 5.1.	Kuru kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	67
Şekil 5.2.	Kuru kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	67
Şekil 5.3.	Kuru kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	68
Şekil 5.4.	Prepreg kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	69
Şekil 5.5.	Prepreg kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri....	69
Şekil 5.6.	Prepreg kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	70

Şekil 5.7.	MWCNTs (%0,1) kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.....	71
Şekil 5.8.	MWCNTs (%0,1) kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	72
Şekil 5.9.	MWCNTs (%0,1) kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	72
Şekil 5.10.	MWCNTs (%0,5) kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.....	73
Şekil 5.11.	MWCNTs (%0,5) kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	74
Şekil 5.12.	MWCNTs (%0,5) kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	75
Şekil 5.13.	MWCNTs (%0,7) kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.....	76
Şekil 5.14.	MWCNTs (%0,7) kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	77
Şekil 5.15.	MWCNTs (%0,7) kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	77
Şekil 5.16.	GNPs (%0,1) kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	78
Şekil 5.17.	GNPs (%0,1) kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.....	79
Şekil 5.18.	GNPs (%0,1) kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.....	80
Şekil 5.19.	GNPs (%0,5) kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	81
Şekil 5.20.	GNPs (%0,5) kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.....	82
Şekil 5.21.	GNPs (%0,5) kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.....	82

Şekil 5.22.	GNPs (%0,7) kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri	83
Şekil 5.23.	GNPs (%0,7) kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.....	84
Şekil 5.24.	GMPs (%0,7) kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.....	85
Şekil 5.25.	Kuru kumaş yapıda üstten sıralı iplik çekilmesi.....	85
Şekil 5.26.	Kuru Kumaş Yapıda Alttan Sıralı İplik Çekilmesi.....	86
Şekil 5.27.	Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı İplik Çekilmesi.....	87
Şekil 5.28.	Prepreg Kumaş Yapıda Alttan Sıralı İplik Çekilmesi	87
Şekil 5.29.	MWCNT Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı İplik Çekilmesi.....	88
Şekil 5.30.	MWCNT Prepreg Kumaş Yapıda Alttan Sıralı İplik Çekilmesi	89
Şekil 5.31.	GMPs Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı İplik Çekilmesi.....	89
Şekil 5.32.	GMPs Prepreg Kumaş Yapıda Alttan Sıralı İplik Çekilmesi	90

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Doğadaki bütün canlılar, kendilerine gelebilecek tehlikelere karşı iç güdüsel olarak korunma ihtiyacı duyar. İnsanoğlu da tarih boyunca kendi varlığını sürdürebilmek amacıyla hem çevresel faktörlere hem de düşman saldırılarına karşı önlem almıştır.

20. yy da balistiğin gelişme göstermesiyle özellikle askeri alanda güvenlik tedbirlerinde araştırmalar hızlandı. Kurşun geçirmez yelekler üretilmeye başlandı. Kurşun levhalarıyla yapılan bu yeleklerin büyük sert parçalardan yapılmış olması ve ağır olmaları sebebiyle giyen kişilerin hareket kabiliyetini azaltmaktaydı.

Günümüz teknolojik gelişimleri sayesinde balistik panel ve zırh üretiminin temelini yüksek direnç ve elastikiyet özelliklerine sahip hafif kumaşların polimerlerle birleşmesiyle oluşturmaktadır. Balistik alanında yapılan akademik çalışmalar bu konunun önemini ortaya koymaktadır. Koruyucu performansı yüksek, hafif aynı zamanda giyen kişiye konfor sağlaması baz alınmıştır.

Bu çalışmada Kevlar (Para-Aramid) kumaşlar balistik performansının artırılması için örgüye bağlı lif kesişmelerine kimyasal uygulanarak incelenmiştir. Lif tipi, iplik lineer yoğunluğu, örgü tipi, sıklık, nanopreg, grafenpreg uygulamalar göz önünde bulundurulmuştur. Para-Aramid kumaşlar; prepreg, nanopreg, grafenpreg ve kuru kumaş yapıda olmak üzere dört farklı şekilde incelenmiş ve kumaş yapısındaki değişiklikler gözlemlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı nanopreg para-aramid bezayağı dokuma kumaşın çekme özelliklerinin incelenmesidir. Böylelikle balistik uygulamalar için nano karbontüp ve nano grafenin reçine içerisindeki davranışının olası balistik performanslara sürtünme açısından etkileri anlaşılmış olacaktır. Gerçekleştirilen testlerin irdelenerek derlenmesiyle oluşan bu çalışma balistik alanında yapılacak çalışmalara literatür desteği sağlayacaktır.

2. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

2.1. Aramid Lifi Hakkında Genel Bilgiler

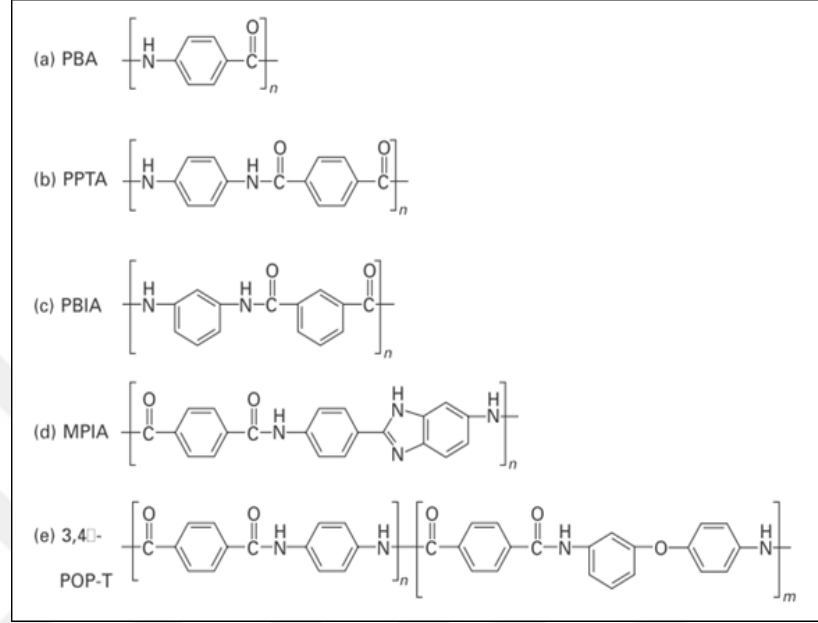
1948 yılında DuPont firması, naylonu ticarileştirdikten sonra yeni yüksek mukavemetli ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı lifler için geniş çaplı bir araştırma başlatmıştır. 1950'lerden 1960'lara kadar süren çalışmalarda Paul Morgan ve arkadaşları düşük sıcaklık çözelti polimerizasyon teknikleri kullanılmadan bu polimerlerin işlenmesinin mümkün olmadığını fark etmiştir. [1]

Beste ve Stephens ise bazı tuzların bu polimerlerden amaca uygun özellikte çözeltiler yapılabildiğini açıklamışlardır. Tüm bu çalışmalar sonucunda ilk yüksek sıcaklığa dayanıklı Nomex® ticari isimli meta-aramid lifi geliştirilmiştir. Çalışmalar 1960'lı yıllardan sonra da devam etmiş ve Nomex®'ten daha üstün özelliklere sahip bir lif için yapılan çalışmalar para-aramidleri hedef almıştır. [1]

Stephanie Kwolek ilk çalışmasını daha işlenebilir olan poli(1,4-benzamid) polimeri üzerinde yoğunlaştırarak 1960'ların ortasında modülü 400 gpd olan lifi ve daha sonraki çalışmalarla "Fiber B" adını verdikleri 900 gpd modüle sahip lifi geliştirmiştir. Bundan sonraki çalışma PPTA (poli-p-fenilen-tereftalamid) polimerine doğru yön değiştirmiştir. İlk PPTA lifleri 1970 yıllarında üretilmiş ve 1972 yılında bu PPTA lifi "Kevlar®" ticari ismiyle DuPont tarafından pazarda yerini almıştır. [1]

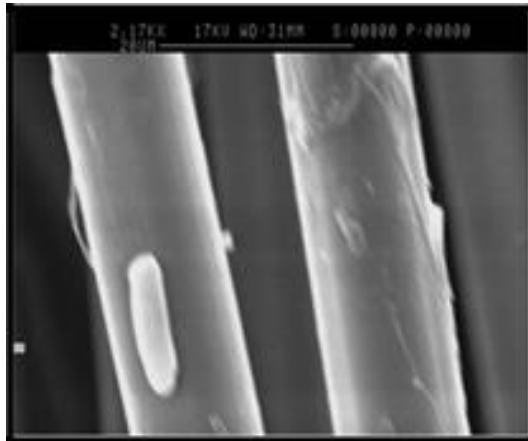
Kevlar lifleri, yüksek modül, yüksek mukavemet, hafiflik, iyi kimyasal direnç ve termal kararlılık gibi istenen birçok mühendislik özelliğine sahiptir. Kevlar lifleri, esnek gövde zırhlarında fonksiyonel malzeme olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. İplik Kevlar elyafının çapı 10-15 mm'dir. Balistik ve vücut koruma amaçlı Kevlar kumaşlarının çoğu

düz dokunmuştur. Düz dokuma kumaşlar, çözgü ve atkı ipliklerinin dik açılı ile birbirine geçmesiyle yapılır. [26]



Şekil 2.1. Piyasada ve literatürde yer alan en önemli aromatik poliamidlerin yapısal formülleri [1]

Kevlar, DuPont'ta 1965 yılında Stephanie Kwolek ve Herbert Blades adlı bilim adamları tarafından geliştirilen ve yüksek performanslı koruyucu giysilerin yapımında kullanılan bir para-aramid lifidir. Hafif, ancak dayanıklı kumaşlar üretilmesine olanak tanımaktadır. Kevlar lifleri kuru jet-yaş lif çekim yöntemine göre elde edilmektedir. [4]



Şekil 2.2. Kevlar liflerinin mikroskopik görüntüsü [4]

2.2. Aramid Kumaş Özellikleri

Aramid, bir nylon türevi olup, diğer nylon türevlere göre yüksek mukavemete ve modüle sahip ilk organik elyaftır. Yapay elyaflar arasında lifleri ısıya en dayanıklı ve kuvvetli olarak sınıflandırılır. Aramid polimerden söz edebilmek için molekül zincir yapısındaki bağların %85'i aromatik halkalardan meydana gelmesi gerekir. Aramid elyafı iki türde mevcuttur; Meta Aramid ve Para Aramid olarak adlandırılırlar. Ancak yaygın olarak kullanılan türü Para Aramid'lerdir. [2]



Şekil 2.3. Para-aramid iplik ve dokuma kumaşı [1]

Aramid lif bazlı ipliklerden oluşan dokuma kumaşlar balistik darbeleri koruyucu sistemlerde uzun süredir kullanılmaktadır. Bu aramid bazlı malzemelere örnek olarak DuPont tarafından geliştirilen Kevlar, Twaron ve Technora verilebilir. Bu PPTA (p-fenilen tereftalamid) tamponlar, özellikle dokuma yapılarında uygulandığında düşük yoğunlukları, yüksek mukavemetleri, modülleri ve esneklikleri nedeniyle faydalıdır ve bu nedenle vücut zırhı ve uçak türbin motoru fragmanı bariyer uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. [45]

Spesifik mühendislik uygulamalarını optimize etmek için Kevlar 29, 49, 129, 159, KM-2 gibi birçok türde Kevlar elyaf geliştirilmiştir. [49]

2.2.1. Aramid Liflerin Özellikleri

- Aramid lifleri, olağanüstü güç/ağırlık özelliklere sahip ve yüksek mukavemetli bir polimerdir.
- Young modülü (sertliği): 130-179 GPa. (Karbon Elyaf 300 GPa ve cam 81 GPa)

- Ateşe dayanıklıdır, erime noktası yoktur, 500 derece üzeri ısılarda bozulma başlar.
- Aşınma ve kesme direnci çok iyidir.
- Yüksek sıcaklıklarda iyi kumaş bütünlüğü vardır.
- Aramid lifleri büyük sertlik ve penetrasyona olan dirençleri ile tanınırlar.
- Yüksek mukavemet ve dayanıklılıkları nedeni ile, delinmeme özelliği istenen malzemelerin üretiminde kullanılırlar.
- Ultraviyole ışınlar, tuz ve asitlere karşı duyarlıdır.
- Yapısı itibarı ile nem almaya müsaittir.
- Lif ve kumaş halinde iken, katlama, kesme ve işleme zorluğu vardır.

2.2.2.Aramid Elyafının Dezavantajları

- Bazı tür aramid elyafı ultraviyole ışınlara maruz kaldığında bozulma göstermektedir.
- Sürekli karanlıkta saklanmaları gerekmektedir.
- Elyaflar çok iyi birleşmeyebilirler. Bu durumda reçinede mikroskobik çatlaklar oluşabilir. Bu çatlaklar malzeme yorulduğunda su emişine yol açmaktadır.

2.2.3.Aramid Elyafının Kullanım Alanları

- Balistik koruma uygulamaları; askeri kasklar, kurşun geçirmez yelekler
- Koruyucu giysiler; eldiven, motorsiklet koruma giysileri, avcılık giysi ve aksesuarları
- Yelkenliler ve yatlar için yelken direği
- Hava araçları gövde parçaları
- Tekne gövdesi
- Endüstri ve otomotiv uygulamaları için kemer ve hortum
- Fiber optik ve elektromekanik kablolar
- Debriyajlarda bulunan sürtünme balatalarında ve fren kampanalarında
- Yüksek ısı ve basınçlarda kullanılan conta, salmastra vb

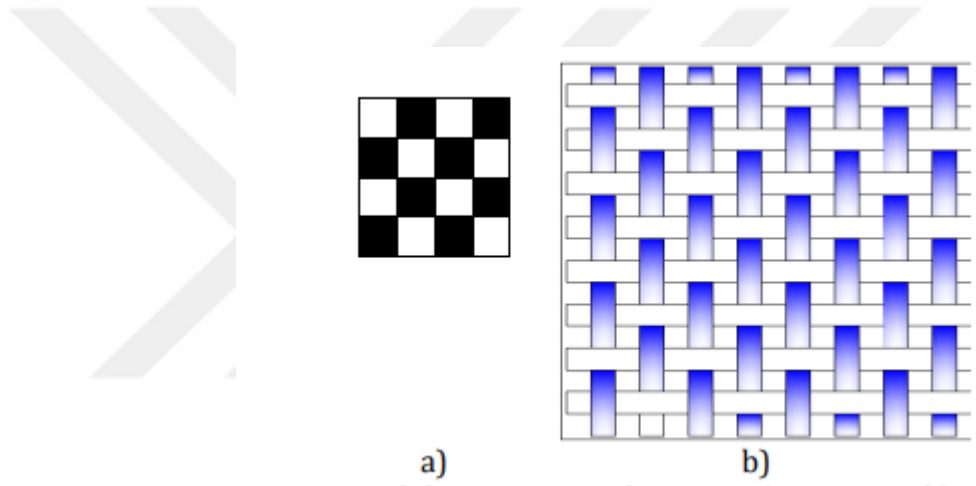


Şekil 2.4. Para-aramid liflerinin (a) Kullanım alanları, (b) Pazardaki oranları (Alberda van Ekenstein, 2010)

2.3. Tez Çalışmasında Kullanılan Kumaş

Bez ayağı örgü, atkı ve çözgü ipliklerinin aralarında en basit şekilde bağlantı yapımları ile üretilen bir örgü çeşididir. Bir atkı ipliği boyunca sırasıyla bir çözgünün üstte ve sonrakinin altta kalmasıyla oluşturulur. [53]

Bez ayağı örgüye sahip kumaş çeşitleri; Kumaşların özellikleri, ipliklerin üretiminde kullanılan lifin tipine, ipliklerin tek filamentli, düz bükümlü veya tekstüre devamlı filament iplik olup olmadığına veya ipliklerin doğal veya sentetik kesikli liflerden üretilip üretilmediğine bağlıdır. [53]



Şekil 2.5. Bezayağı kumaşın a)örüntüsü b) geometrisi [53]

2.4. Tez Çalışmasında Kullanılan Kimyasallar

2.4.1. Nanotüp

Günümüzde teknoloji, insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılamak için sürekli gelişmektedir. Bu gelişmelerden biri de boyutların küçültülmesiyle başlayan ve malzemelerin özelliklerini iyileştirmeye yönelik olan “nanoteknoloji”dir. ‘Mikroteknolojiden daha küçük teknoloji’ olarak da adlandırılan nanoteknoloji, atomik ölçekte gerçekleştirilen işleme teknolojisidir [6].

Nanoteknoloji ile ilgili çalışmalar malzemelerin geliştirilmesi için de büyük önem taşımaktadır. Atomik seviyede görüntüleme, ölçme ve işleyebilme sayesinde istenilen özellikler verilerek malzemelerin geliştirilmesi de sağlanabilir. Bu işlemler sayesinde

boyutları 1 ile 100 nm arasında değişen, gelişmiş özellikli malzemeler ortaya çıkartılabilir. 1985 yılında, Richard Smalley'in bulduğu, karbon atomlarının 60'lı gruplar halinde birbirlerine bağlanmasıyla oluşan "buckyball"lar (küresel molekül) kütlesine birkaç kobalt veya nikel atomu eklendiğinde şekil değiştirerek, kimyasal olarak kararlı ve duvar kalınlığı bir nanometre boyutundaki "nanotüp" şekline dönüşür. [7]

Nanotüpler ilk olarak 1991 yılında ortaya çıkmıştır. Grafen düzlemi dediğimiz örülü yapının bir silindir şekline sarılması ve uçlarının küresel bir silindir kapağı şeklinde kapatılmasıyla oluşturulur. Koltuk tipi nanotüp, zikzak yapan nanotüp ve her iki tür nanotüpten farklı yapıya sahip chiral tip nanotüp olmak üzere üç şekilde oluşum gösterirler. Ayrıca mukavemet artışı amacıyla birden fazla sarım üst üste yapılarak çok duvarlı nanotüp yapılarda elde edilebilir. [7]

Çok hafif olması, yüksek elastiklik modülüne sahip olması ve bilinen en dayanıklı fiber olması ihtimalleri, Karbon Nano Tüplerin (KNT) en önemli özelliklerindedir. Deneysel bazı çalışmalar sonucu çok cidarlı KNT'lerin 1-1.8 TPa arasında elastiklik modülüne ve TEM-esaslı çekme ve eğme testleriyle de 0.8-150 GPa arasında çekme dayanımına sahip olduğu anlaşılmaktadır [7].

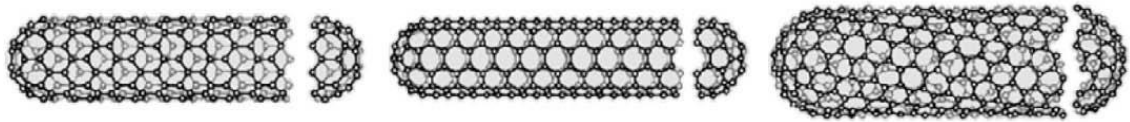
Çok cidarlı KNT'lerin çekme dayanımlarının tek cidarlılardan daha düşük olduğu bilinmektedir. Bunun temel sebebi, her bir nanotüp katmanının KNT'lerin sürtünmesize yakın kinetik özelliklere sahip olmasından dolayı birbiri üzerinden kayarak sıyrılma (pull-out) olarak bilinen özelliğin görülmesidir. [9]

Yu ve arkadaşları tarafından yapılan bir başka çalışmada ise tek cidarlı KNT'lerin dış yüzeylerinde taşıdığı yükler vasıtasıyla oluşturulan gerilme-gerinim eğrilerinden 13-52 GPa arasında kırılma dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir [8]. Aynı yöntemle çok cidarlı KNT'ler için gerçekleştirilen çalışmada ise 11-63 GPa arasında çekme dayanımı ile 0.27 – 0.95 TPa mertebesinde elastiklik modülü tayin edilmiştir. Özellikle, yoğunluğu da dikkate alındığında çelikten çok daha yüksek spesifik dayanıma sahip olan KNTler bilinen en dayanımlı malzemelerden biri olarak kabul edilmektedir. [9]

Grafenin simetrisi ve kendine has elektriksel yapısından ötürü, karbon nanotübün yapısı elektriksel özelliklerini önemli bir şekilde etkilemektedir. Nanotüplerin çeşitlerine yani

atomların diziliş şekline göre elektriksel özellikleri de değişmektedir. Örneğin tüm koltuk tipi nanotüpler, metalik özelliğe sahiptir; yani iletkenlerdir. Teoride metalik nanotüplerin elektrik gerilim yoğunlukları gümüş ya da bakır gibi metallere kıyasla 1000 kat daha fazladır [9].

Günümüzde NASA, bakır kablolarla göre en az 10 kez daha iyi elektrik iletmediği için, Rice Üniversitesine KNT'lerden oluşan bir enerji iletim kablosu yaptırmaktadır [10]. Bu iletim kablolarının üretimi için bir reaktöre nanotüp kaynağı yerleştirilir ve karbonmonoksit kullanımıyla birlikte KNT'lerin oluşması veya büyümesi sağlanır. Uzayan bu tüplerin sarılarak kuantum kablo haline getirilmesi planlanmaktadır. NASA'nın KNT kablolar üretimindeki amacı, uzay mekiklerini ağır bakır kablolardan arındırıp, KNT kablolarla hafif bir yapı sağlamaktır.



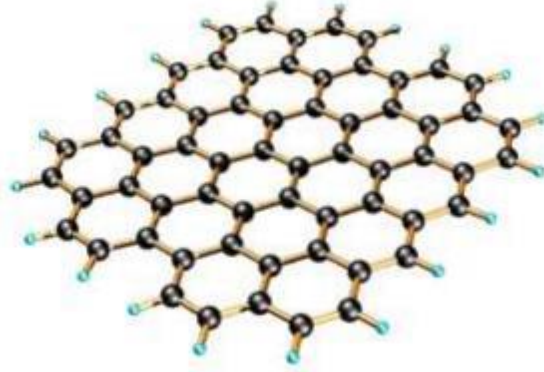
Şekil 2.6. Üç Değişik Tek Duvarlı Nanotüp Tipi: a) Zig-Zag Tipi b) Koltuk Tipi
c)Helisel Tip (chiral) [9]

2.4.2. Grafen

Grafen, iki boyutlu özelliklere sahip bir kristalin karbon allotropudur. Grafende, karbon atomları, düzenli sp^2 hibritleri ile bal peteği şeklinde hekzagonal yapıda istiflenirler. Grafen, bir atom kalınlığında grafit tabakası olarak tanımlanabilir. Grafit, kömür, karbon nanotüpler ve fullerenler de dahil olmak üzere diğer allotropların temel yapısal elementidir. Ayrıca düz polisiklik aromatik hidrokarbonlar ailesinin sınırsız büyük bir aromatik molekülü olarak da kabul edilebilir. [12]

Grafen araştırması, maddenin 2004'te ilk kez izole edilmesinden bu yana hızla genişlemiştir. Araştırma, hepsi on yıl önce hesaplanan grafen bileşiminin, yapısının ve özelliklerinin teorik açıklamaları ile gündeme gelmiş ve yüksek kaliteli grafenin de izole edilmesinin şaşırtıcı derecede kolay olduğu ve daha fazla araştırmaya yol açtığı da kanıtlanmıştır. Manchester Üniversitesi'nden Andre Geim ve Konstantin Novoselov, 2010'da "iki boyutlu malzeme grafene ilişkin çığır açan deneyler" konulu çalışmaları ile

Nobel Fizik Ödülü'nü kazanmıştır. Şekil 'de tek bir grafen tabakasının ideal yapısı verilmiştir.[12]



Şekil 2.7. Tek bir grafen tabakasının ideal yapısı [12]

2.4.2.1. Grafenin Kimyasal Özellikleri

Grafen, her bir atomun iki taraftan kimyasal reaksiyona maruz kaldığı (2D yapı nedeniyle) tek karbon (ve genellikle tüm katı malzemeler) şeklindedir. Grafen tabakalarının kenarındaki karbon atomlarının özel kimyasal reaktiviteye sahip olduğu ve grafenin en yüksek karbon oranına sahip olduğu bilinmektedir (karbon nanotüpler gibi benzer malzemeler ile karşılaştırıldığında). Ayrıca, tabaka içinde çok yaygın olan çeşitli tiplerde kusurlar kimyasal reaktiviteyi artırır.

2.4.2.2. Grafenin Mekanik Özellikleri

Grafen'in öne çıkan özelliklerinden bir diğeri de doğal gücüdür. 0.142 Nm uzunluğundaki karbon bağlarının gücünden ötürü, grafen, A36 yapı çeliği için 400.000.000 veya Ara36 (Kevlar) için 37.000.000.000 ile karşılaştırıldığında, 130.000.000.000 Paskal (veya 130 gigapaskal) nihai çekme dayanımı ile şimdiye kadar keşfedilen en güçlü malzemedir. Grafen, sadece olağanüstü güçlü değildir, aynı zamanda metrekare başına 0.77 milimetre ile çok hafif bir malzemedir (karşılaştırma amacıyla, 1 metrekare kağıt kabaca 1000 kat daha ağırdır). Bir futbol alanının tamamını kaplayacak kadar büyüklükte olan tek bir grafen tabakasının (sadece 1 atom kalınlığında) 1 gram ağırlığında olacağı sık sık söylenir.

2.4.2.3. Grafenin Elektronik Özellikleri

Grafen bir yarı metal veya sıfır boşluklu yarı iletkenidir. Grafenin önemli özelliklerinden biri, çok yüksek elektrik iletkenliğine sahip, yarı metal olmasıdır (hem yük taşıyıcılar hem delikler hem de elektronlar) [13]

2.4.2.4. Grafen Sentezi

Grafen, 3 yönteme göre sentezlenir:

- Kimyasal buhar birikimi
- Doğal grafitten kimyasal veya plazma ekfoliyasyonu
- Doğal grafitten mekanik parçalanma

Grafen de tamamen sentetik olabilir, ancak bu yöntemlerin ticari olarak uygulanabilir olduğu kanıtlanmamıştır.

2.5. Kumaştan İplik Çekme (Pull-Out)

Para-aramid dokuma kumaşların çekme özelliklerini belirlenmesidir. Dokuma kumaşların tekli ve çoklu iplik çekme testlerinden elde edilen veriler kumaş çekme kuvvetleri, kumaşlardaki iplik kıvrım uzantıları ve kumaş yer değiştirmelerini içermektedir. İplik çekme kuvvetleri kumaş yoğunluğuna, kumaştaki çekme uçlarının sayısına bağlıdır. Kumaş çekme özelliklerinin kumaş yapılarındaki iplik sürtünmeleri nedeniyle darbe yükünün absorblamasında önemli roller oynayabileceği düşünüldü. [16]

İlk iplik çekme deneyleri sebastian ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. İplik çekmesini bezayağı dokuma pamuklu kumaşlara denemişlerdir. Bu düşük modüllü kumaşlar için iplik çekme tepkisi büyük ölçüde çekilen iplikler ve kesişen ipliklerdeki elastik deformasyonlar tarafından yönetilir. Kumaşın tüm alanı boyunca iplik sayısı arttıkça çekme kuvvetinin arttığını bulmuşlardır. [17]

Bazhenov enine kesitler sınırlandırılmamış kumaşın alt kenarını kenetleyen bir kumaş tutma aparatı kullanarak çeşitli iplik sayılarına ve denyelerine sahip aramid kumaşlarda iplik testleri gerçekleştirilmiştir. Maksimum çekme kuvveti artan numune uzunluğu ile doğrusal olarak artmıştır. Kumaşlarda iplik kayması düzlemde önemli bir rol oynar. Bu

tasarım kumaşın kenarlarında kullanılan tutma yerlerini yeniden konumlandırmadan bir dizi çekme deneyimi gerçekleştirebildiğinden testi kolaylaştırır. [18]

King, iplik kaymasına direnç gösteren sürtünme kuvvetlerinin hem nitel hem de niceliksel olarak anlaşılmasını sağlamak için Kevlar ipliklerin aşınma ve sürtünme özellikleri ve farklı oranlarda sürtünme direncinin bir dizi deneysel çalışmasını kullanmıştır. [19]

Kirkwood ve arkadaşları Hexcel Kevlar stili 706 kullanılarak önceden yüklenmiş enine gerginlikle iplik çekme testleri gerçekleştirmiştir. Pik çekme kuvvetinin hem önceden yüklenmiş gerilim hem de numune uzunluğu ile arttığını bulmuşlardır. Ayrıca, iplik çekme kuvvetini ve buna karşılık gelen enerji dağılımını tahmin etmek için yarı iplik çekme (pull-out) bir model sundular. [27]

Para-aramid dokuma kumaşların pull-out özelliklerinin anlaşılabilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Farklı kumaş sıklıklarına sahip Twaron[®] CT716 ve Twaron[®] CT714 dokuma kumaşların tekli ve çoklu iplik çekme özellikleri incelenmiştir [21].

K.Bilişik 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 büyüktür. Krimpten dolayı iplik uzaması, kumaşın özgül 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 [20] .

K.Bilişik, dokuma kumaşlarda kesişmenin tekli ve çoklu iplik çekme özelliklerine olan etkisini incelemiştir. Bu amaçla, tekstüre polyester iplikten üretilen bezayağı, ribs ve saten 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 [22].

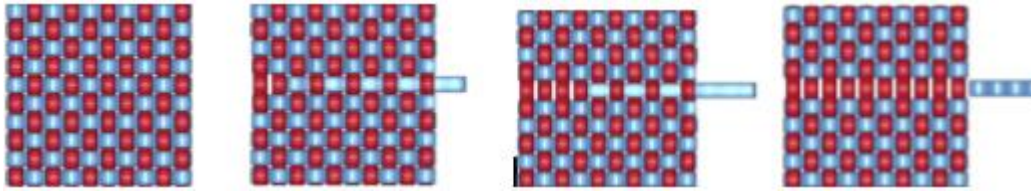
Yüksek mukavemetli kumaşlar genellikle esnekliğin ve hafifliğin önem taşıdığı balistik darbe koruma sistemlerinde kullanılır. Deneyle, yüzey sürtünmesinin bu kumaşların balistik darbe enerjisi emilimini etkilediğini göstermektedir.

Tan ve arkadaşları Twaron kumaşının tek katmanlarının balistik performansını incelemiştir. Deneylelerinde, iki zıt kenar boyunca kenetlenmiş dikdörtgen kumaş numunelerine etki etmek için farklı şekillerdeki mermiler kullanılmıştır. Deneyleleri, ipliklerin harekete geçirilmesi ve ilerleyen merminin ve mermi kumaş sürtünmesinin üstesinden gelmesinin oluşumundaki enerjinin, darbe sırasında enerji emiliminin bir mekanizması olduğunu göstermektedir. [29]

Briscoe ve Motamedi, üç farklı Kevlar kumaşının balistik vuruş performanslarına göre sürtünme özelliklerini araştırdı. Kevlar kumaşlarındaki farklı lifler arası iplik sürtünmesi, yüzeylerine kimyasal ilave edilmesiyle elde edilmiştir. Belirli bir kumaş tarzı için, perforasyon için gerekli hız artarken, artan sürtünme seviyeleri ile artık hız azalmıştır. Daha yüksek sürtünme seviyesine sahip kumaş, daha fazla miktarda enerji absorbladığı gösterilmiştir. [31]

İplik çekme kuvveti (pull-out) iki kısımdan meydana gelir. Birinci kısım, çekilen ipliğin krimpinin açılması ve krimpten dolayı ipliğin uzaması ile ipliğin yer değiştirmesi yani lokal kayma özelliklerini içermektedir. İkinci kısım ise statik ve kinetik sürtünmeleri içerir. Bunlar, kesişme bölgelerindeki başlangıç adhesyonunun aşılması, ki bu statik sürtünmedir ve sonrasında birleşim yerlerinden ayrılan kısımlarda gerçekleşen sürtünme ki, bu kinetik sürtünmedir [37]

Liflere aktarılan enerjinin, iplik çekme bölgesinin hacmi ile arttığı da bildirilmiştir. Başka bir çalışma, çok yüksek iplik içi sürtünmenin, darbe yükü sırasında erken iplik kopmasına neden olabileceğini ve nihayetinde kumaşın enerji absorblama yeteneğini azaltabileceğini ortaya koymuştur. [42]



Şekil 2.8. Para-aramit Bezayağından Pull-Out (İplik Çekilmesi) Gösterimi [17]

K.Bilişik ve M.Korkmaz, yeni geliştirilen para-aramid kumaştan katlı yapıların belirli tehlike tiplerine karşı performanslarının belirlenmesi ve bozunma modülü üzerinden enerji absorplama mekanizmasının üzerine çalışmalar yapmışlardır. Yapılar dikişli ve dikişsiz formdaydı. Yapının dikilmesi için Naylon 6-6 kullanılmıştır. [44]

Lif yüzeyinin etkisi ve hacim özellikleri lif – lif sürtünme üzerinde tanımlanmıştır [51].

Kirkwood ve arkadaşları, Kevlar dokuma kumaşın balistik esaslı özellikleri çekici olup merminin çarpması ile önce iplikler üzerindeki krimp kalkar sonra iplikler uzar ve daha sonrada kumaştan çekilirler. Balistik mukavemetine etki eden faktörler iplik tipi, iplik numarası, örgü, çözgü ve atkı iplik özellikleridir. Burada mermi büyüklüğü, geometrisi ve hızını da sayabiliriz. Bu çalışmada Kevlar ipliğinin yapı içindeki friksiyon özelliklerinin kumaşın balistik performansını etkilediği ifade edilmiştir. Ayrıca kumaştan ipliğin çekilmesi için gerekli enerji, örnek uzunluğuna, örneğin tutulma gerginliğine, çekilen iplik uç sayısına, çekme sırasına ve ipliğin çekilme uzunluğuna bağlı olduğu, ipliğin çekildiği esnadaki friksiyon direncinin karmaşık olduğu ifade edilmiştir. [52]

3. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL KUMAŞA UYGULANAN TESTLER ve YÖNTEMLERİ

3.1. Kumaş özellikleri

Tablo 3.1. para-aramid Twaron kumaşının özellikleri gösterilmektedir.

Kumaş yüzeyinde dolu olan kutunun çözgüyü, boş olan kutunun atkısını göstermiş olduğu tek kesişimli bezayağı (1/1) kumaş kullanılmıştır (CT 747, Teijin, Jp). Kumaşlar, 336 tex lifler kullanılarak dokunmuştur.

Tablo 3.1. Elyaf ve para-aramid kumaşın özellikleri.

Lif türü	Elyaf çapı (μm)	Lif yoğunluğu / İplik doğrusal yoğunluğu (g/cm^3 , dtex, K)		Gerilme direnci (GPa)	Gerilme modülü (GPa)	Kopma uzaması (%)	Erime sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)			
		çözgü	atki							
Twaron lif										
Para-aramid (Twaron CT [®] , Teijin, JP)	12	1.45 / 3360 dtex bükümsüz iplik		3.2	115	2.9	450			
Kumaş										
Kumaş bilgisi	dokuma	Kumaş davranışı	İplik doğrusal yoğunluğu (untwisted, tex)		Kumaş alan yoğunluğu (per 10 cm)	Kumaş alan ağırlığı (g/m^2)	İplik kıvrımı (%)		Kumaş kalınlığı (mm)	
			çözgü	atki			çözgü	atki		
Twaron CT [®] 747	bezayağı(1/1)	Su geçirmez	336	336	62.5	62.5	410	5.8	5.9	0.62

3.2. MWCNTs Özellikleri

Karbon nanotüpler 3D tüp veya silindir gibi yuvarlanmış ince bir filmidir. Çok hafif olması yüksek elastiklik modülüne sahip olması en önemli özellikleridir.

Tablo 3.2. Çok duvarlı karbon nanotüplerin özellikleri (MWCNTs).

Nano materyal	Parçacık boyutu (çap x uzunluk x duvar kalınlığı) (nm x micron x nm)	Yüzey alanı (m ² /g)	Saflığı (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Gerilme direnci (GPa)	Gerilme modülü (TPa)	Erime sıcaklığı (°C)
Karbon nanotüp (MWCNTs, Nanothinx,GR)	15-35 x 10 [≥] x 1-2 [≥]	>100	≥97	1.74	200	1.0	3550

3.3 GNPs özellikleri

Graphene en ince tabakası olan 2D filmidir. Çok ince olmasına rağmen mukavemeti yüksektir. Gerilme dayanımı oldukça yüksektir.

Tablo 3.3. Nanografen özellikleri (GNPs).

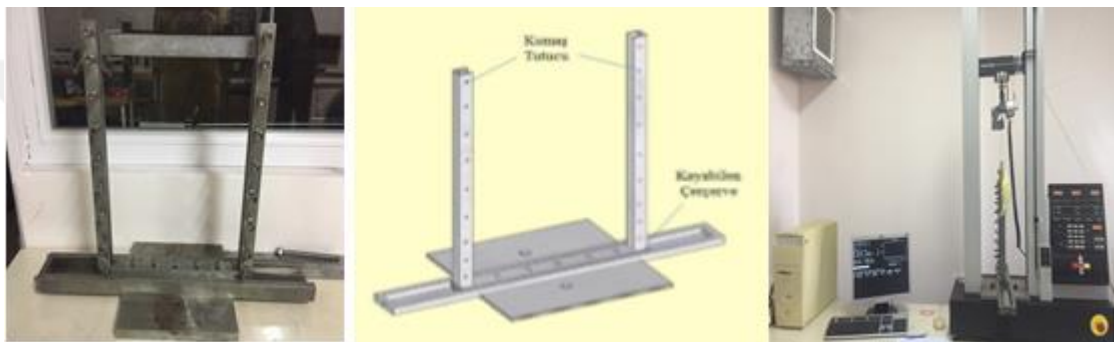
Grafen materyal	Parçacık boyutu nm	Yüzey alanı (m ² /g)	Saflığı (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Molekül ağırlığı g/mol	Erime sıcaklığı (°C)
Nanografen (GNPs)	25	120-150	≥99	2.2	12,01	3652-3697

3.4. Kumaştan İplik Çekme Aparatı

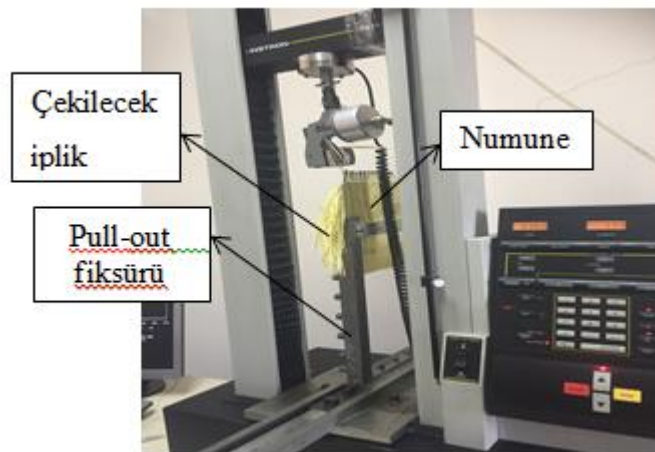
Kumaş içinden iplik çekme deneyi için daha önceki çalışmalardan geliştirilen iplik çekme aparatı kullanıldı. İplik çekme aparatının görünümü Şekil 1.1 de verilmiştir. İplik çekme deney aparatının test eni 30cm boyu 50cm olacak şekilde örnekler belirlendi. En 30 cm sabit olacak şekilde iplik çekme deney aparatına istenilen boyda kumaş yerleştirilerek iplik çekme deneyi yapılabilmektedir. Çekme cihazına daha önce Bilişik ve ekibi tarafından geliştirilen pull-out fikstürü denilen bir aparat takılarak yapıldı.

Fikstür, test cihazını tutacak bir taban plakasından oluşmuştur. Test cihazından çekilecek iplik uçlarının konumunu ayarlayacak kayan bir çerçeve vardır. Kumaş kenarlarına gerekli basıncı uygulamak için kumaş tutucu vardır. Numuneyi kumaş tutucularına yerleştirilir. Çerçeve Instron cihaza yerleştirilir. Test çekme hızı 20mm/dak. olarak ayarlanır.

Ayrıca kumaşın istenilen bölgesinden iplik çekilebilmesi için aparat ileri ve geri doğru hareket ettirilebilmektedir.



Şekil 3.1. İplik Çekme Deney Fikstürü ve Instron Mukavemet Cihazı.



Şekil 3.2. Instron Mukavemet Cihazına Numunenin yerleştirilmesi.

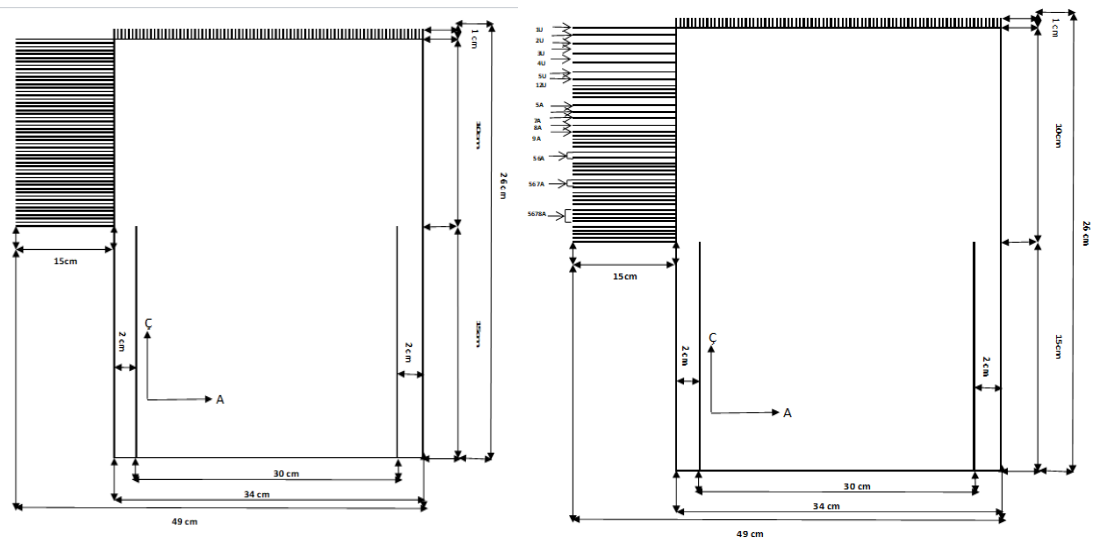
3.5. İplik Çekme (Pull-Out) Deney Planı

İplik çekme deneyi Instron 4411 mukavemet cihazında yapıldı. Test hızı 20 mm/dak olarak belirlendi. Kevlar kumaşından atkı yönünde hazırlanan test numunesi ölçüleri

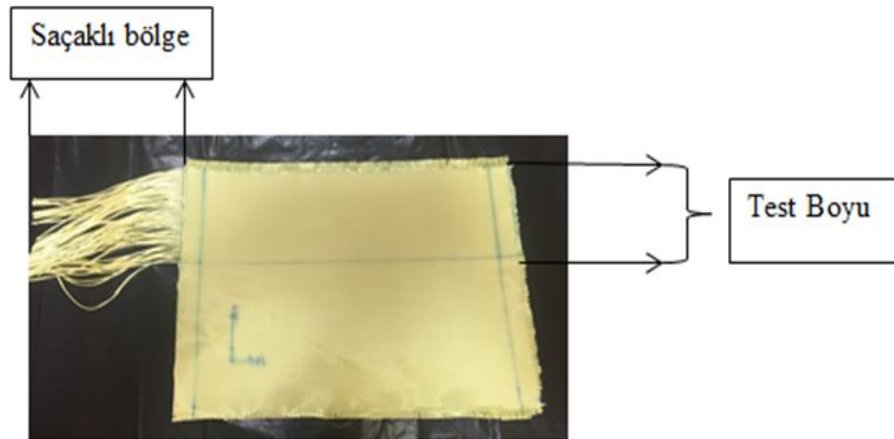
49x26 olarak belirlendi. Hazırlanan test numuneleri atkı yönündeki iplikleri kumaş içinden çekebilmek ve mukavemet cihazının çenesine yerleştirebilmek için atkı yönünde 15 cm fazla olarak hazırlandı.

15 cm'lik mesafede atkı iplikleri çıkarılarak saçaklandırıldı. İplik çekme testleri saçaklanmış kısımdan yapılır. İplik çekme deney planındaki ölçülere göre hazırlanan kumaşlar iplik çekme aparatına yerleştirilerek kenarlardaki sıkıştırma vidaları ile sıkıştırılmıştır. Bu durum şekil 1.1' de görülmektedir. Test numunesi test aparatına yerleştirilirken sağ ve sol kenardan 2 cm'lik kısmı aparatın içerisine sıkıştırılarak takılmaktadır.

İplik çekme deney aparatına yerleştirilen kumaşlar mukavemet cihazına yerleştirilerek kumaş içinden ipliklerin çekilme kuvvetleri ölçülmüştür. İplik çekme testleri kumaşta tekli ve çoklu iplikler çekilerek yapıldı. Test numuneleri kuru, prepreg, nanopreg (MWCNTs) %0,1, nanopreg (MWCNTs) %0,5, nanopreg (MWCNTs) %0,7, Nanopregre graphene (GNPs) %0,1, Nanopregre graphene (GNPs) %0,5, Nanopregre graphene (GNPs) %0,7 numunelerine testler için hazırlanmıştır. Çekme testlerinin yapıldığı cihazda test numunelerinin isimleri kodlama yapılarak girilir.



Şekil 3.3. Tekli ve Çoklu İplik Çekimi Numunesi.



Şekil 3.4. Kumaştan kesilen numunenin saçaklandırılmış hali.

3.6. Numunelere Testin Uygulanması

3.6.1. Kuru Kumaşa Testin Uygulanması

Para-aramid (Kevlar) bezayağı kumaşından 49cm atkı boyunda ve 26cm çözgü yönünde numune kesilir. Atkı yönünde 15 cm didme işlemi uygulanır. Kumaşın eğilme açısı ve ipliğin yaptığı açığı ölçmek için kumaşın sağdan 7,5cm ortada 15 cm soldan 7,5cm işaretlenir.

İplik çekme deneyi için Instron 4411 mukavemet cihazına yerleştirilir. Hızı 20 mm/dak olarak ayarlanır. Bilgisayara kod girilerek iplik çekme işlemine başlanır. Numunenin mukavemet cihazına yerleştirilmesi ve uygulanması aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 3.5. Numunenin Instron Cihazına Yerleştirilmesi.

3.6.1.1. Numunenin üstten 1 iplik çekilmesi (T1U)

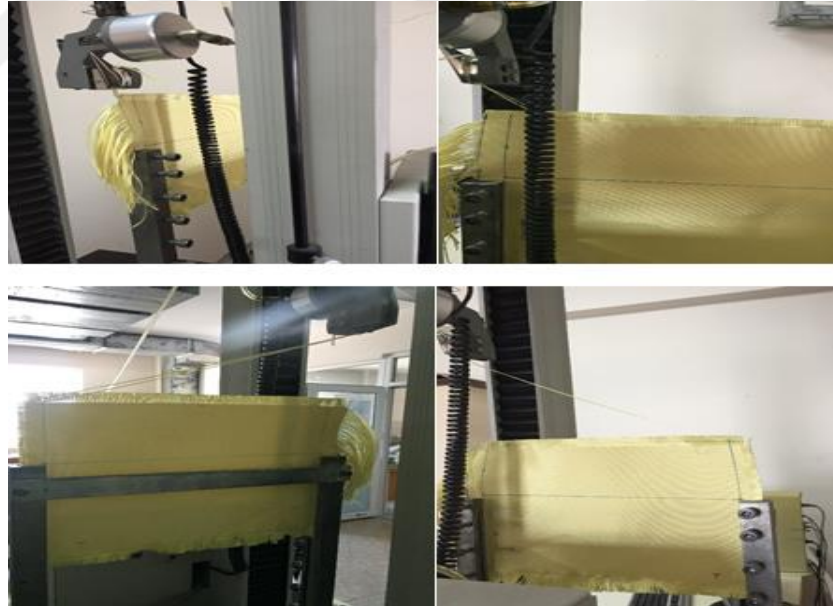
Atkı ipliklerinde 1 tane alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.6. Üstten 1 tane iplik çekiminin yapıldığı numune.

3.6.1.2. Numuneden üstten 2 iplik çekilmesi (T2U)

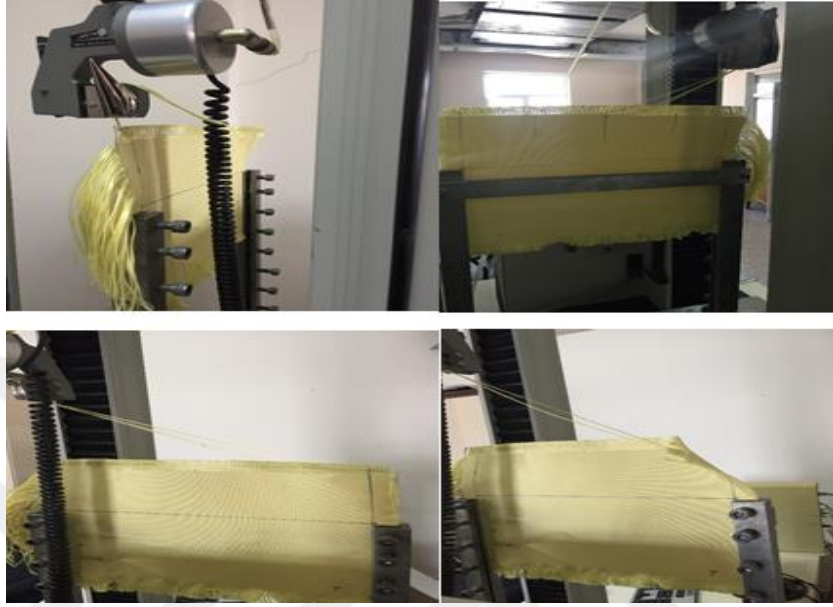
Atkı ipliklerinden 2 tane iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.7. Üstten 2 tane iplik çekiminin yapıldığı numune.

3.6.1.3. Numuneden üstten 3 iplik çekilmesi (T3U)

Atkı ipliklerinden 3 tane iplik alınıp çeneye yerleştirilir.



Şekil 3.8. Üstten 3 tane iplik çekiminin yapıldığı numune.

3.3.1.4. Numuneden üstten 4 iplik çekilmesi (T4U)

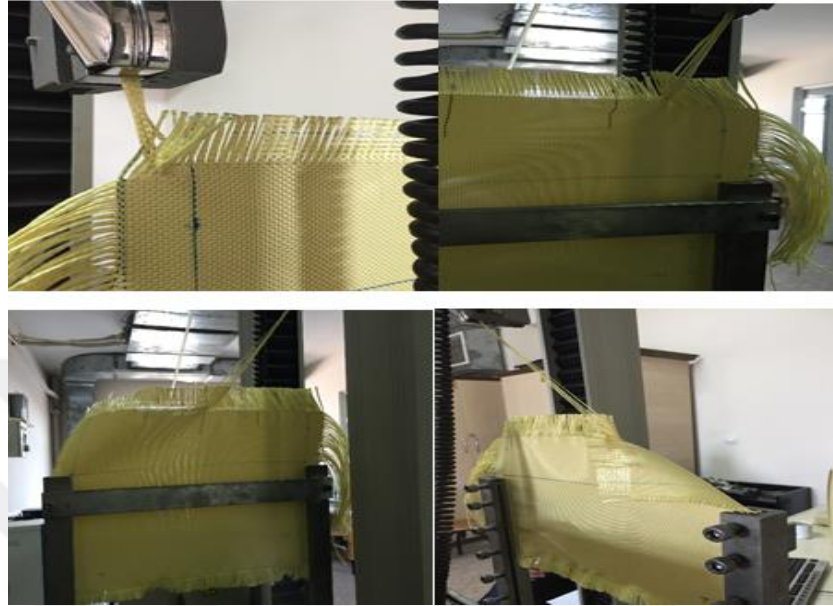
Atkı ipliklerinde 4 tane iplik alınıp çeneye yerleştirilir.



Şekil 3.9. Üstten 4 tane iplik çekiminin yapıldığı numune.

3.6.1.5. Numuneden üstten 5 iplik çekilmesi (T5U)

Atkı ipliklerinden 5 tane alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.10. Üstten 5 tane iplik çekiminin yapıldığı numune.

3.6.1.6. Numuneden üstten 12 iplik çekilmesi (T12U)

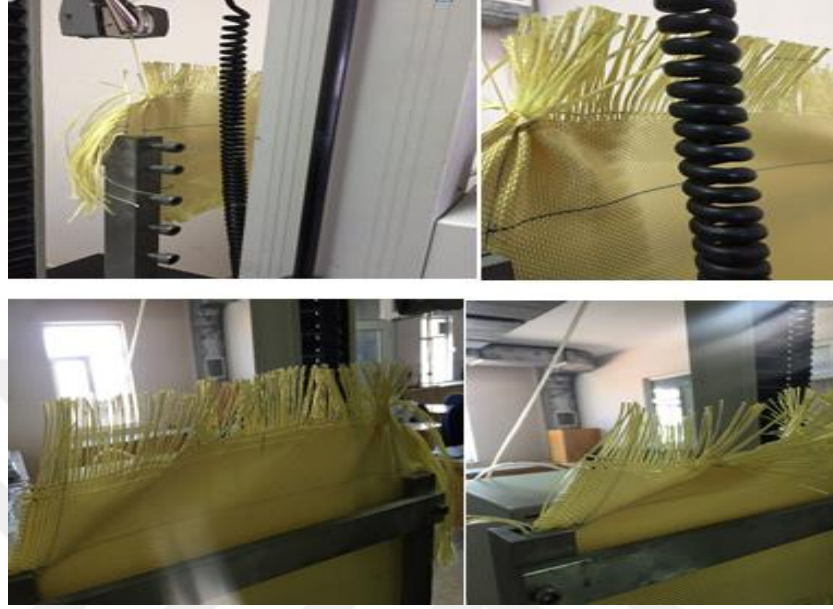
Atkı ipliklerinden 12 tane alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.11. Üstten 12 tane iplik çekiminin yapıldığı numune.

3.6.1.7. Numuneden alttan 5. İplik çekilmesi (T5A)

Atkı ipliklerinden 4 iplik serbest bırakılıp 5. İpliği çeneye tutturulur.



Şekil 3.12. Alttan 5. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.

3.6.1.8. Numuneden alttan 6. İpliğin çekilmesi (T6A)

Atkı ipliklerinden 4 iplik serbest bırakılıp 6. İplik çenelere tutturulur.



Şekil 3.13. Alttan 6. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.

3.6.1.9. Numuneden alttan 7. İpliğin çekilmesi (T7A)

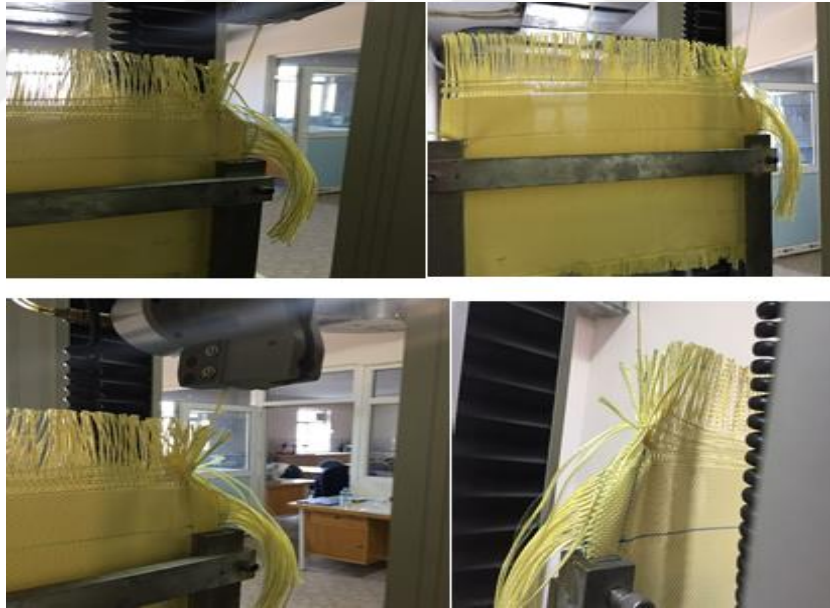
Atkı ipliklerinden 4 iplik serbest bırakılıp 7. İplik çenelere tutturulur.



Şekil 3.14. Alttan 7. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.

3.6.1.10. Numuneden alttan 8. İpliğin çekilmesi (T8A)

Atkı ipliklerinden 4 iplik serbest bırakılıp 8. İplik çenelere tutturulur.



Şekil 3.15. Alttan 8. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.

3.6.1.11. Numuneden alttan 9. İpliğin Çekilmesi (T9A)

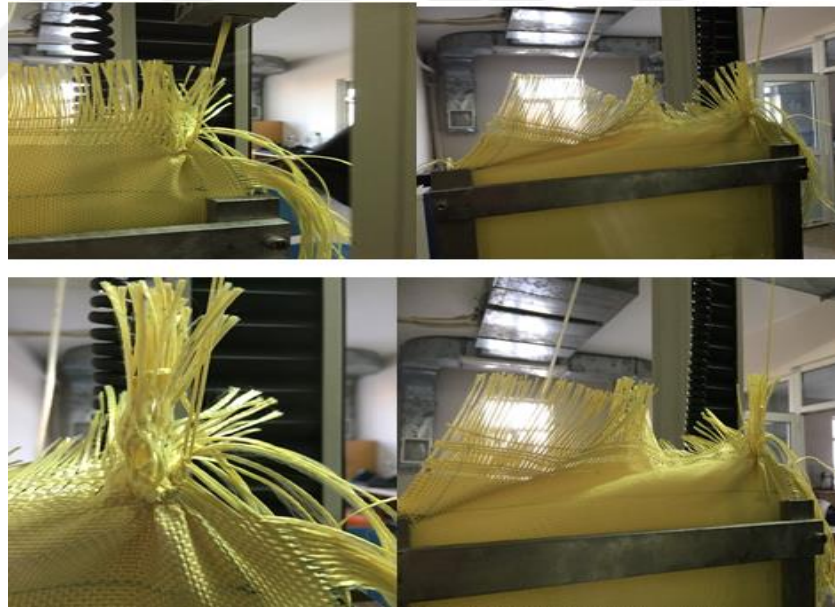
Atkı ipliklerinden 4 iplik serbest bırakılıp 9. İplik çenelere tutturulur.



Şekil 3.16. Alttan 9. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.

3.6.1.12. Numuneden alttan 5 ve 6. İpliğin çekilmesi (T56A)

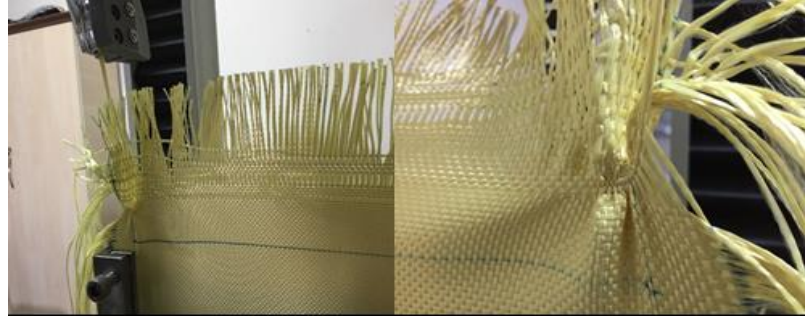
Atkı ipliklerinden 4 iplik serbest bırakılıp 5ve 6 İplik birlikte çenelere tutturulur.



Şekil 3.17. Alttan 5-6. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.

3.6.1.13. Numuneden Alttan 5-6 ve 7. İpliğin Çekilmesi (T567A)

Atkı ipliklerinden 4 iplik serbest bırakılıp 5, 6 ve 7 İplik birlikte çenelere tutturulur.



Şekil 3.18. Alttan 5-6-7. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.

3.6.1.14. Numuneden Alttan 5-6-7 ve 8. İpliğin Çekilmesi (T5678A)

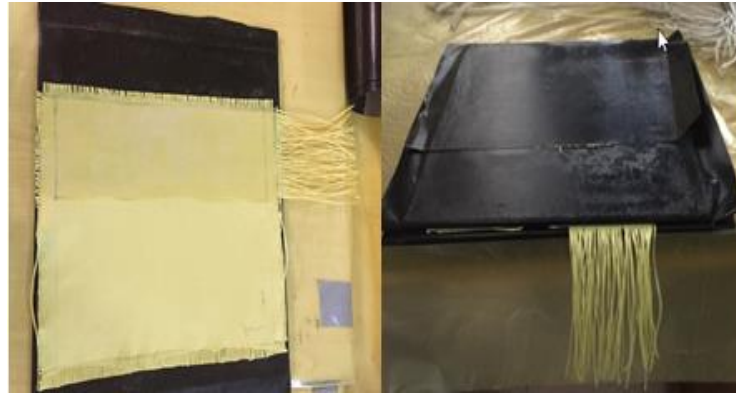
Atkı ipliklerinden 4 iplik serbest bırakılıp 5- 6 -7 ve 8. İplik birlikte çenelere tutturulur.



Şekil 3.19. Alttan 5-6-7-8. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.

3.6.2. Prepreg Kumaşa Testin Uygulanması (L Kodlu)

Kuru kumaş tartılır (40 gr). Kuru kumaşa önce ısı işlem uygulanarak içerisindeki nem giderilir (40 derece, 60 dakika). Reçine (epoxy) kumaş ağırlığının 85%'i kadar tartılır ve üzerine 15%'i kadar hardaner (sertleştirici) eklenir. Bir kapta hazırlanan reçine kumaşın iki yüzeyine sürülür ve kalıplar arasına yerleştirilir. Etüv önceden 150 derecede 30 dakika ısıtılır. Isıtma işlemi tamamlandıktan sonra kalıp fırında 150 derecede 30 dakika da pişirilir. Sonra, kapağı açılarak 15 dakika soğutulur. Numune Instron 4411 mukavemet cihazında 20 mm/dk teste tabi tutulur.



Şekil 3.20. Numune kumaşa reçinenin sürülmesi ve plaka arasına yerleştirilmesi

3.6.2.1. Numuneden üstten 1 iplik çekilmesi (L1U)

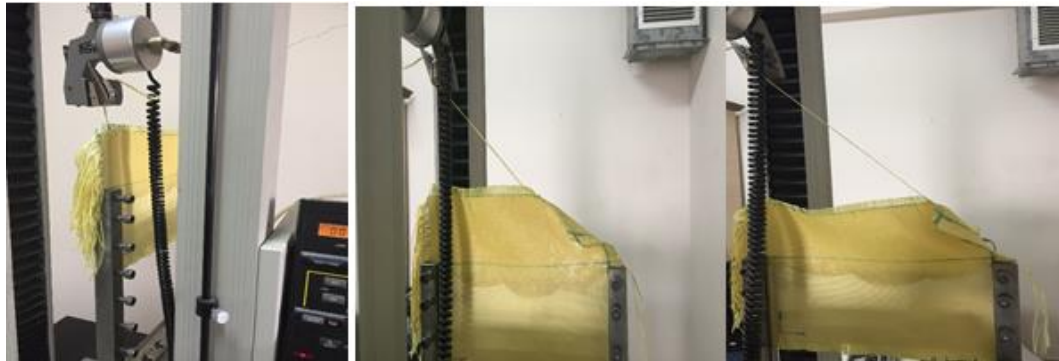
Atkı ipliklerinden 1 tane iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.21. Üstten 1 tane ipliğin çekiminin yapıldığı numune.

3.6.2.2. Numuneden üstten 2 iplik çekilmesi (L2U)

Atkı ipliklerinden 2 tane iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.22. Üstten 2. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.

3.6.2.3. Numuneden üstten 3 iplik çekilmesi (L3U)

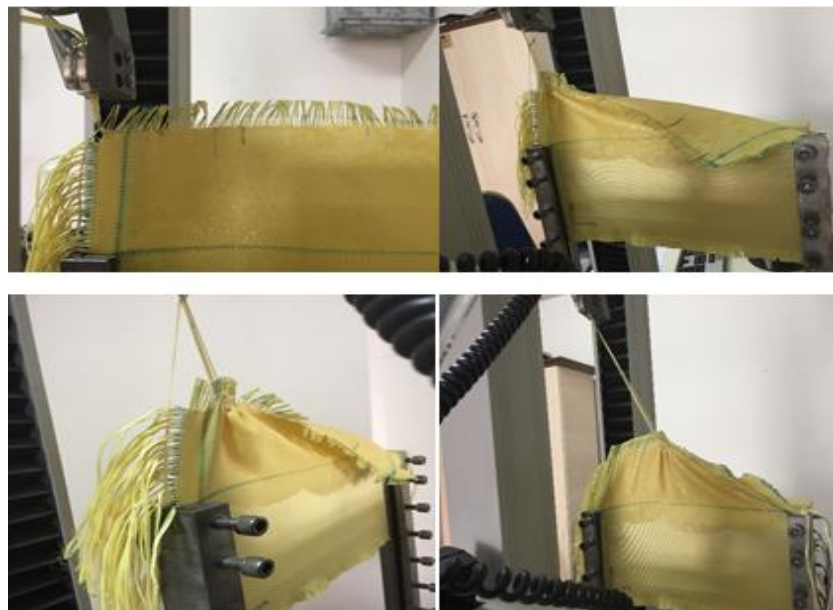
Atkı ipliklerinden 3 tane iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.23. Üstten 3. ipliğin çekiminin yapıldığı numune.

3.6.2.4. Numuneden üstten 4 iplik çekilmesi (L4U)

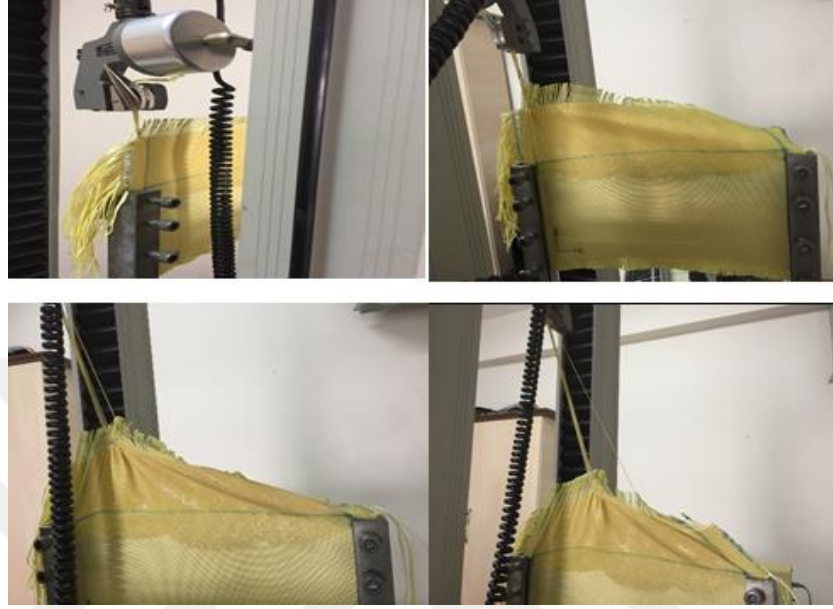
Atkı ipliklerinden 4 tane iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.24. Üstten 4. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.

3.6.2.5. Numuneden üstten 5 iplik çekilmesi (L5U)

Atkı ipliklerinden 5 tane iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.25. Üstten 5. ipliğin çekiminin yapıldığı prepeg numune.

3.6.2.6. Numuneden üstten 12 iplik çekilmesi (L12U)

Atkı ipliklerinden 12 tane iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.26. Üstten 12. ipliğin çekiminin yapıldığı prepeg numune.

3.6.2.7. Numuneden alttan 5. iplik çekilmesi (L5A)

Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 5. iplik çeneye tutturulur.



Şekil 3.27. Altan 5. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.

3.6.2.8. Numuneden alttan 6. iplik çekilmesi (L6A)

Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 6. iplik çeneye tutturulur.



Şekil 3.28. Altan 6. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.

3.6.2.9. Numuneden alttan 7. iplik çekilmesi (L7A)

Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 7. iplik çeneye tutturulur.



Şekil 3.29. Altan 7. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.

3.6.2.10. Numuneden alttan 8. iplik çekilmesi (L8A)

Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 8. iplik çeneye tutturulur.



Şekil 3.30. Altan 8. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.

3.6.2.11. Numuneden alttan 9. iplik çekilmesi (L9A)

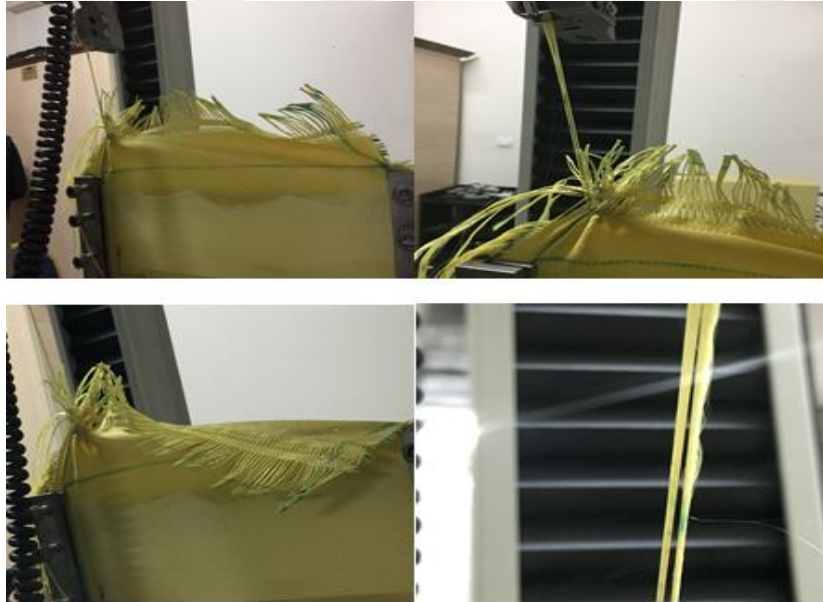
Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 9. iplik çeneye tutturulur.



Şekil 3.31. Alttan 9. ipliğin çekiminin yapıldığı prepeg numune.

3.6.2.12. Numuneden alttan 5-6. iplik çekilmesi (L56A)

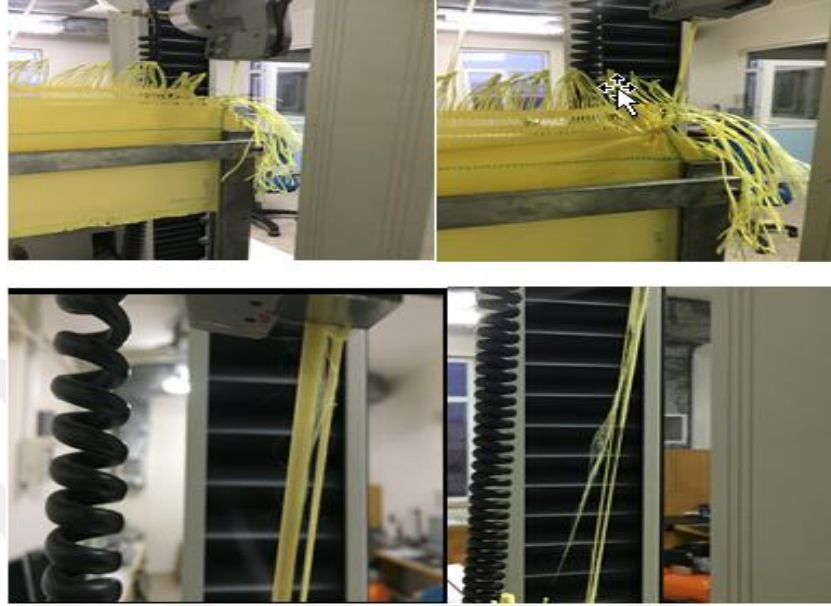
Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 5 ve 6. İplik birlikte çeneye tutturulur.



Şekil 3.32. Alttan 5-6. ipliğin çekiminin yapıldığı prepeg numune.

3.6.2.13. Numuneden alttan 5-6-7. iplik çekilmesi (L567A)

Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 5- 6 ve 7. İplik birlikte çeneye tutturulur.



Şekil 3.33. Alttan 5-6-7. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.

3.6.2.14. Numuneden alttan 5-6-7-8. iplik çekilmesi (L5678A)

Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 5- 6-7 ve 8. iplik birlikte çeneye tutturulur.

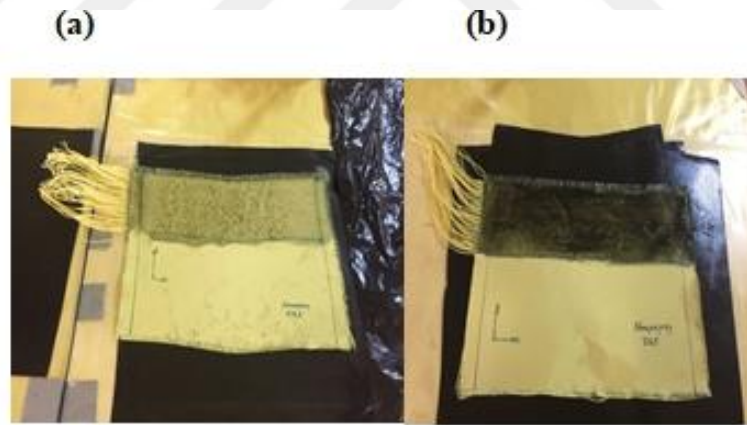


Şekil 3.34. Alttan 5-6-7-8. ipliğin çekiminin yapıldığı prepreg numune.

3.6.3. Nanopreg [Carbon nanotubes-MWCNTs] Form da Testin Uygulanması (0,1%), (0,5%), (0,7%)

Kuru kumaş tartılır (40 gr). Reçine kumaş ağırlığının 85%'i kadar araldite (epoxy) tartılır. Reçine (epoxy) önce vakumlanır (5 dakika). MWCNTs reçinenin 0,1% ağırlığında tartılır ve epoxy aktarılır. Karışım magnetik karıştırıcıda 20 dakika karıştırılır. Daha sonra ultrasonda 120 dakika karıştırılır. Bu karışıma sertleştirici (hardener) eklenir ve yavaşça spatüle karıştırılır. Daha sonra, karışım 10 dakika vakumlanır.

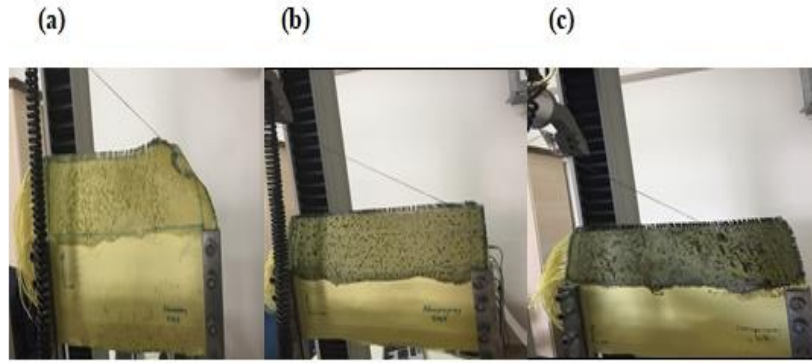
Kuru kumaşa önce etüvde ısıl işlem uygulanarak içerisindeki nem giderilir (40 derece, 60 dakika). Daha sonra, epoxy/MWCNTs karışımı kumaşın iki yüzeyine uygulanır. Etüv önceden 150 derecede 30 dakika ısıtılır. Epoxy/nano kumaş kalıplanır. Kalıp fırında 150 derecede 30 dakika pişirilir. Sonra, kapağı açılarak 15 dakika soğutulur. Numune Instron 4411 mukavemet cihazında 20mm/dk teste tabi tutulur.



Şekil 3.35. 0,1% (a) ve 0,5% (b) Numunelerine Nanopreg uygulanması.

3.6.3.1. Numunenin üstten 1 iplik çekilmesi (N11U) (N51U) (N71U)

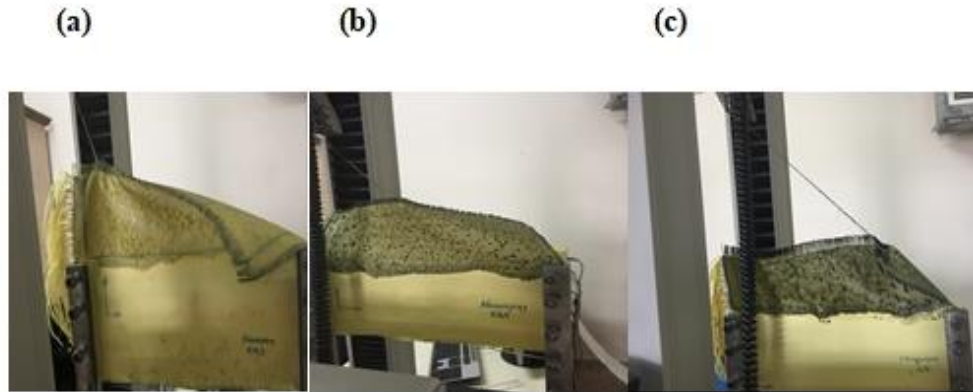
Atkı ipliklerinden 1 tane iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.36. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropeg numunelerinin üstten 1 tane iplik çekilmesinin test sırasındaki görüntüsü.

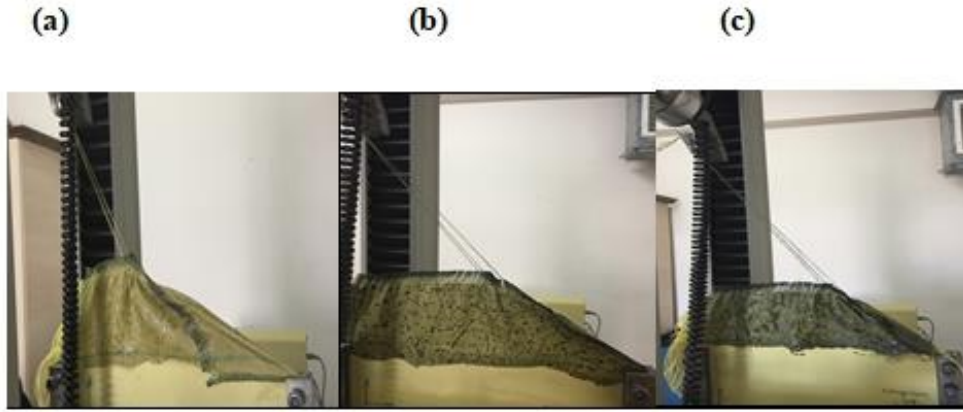
3.6.3.2. Numunenin üstten 2 iplik çekilmesi (N12U) (N52U) (N72U)

Atkı ipliklerinde 2 tane iplik alınıp çeneye tutturulur.



3.6.3.3. Numunenin üstten 3 iplik çekilmesi (N13U) (N53U) (N73U)

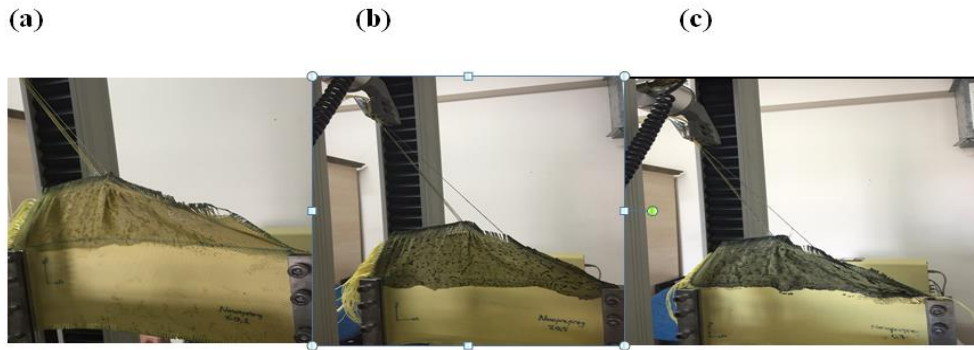
Atkı ipliklerinde 3 tane iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.37. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 3 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.3.4. Numunenin üstten 4 iplik çekilmesi (N14U) (N54U) (N74U)

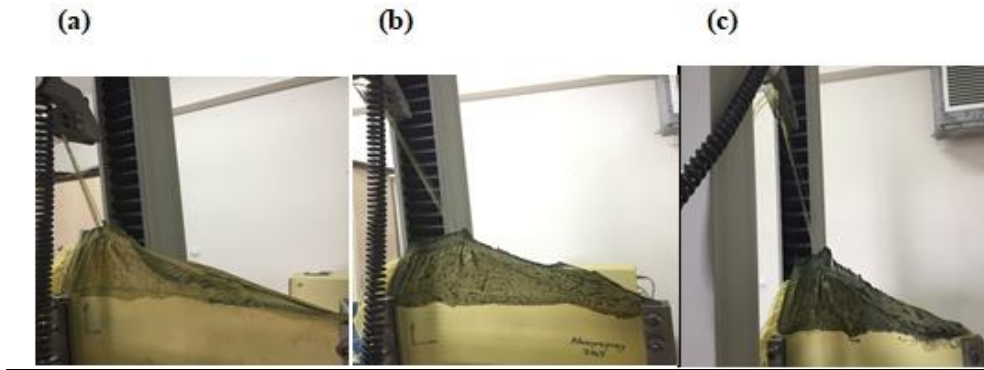
Atkı ipliklerinde 4 tane iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.38. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopropreg numunelerinin üstten 4 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.3.5. Numunenin üstten 5 iplik çekilmesi (N15U) (N55U) (N75U)

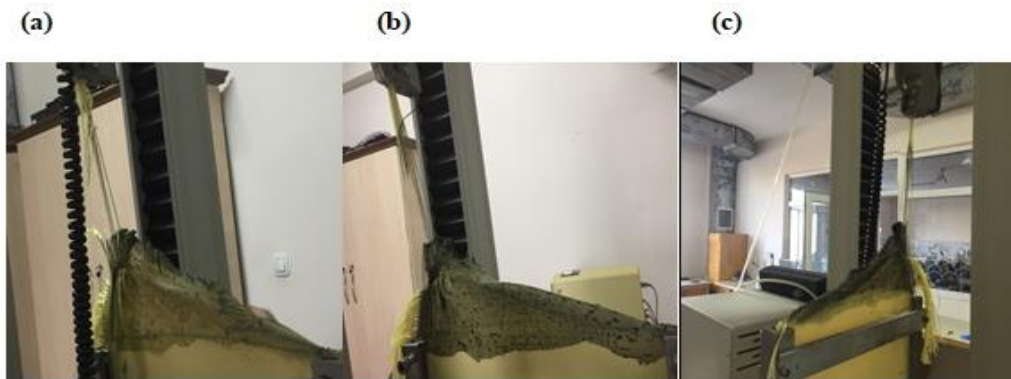
Atkı ipliklerinde 5 tane iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.39. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopreg numunelerinin üstten 5 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.3.6. Numunenin üstten 12 iplik çekilmesi (N112U) (N512U) (N712U)

Atkı ipliklerinde 12 tane iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.40. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopreg numunelerinin üstten 12 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.3.7. Numunenin alttan 5. iplik çekilmesi (N15A) (N55A) (N75A)

Atkı ipliklerinde 4 tane iplik bırakılıp 5. İplik çeneye tutturulur.

(a) (b) (c)



Şekil 3.41. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanoproreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.3.8. Numunenin alttan 6. iplik çekilmesi (N16A) (N56A) (N76A)

Atkı ipliklerinde 4 tane iplik bırakılıp 6. İplik çeneye tutturulur.

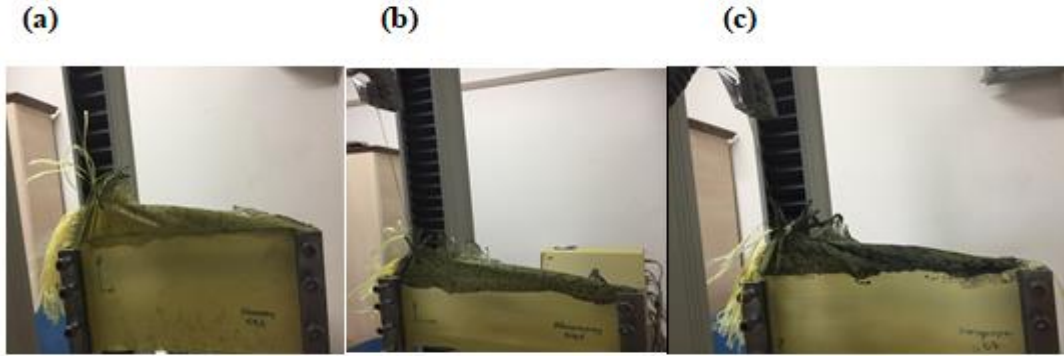
(a) (b) (c)



Şekil 3.42. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanoproreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 6. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.3.9. Numunenin alttan 7. iplik çekilmesi (N17A) (N57A) (N77A)

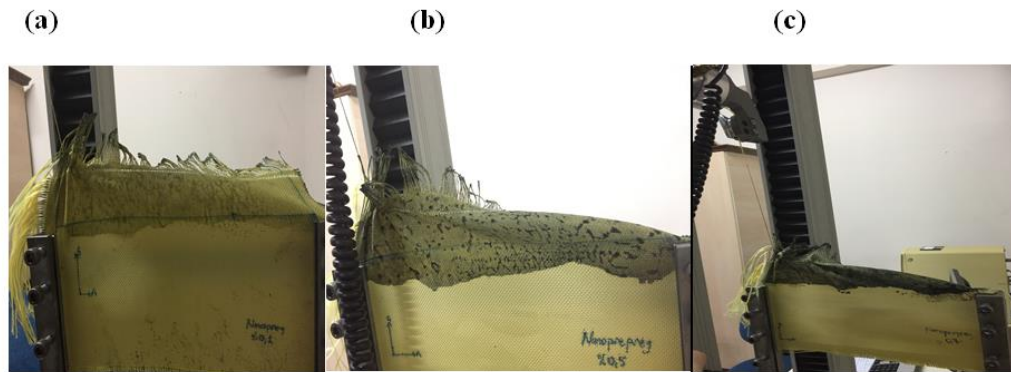
Atkı ipliklerinde 4 tane iplik bırakılıp 7. İplik çeneye tutturulur.



Şekil 3.43. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 7. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.4.10. Numunenin alttan 8. iplik çekilmesi (N18A) (N58A) (N78A)

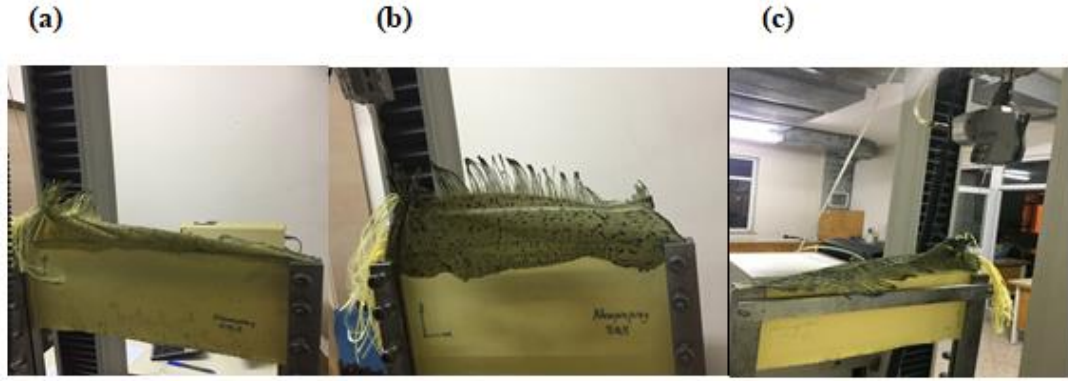
Atkı ipliklerinde 4 tane iplik bırakılıp 8. İplik çeneye tutturulur.



Şekil 3.44. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 8. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.3.11. Numunenin alttan 9. iplik çekilmesi (N19A) (N59A) (N79A)

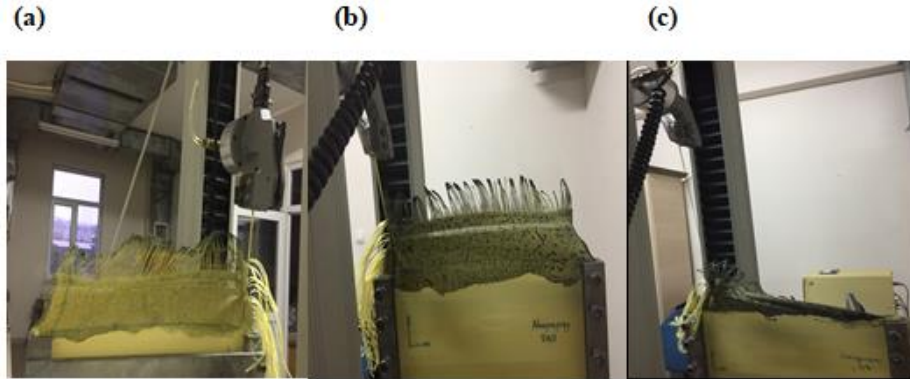
Atkı ipliklerinde 4 tane iplik bırakılıp 9. İplik çeneye tutturulur.



Şekil 3.45. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 9. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.3.12. numunenin alttan 5 ve 6. İplik çekilmesi (N156A) (N556A) (N756A)

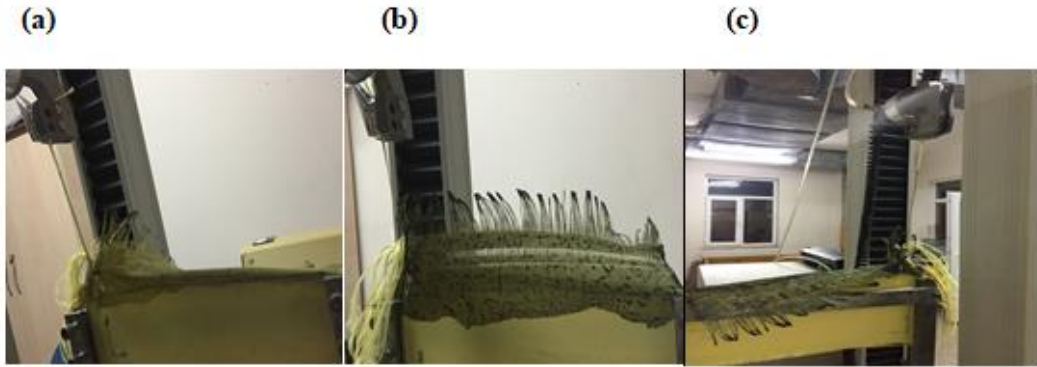
Atkı ipliklerinde 4 tane iplik bırakılıp 5 ve 6. iplik çeneye tutturulur.



Şekil 3.46. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanopreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5 ve 6. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.3.13. Numunenin alttan 5-6 ve 7. iplik çekilmesi (N1567A) (N5567A) (N7567A)

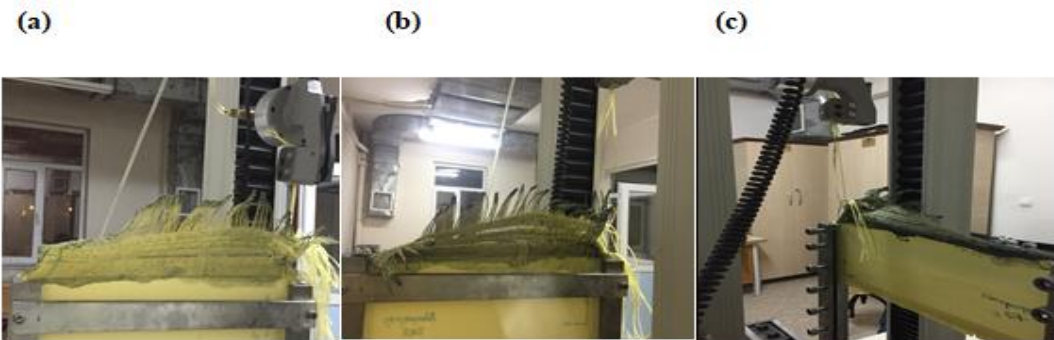
Atkı ipliklerinde 4 tane iplik bırakılıp 5-6 ve 7. İplik birlikte çeneye tutturulur.



Şekil 3.47. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanoproreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5-6 ve 7. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.3.14. Numunenin alttan 5-6-7 ve 8. İplik çekilmesi (N15678A) (N55678A) (N75678A)

Atkı ipliklerinde 4 tane iplik bırakılıp 5-6-7 ve 8. İplik birlikte çeneye tutturulur.



Şekil 3.48. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) nanoproreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5-6-7 ve 8. ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

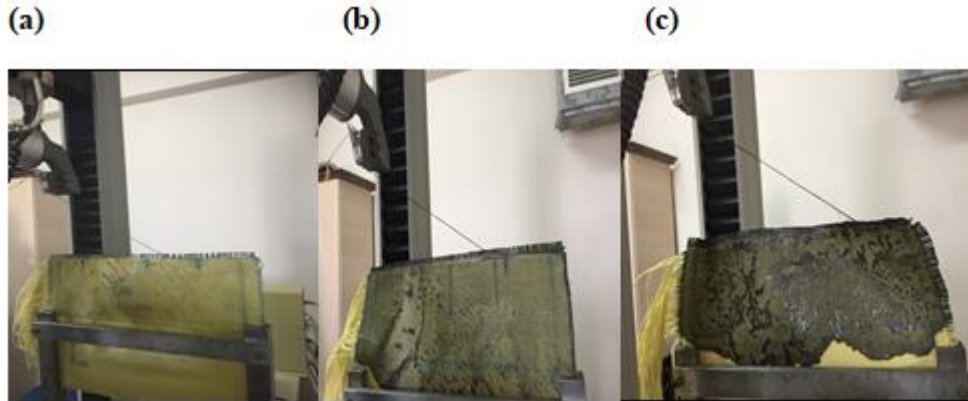
3.6.4. Nanopreg [Graphene Nanoplatelets-GNPs] Form da Testin Uygulanması (0,1%), (0,5%) ve (0,7%)

Kuru kumaş tartılır (40 gr). Reçine kumaş ağırlığının 85% kadar araldite (epoxy) tartılır. Reçine (epoxy) önce vakumlanır (5 dakika). GNPs tartılır (reçinenin 0.1%, ağırlıkça) ve epoxy aktarılır. Karışım magnetik karıştırıcıda 20 dakika karıştırılır. Daha sonra ultrasonda 120 dakika karıştırılır. Bu karışıma sertleştirici (hardener) eklenir (kumaş ağırlığının 15%) ve spatüle ile karıştırılır. Daha sonra, karışım 10 dakika vakumlanır.

Kuru kumaşa önce etüvde ısıl işlem uygulanarak içerisindeki nem giderilir (40 derece, 60 dakika). Daha sonra, epoxy/GNPs karışımı kumaşa uygulanır. Etüv önceden 150 derecede 30 dakika ısıtılır. Epoxy/nano kumaş kalıplanır. Kalıp fırında 150 derecede 30 dakika pişirilir. Sonra, kapağı açılarak 15 dakika soğutulur.

3.6.4.1. Numunenin üstten 1 iplik çekilmesi (G11U) (G51U) ve (G71U)

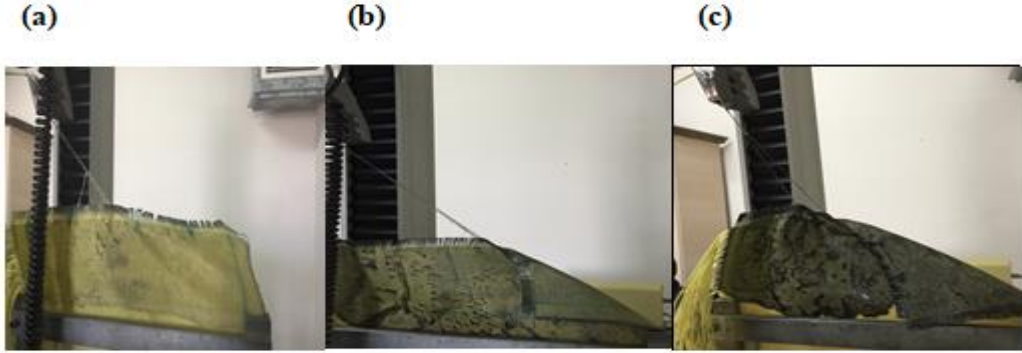
Atkı ipliklerinde 1 iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.49. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 1 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.4.2. Numunenin üstten 2 iplik çekilmesi (G12U) (G52U) (G72U)

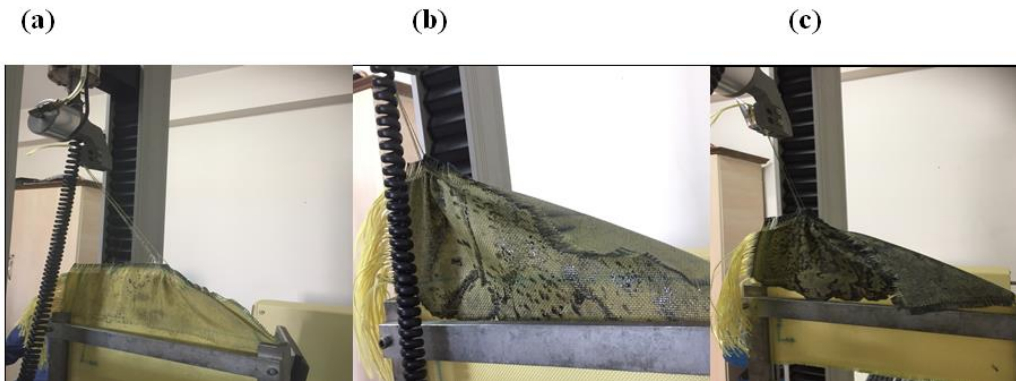
Atkı ipliklerinde 2 iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.50. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 2 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.4.3. Numunenin üstten 3 iplik çekilmesi (G13U) (G53U) (G73U)

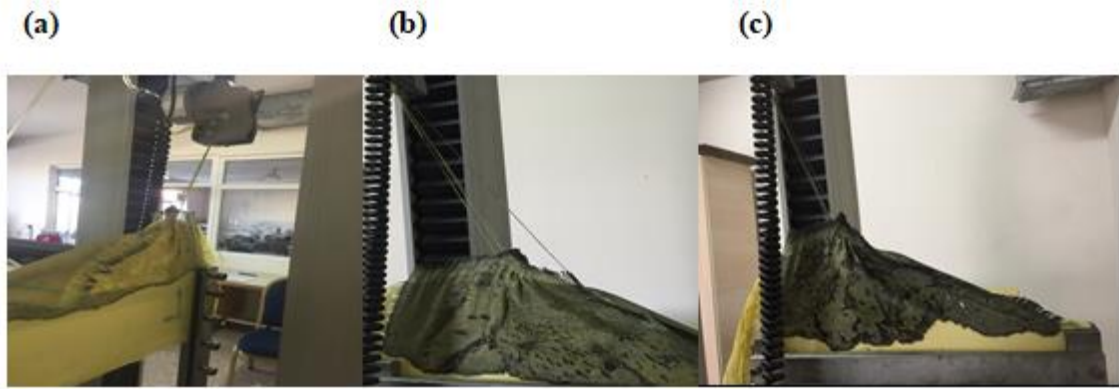
Atkı ipliklerinde 3 iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.51. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 3 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.4.4. Numunenin üstten 4 iplik çekilmesi (G14U) (G54U) (G74U)

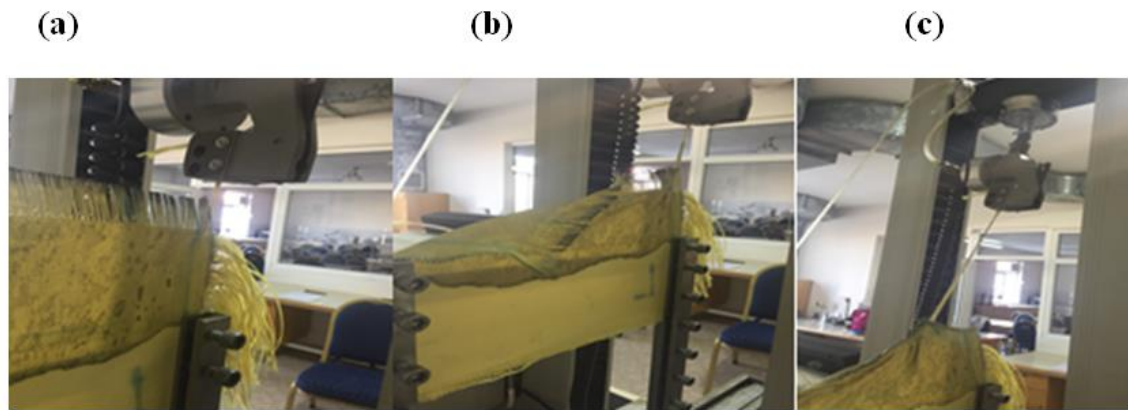
Atkı ipliklerinde 4 iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.53. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.4.5. Numunenin üstten 5 iplik çekilmesi (G15U) (G55U) (G75U)

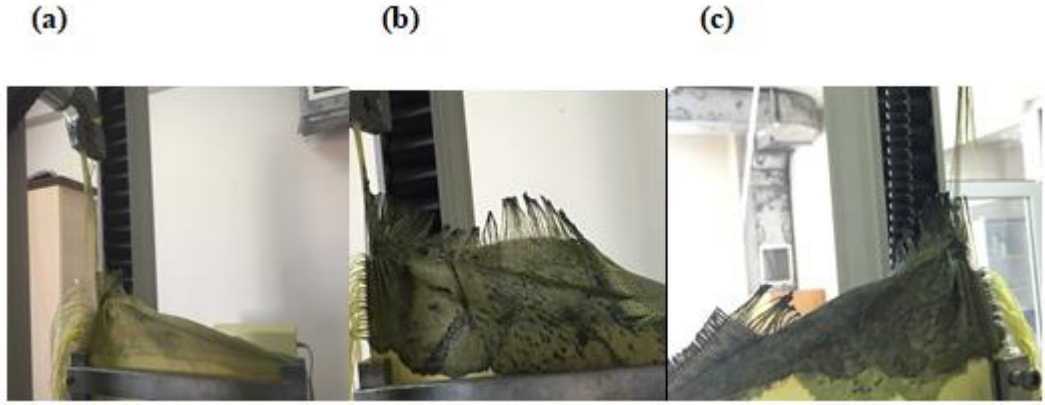
Atkı ipliklerinde 5 iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.52. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 5 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.4.6. Numunenin üstten 12 iplik çekilmesi (G112U) (G512U) (G712U)

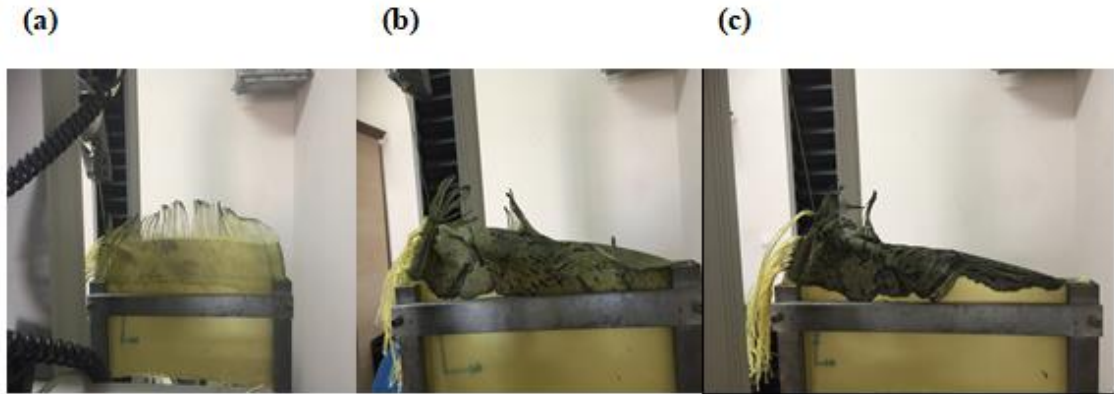
Atkı ipliklerinde 12 iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.55. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 12 tane ipliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.4.7. Numunenin alttan 5. iplik çekilmesi (G15A) (G55A) (G75A)

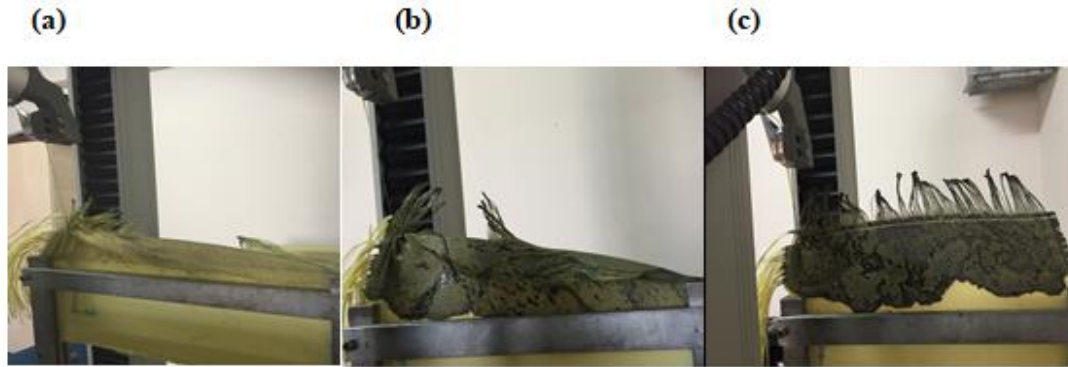
Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 5. iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.53. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.4.8. Numunenin alttan 6. İplik çekilmesi (G16A) (G56A) (G76A)

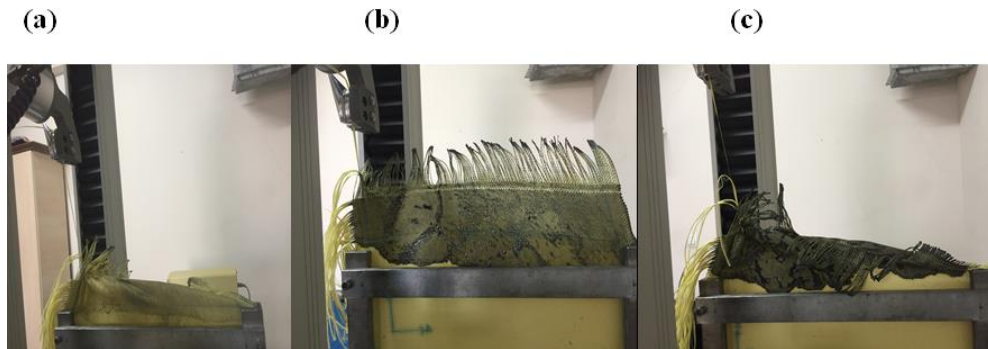
Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 6. iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.54. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 6. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.4.9. Numunenin alttan 7. iplik çekilmesi (G17A) (G57A) (G77A)

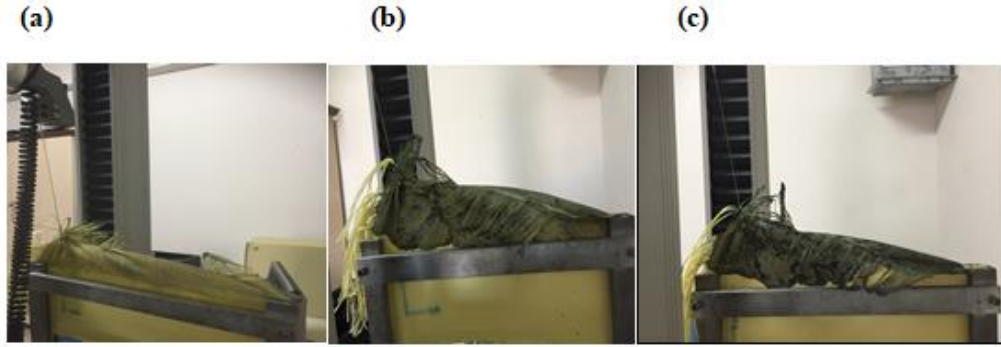
Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 7. iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.55. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 7. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.4.10. Numunenin alttan 8. iplik çekilmesi (G18A) (G58A) (G78A)

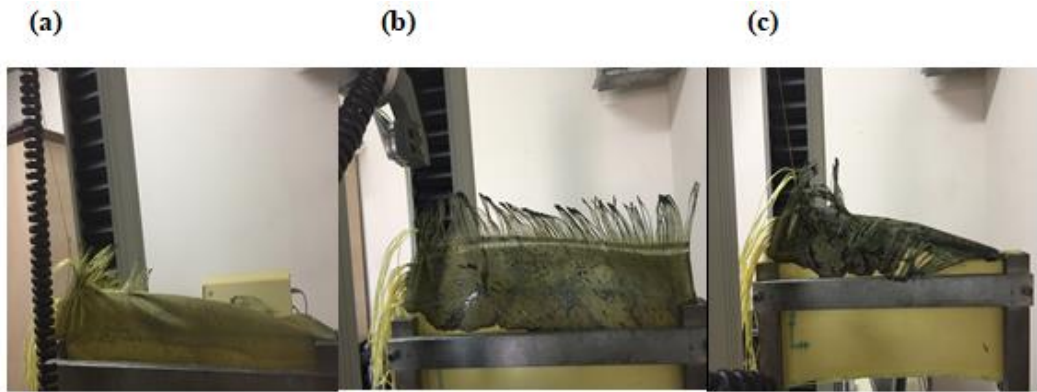
Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 8. iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.56. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 8. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.4.11 Numunenin Alttan 9. İplik Çekilmesi (G19A) (G59A) (G79A)

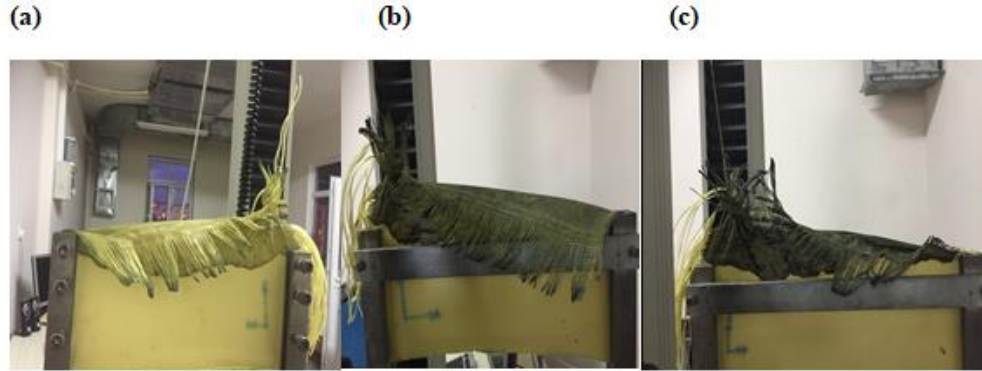
Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 9. iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.57. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 9. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.4.12. Numunenin alttan 5 ve 6. iplik çekilmesi (G156A) (G556A) (G756A)

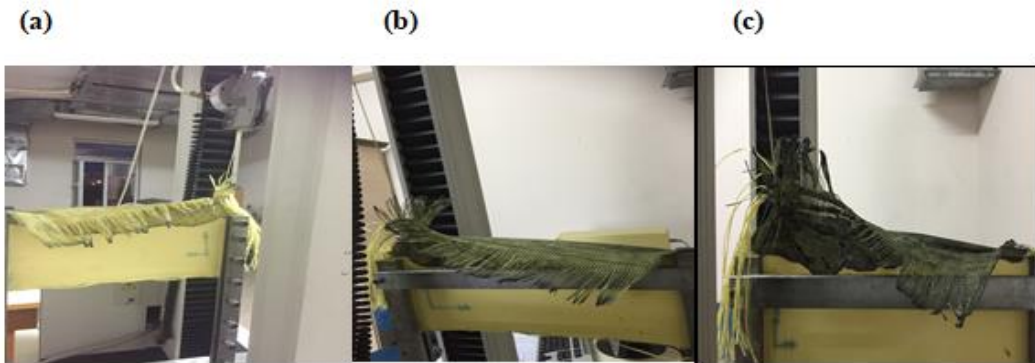
Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 5 ve 6. iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil 3.58. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5 ve 6. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.3.6.13. Numunenin alttan 5- 6 ve 7. iplik çekilmesi (G1567A) (G5567A) (G7567A)

Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 5-6 ve 7. iplik alınıp çeneye tutturulur.



Şekil.3.59. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5-6 ve 7. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.

3.6.4.14. Numunenin alttan 5-6-7 ve 8. iplik çekilmesi (G15678A) (G55678A) (G75678A)

Atkı ipliklerinden 4 tane iplik bırakılıp 5-6-7 ve 8. iplik alınıp çeneye tutturulur.

(a)

(b)

(c)



Şekil 3.60. 0,1% (a) , 0,5% (b) ve 0,7% (c) grafenpropreg numunelerinin üstten 4 tane iplik bırakılıp 5-6-7 ve 8. İpliğin test sırasındaki görüntüsü.

4. BÖLÜM

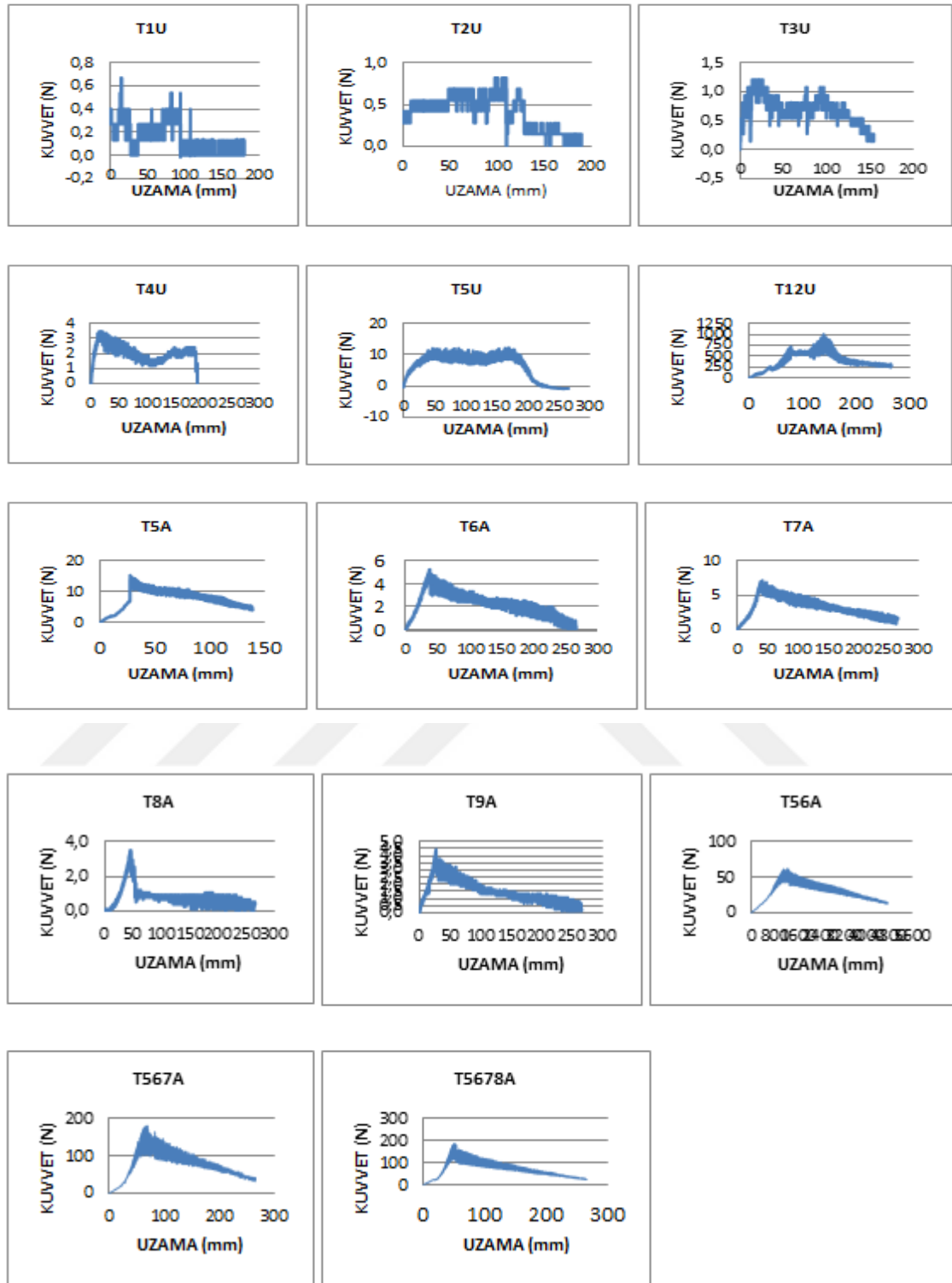
TEST SONUCUNDA ELDE EDİLEN BULGULAR

4.1. Kumaşlardan Çıkarılan İpliklerin Mukavemet Değerleri

4.1.1. Para-aramid Kuru Kumaşa (T Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri

Tablo 4.1. Para-aramid Atkı İpliğın Mukavemet Değerleri ve İpliğın Kumaş ile Yaptığı Açılar.

ÖRNEK KODU	ÇEKİM KONUMU	AÇILAR				İPLİK ÇEKİM KUVVETİ (N)	SIKLIK	AÇIKLAMA
		BAŞ	ORTA	SON	KUMAŞ AÇISI			
KURU KUMAŞ NUMUNESİ								
T1U	ÜSTTEN 1 İPLİK	30	40	45		1,21		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ
T2U	ÜSTTEN 2 İPLİK	52	30	30		0,68		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ
T3U	ÜSTTEN 3 İPLİK	40	40	30		0,94		ÜSTTEKİ İPLİK BİRİNCİ ÇEKİLDİ İKİNCİ İPLİK SONRA ÇEKİLDİ
T4U	ÜSTTEN 4 İPLİK	50	41	45		3,62		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ
T5U	ÜSTTEN 5 İPLİK	65	52	54		12,34		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ
T12U	ÜSTTEN 12 İPLİK	85				1008		9 İPLİK ÇEKİLDİ 3 TANESİ KOPTU
T5A	ALTTAN 5. İPLİK	85				18,1		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ
T6A	ALTTAN 6. İPLİK	78				5,23		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ
T7A	ALTTAN 7. İPLİK	83				6,71		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ
T8A	ALTTAN 8. İPLİK	85				2,95		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ
T9A	ALTTAN 9. İPLİK	89				4,02		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ
T56A	ALTTAN 5 VE 6 İPLİK	85				63,08		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ
T567A	ALTTAN 5-6-7 İPLİK	87				180,3		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ
T5678A	ALTTAN 5-6-7-8 İPLİK	85				187		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ

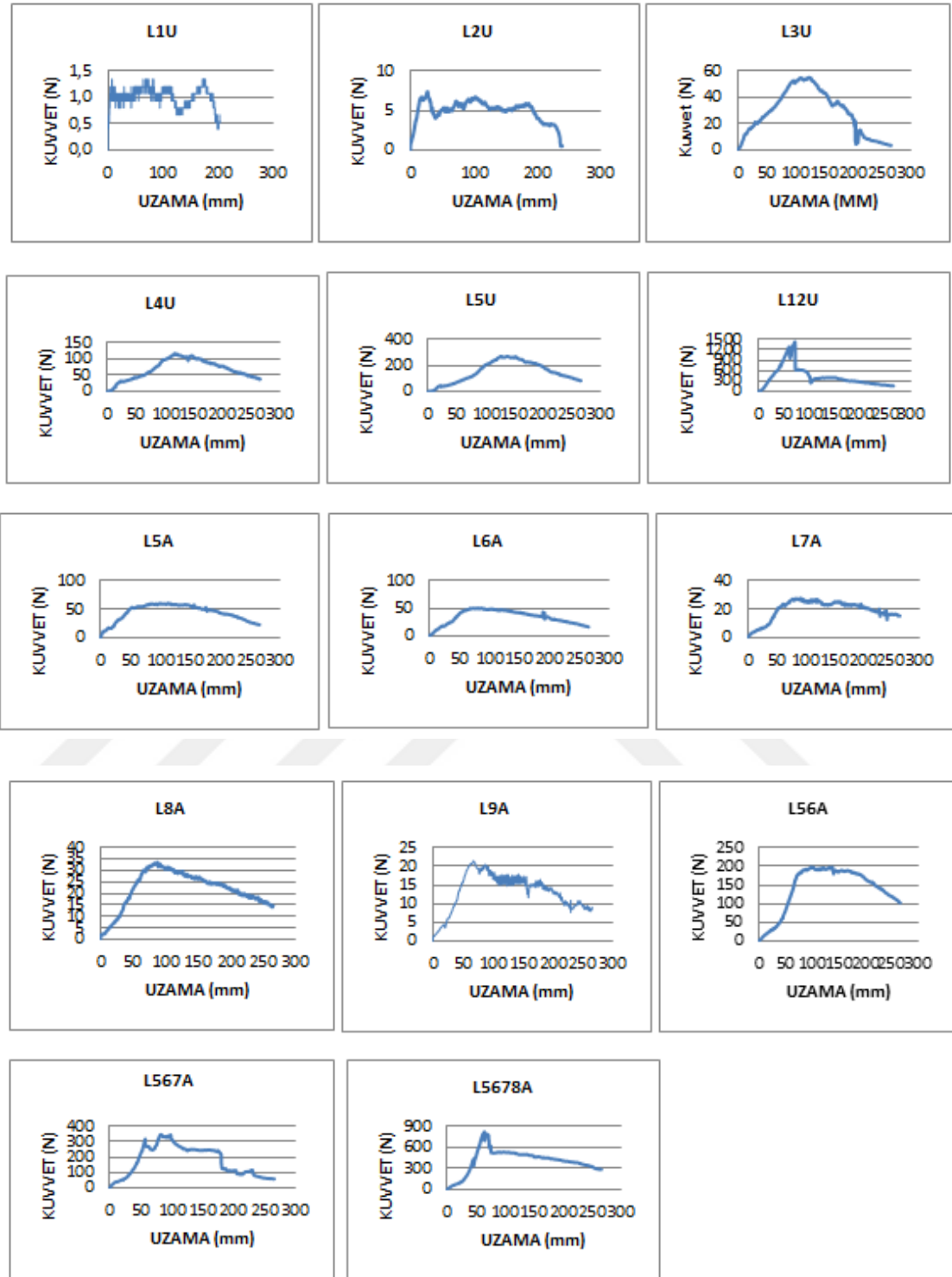


Şekil 4.1. Para-aramid T kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri.

4.1.2. Para-aramid Prepreg Kumaşa (L Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri

Tablo 4.2. Para-aramid (L kodlu) kumaşın atkı ipliğinin mukavemet değerleri ve kumaşa yaptığı açılar.

ÖRNEK KODU	ÇEKİM KONUMU	AÇILAR				İPLİK ÇEKİM KUVVETİ (N)	SIKLIK	AÇIKLAMA
		BAŞ	ORTA	SON	KUMAŞ AÇISI			
PREPREG								
L1U	ÜSTTEN 1 İPLİK	38	35	40	65	1,34		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ. KUMAŞIN ARKA KISMINDA AÇISAL EĞİLME OLDU
L2U	ÜSTTEN 2 İPLİK	50	48	45	55	7,38		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ
L3U	ÜSTTEN 3 İPLİK	45	47		63	55,03		2 İPLİK ÇEKİLDİ 1 İPLİK PULL OUT OLDU
L4U	ÜSTTEN 4 İPLİK	65	60		65	116,6	22	PULL OUT OLDU
L5U	ÜSTTEN 5 İPLİK	60			56	270,1	25	PULL OUT OLDU
L12U	ÜSTTEN 12 İPLİK	85			50	142,6	34	ALTTAN 7 İPLİK KOPTU. ÜSTTEN 5 İPLİK PULL OUT OLDU
L5A	ALTTAN 5. İPLİK	88			50	60,26	27	PULL OUT OLDU
L6A	ALTTAN 6. İPLİK	86			58	50,6	23	PULL OUT OLDU
L7A	ALTTAN 7. İPLİK	84			55	27,65	19	PULL OUT OLDU
L8A	ALTTAN 8. İPLİK	85			65	33,42	26	PULL OUT OLDU
L9A	ALTTAN 9. İPLİK	85			64	21,34	29	PULL OUT OLDU
L56A	ALTTAN 5 VE 6 İPLİK	86			66	198,3	32	PULL OUT OLDU
L567A	ALTTAN 5-6-7 İPLİK	88			68	345,8	27	TESTİN YARISINDA 2 İPLİK KOPTU. 1 İPLİK TESTE TABİ TUTULDU
L5678A	ALTTAN 5-6-7-8 İPLİK	89			72	818,8	34	2 İPLİK KOPTU. 2 İPLİK TESTE TABİ TUTULDU



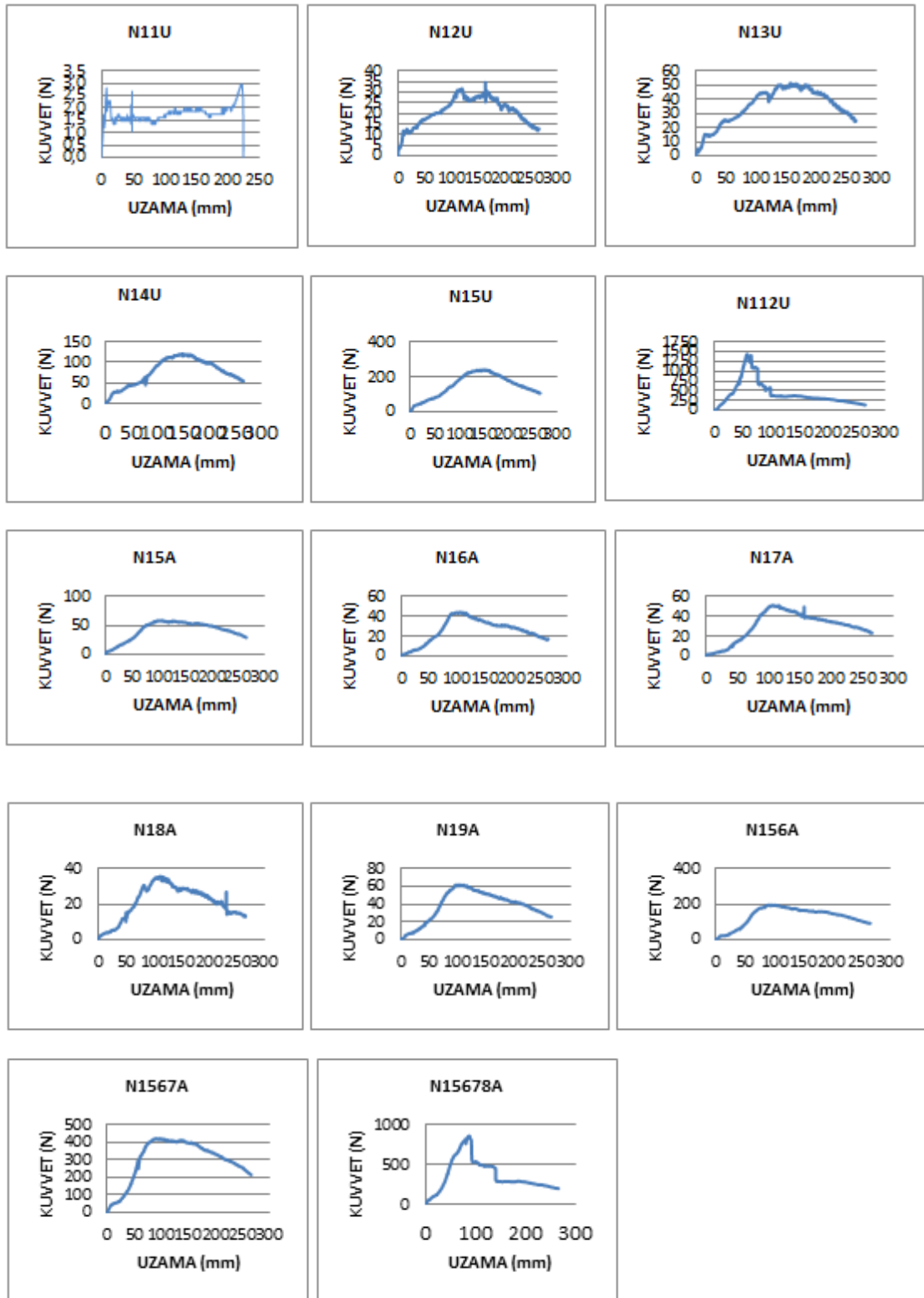
Şekil 4.2. Para-aramid L kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri.

4.1.3. Para-Aramid Nanoprepreg Kumaşa (N Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri

4.1.3.1. Para-aramid Nanoprepereg 0,1% Kumaşa (N1 Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri

Tablo 4.3. Para-aramid (N1 kodlu) kumaşın atkı ipliğinin mukavemet değerleri ve kumaşa yaptığı açılar.

ÖRNEK KODU	ÇEKİM KONUMU	AÇILAR				İPLİK ÇEKİM KUVVETİ (N)	SIKLIK	AÇIKLAMA
		BAŞ	ORTA	SON	KUMAŞ AÇISI			
NANOPREPREG %0,1								
N11U	ÜSTTEN 1 İPLİK	45	45	46	55	3,08		KUMAŞIN İÇİNDEN ÇEKİLDİ
N12U	ÜSTTEN 2 İPLİK	76	70		65	35,83		ORTAYA YAKIN YERDE KUMAŞTA YIĞILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
N13U	ÜSTTEN 3 İPLİK	65			60	51,4	29	ORTAYA YAKIN YERE KADAR KUMAŞTAN ÇIKTI SONRA PULL OUT OLDU
N14U	ÜSTTEN 4 İPLİK	77			65	121,5	40	ORTAYA YAKIN YERE KADAR KUMAŞTAN ÇIKTI SONRA PULL OUT OLDU
N15U	ÜSTTEN 5 İPLİK	75			50	241,1	36	ORTAYA YAKIN YERE KADAR KUMAŞTAN ÇIKTI SONRA PULL OUT OLDU
N112U	ÜSTTEN 12 İPLİK	85			20	1434	49	7 İPLİK KIRILDI 5 İPLİK PULL OUT OLDU
N15A	ALTTAN 5. İPLİK	86			60	58,52	22	PULL OUT OLDU
N16A	ALTTAN 6. İPLİK	80			45	44,02	24	PULL OUT OLDU
N17A	ALTTAN 7. İPLİK	89			47	51,14	22	PULL OUT OLDU
N18A	ALTTAN 8. İPLİK	87			50	35,7	19	PULL OUT OLDU
N19A	ALTTAN 9. İPLİK	85			38	61,74	21	PULL OUT OLDU
N156A	ALTTAN 5 VE 6 İPLİK	85			60	195,3	19	PULL OUT OLDU
N1567A	ALTTAN 5-6-7 İPLİK	87			55	421,7	24	İPLİK DE FİLAMANT KIRILMASI MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
N15678A	ALTTAN 5-6-7-8 İPLİK	88			80	860,4	26	2 İPLİK KIRILDI 2 İPLİK PULL OUT OLDU

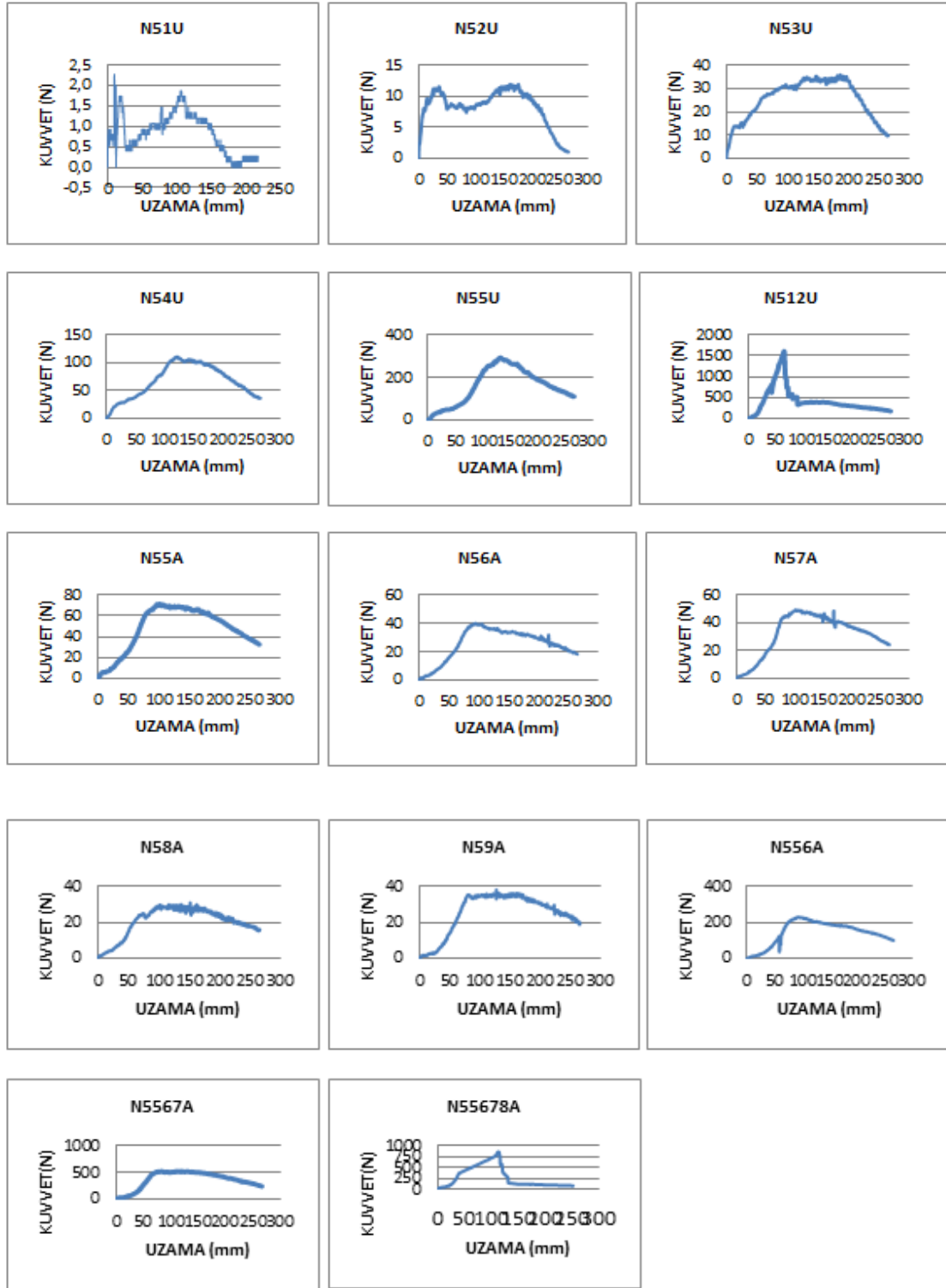


Şekil 4.3. Para-aramid N1 kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri.

4.1.3.2. Para-aramid Nanoprepereg 0,5% Kumaşa (N5 Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri

Tablo 4.4. Para-aramid (N5 kodlu) kumaşın atkı ipliğinin mukavemet değerleri ve kumaşa yaptığı açılar.

ÖRNEK KODU	ÇEKİM KONUMU	AÇILAR				İPLİK ÇEKİM KUVVETİ (N)	SIKLIK	AÇIKLAMA
		BAŞ	ORTA	SON	KUMAŞ AÇISI			
NANOPREPREG %0,5								
N51U	ÜSTTEN 1 İPLİK	45	40	40		2,28		KUMAŞIN İÇERİSİNDE ÇEKİLDİ
N52U	ÜSTTEN 2 İPLİK	60	55	57	45	11,94		KUMAŞIN İÇERİSİNDE ÇEKİLDİ
N53U	ÜSTTEN 3 İPLİK	63	61		50	35,97	17	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA OLDU 1 İPLİK ÇEKİLDİ 2 İPLİK PULL OUT OLDU
N54U	ÜSTTEN 4 İPLİK	69			58	111	23	KUMAŞIN ORTASINDA YIĞILMA OLDU PULL OUT OLDU
N55U	ÜSTTEN 5 İPLİK	78			30	293,7	34	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA OLDU 7 İPLİK KOPTU 5 İPLİK PULL OUT OLDU
N512U	ÜSTTEN 12 İPLİK	87			22	1609	38	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA OLDU PULL OUT OLDU
N55A	ALTTAN 5. İPLİK	85			55	71,54	21	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA OLDU PULL OUT OLDU
N56A	ALTTAN 6. İPLİK	82			65	40	23	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA OLDU PULL OUT OLDU
N57A	ALTTAN 7. İPLİK	85			63	49,39	21	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA OLDU PULL OUT OLDU
N58A	ALTTAN 8. İPLİK	84			70	31,14	19	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA OLDU PULL OUT OLDU
N59A	ALTTAN 9. İPLİK	87			73	38,38	20	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA OLDU PULL OUT OLDU
N556A	ALTTAN 5 VE 6 İPLİK	86			71	229,7	19	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA OLDU PULL OUT OLDU
N5567A	ALTTAN 5-6-7 İPLİK	89			69	521,6	24	FİLAMENTDE KIRILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
N55678A	ALTTAN 5-6-7-8 İPLİK	88			65	859,6	28	3 İPLİK KOPTU 1 İPLİK PULL OUT OLDU

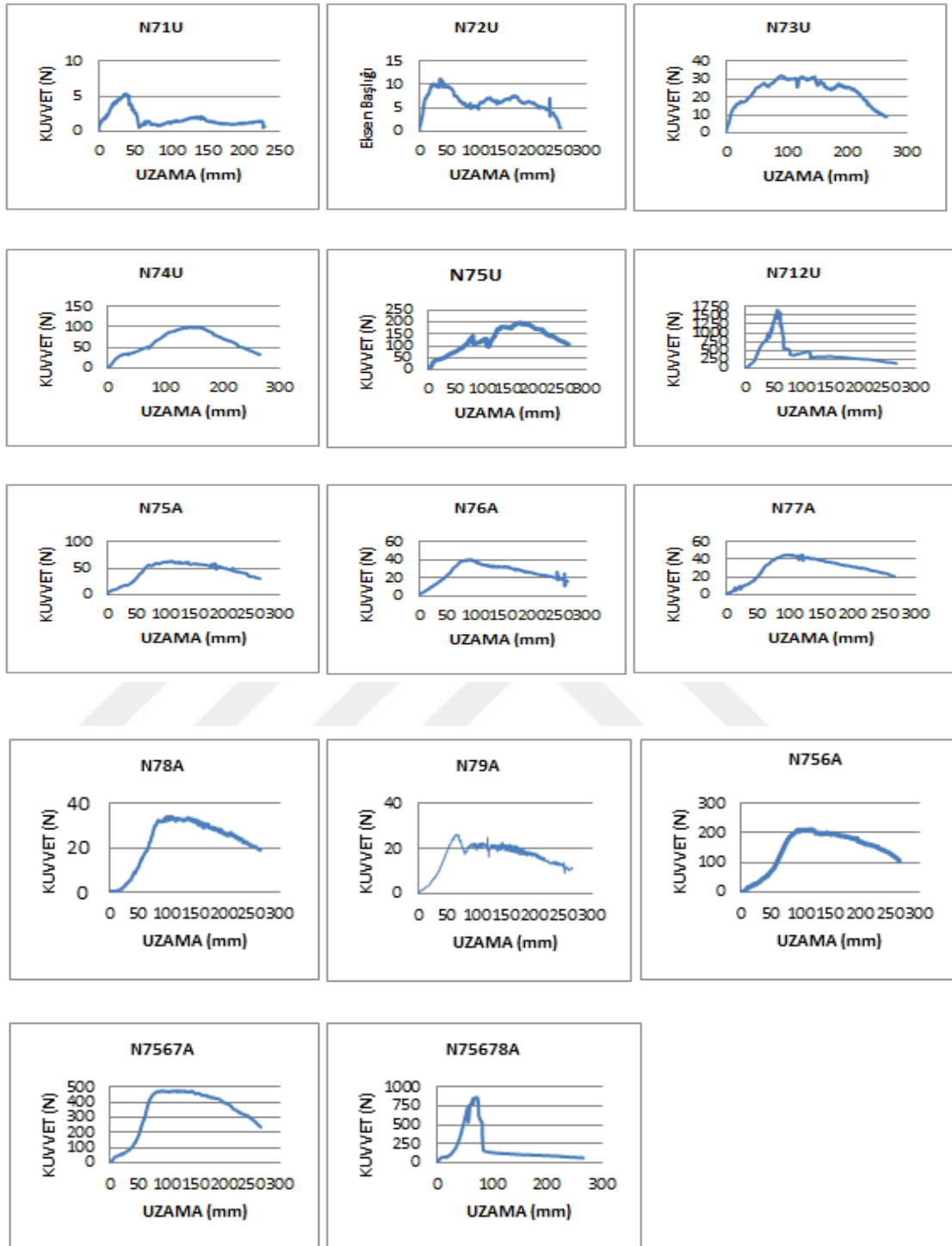


Şekil 4.4. Para-aramid N5 kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri.

4.1.3.3. Para-aramid Nanoprepreg 0,7% Kumaşa (N7 Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri

Tablo 4.5. Para-aramid (N7 kodlu) kumaşın atkı ipliğinin mukavemet değerleri ve kumaşa yaptığı açılar.

ÖRNEK KODU	ÇEKİM KONUMU	AÇILAR				İPLİK ÇEKİM KUVVETİ (N)	SIKLIK	AÇIKLAMA
		BAŞ	ORTA	SON	KUMAŞ AÇISI			
NANOPREPREG %0,7								
N71U	ÜSTTEN 1 İPLİK	55	45	43	88	5,36		KUMAŞIN İÇERİSİNDEN ÇEKİLDİ
N72U	ÜSTTEN 2 İPLİK	61	55	59	67	11,27		KUMAŞIN İÇERİSİNDEN ÇEKİLDİ
N73U	ÜSTTEN 3 İPLİK	70	65		59	31,81		KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
N74U	ÜSTTEN 4 İPLİK	74			42	101,1	26	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
N75U	ÜSTTEN 5 İPLİK	80			30	198,1	31	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
N712U	ÜSTTEN 12 İPLİK	89			19	1655	37	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ 7 İPLİK KOPTU 5 İPLİK PULL OUT OLDU
N75A	ALTTAN 5. İPLİK	85			64	64,16	24	PULL OUT OLDU
N76A	ALTTAN 6. İPLİK	87			60	40,53	23	PULL OUT OLDU
N77A	ALTTAN 7. İPLİK	86			59	46,97	20	PULL OUT OLDU
N78A	ALTTAN 8. İPLİK	88			70	34,22	22	PULL OUT OLDU
N79A	ALTTAN 9. İPLİK	87			71	26,44	21	PULL OUT OLDU
N756A	ALTTAN 5 VE 6 İPLİK	86			73	211,7	20	PULL OUT OLDU
N7567A	ALTTAN 5-6-7 İPLİK	88			65	474,6	22	PULL OUT OLDU
N75678A	ALTTAN 5-6-7-8 İPLİK	89			63	865	27	3 İPLİK KIRILDI 1 İPLİK PULL OUT OLDU



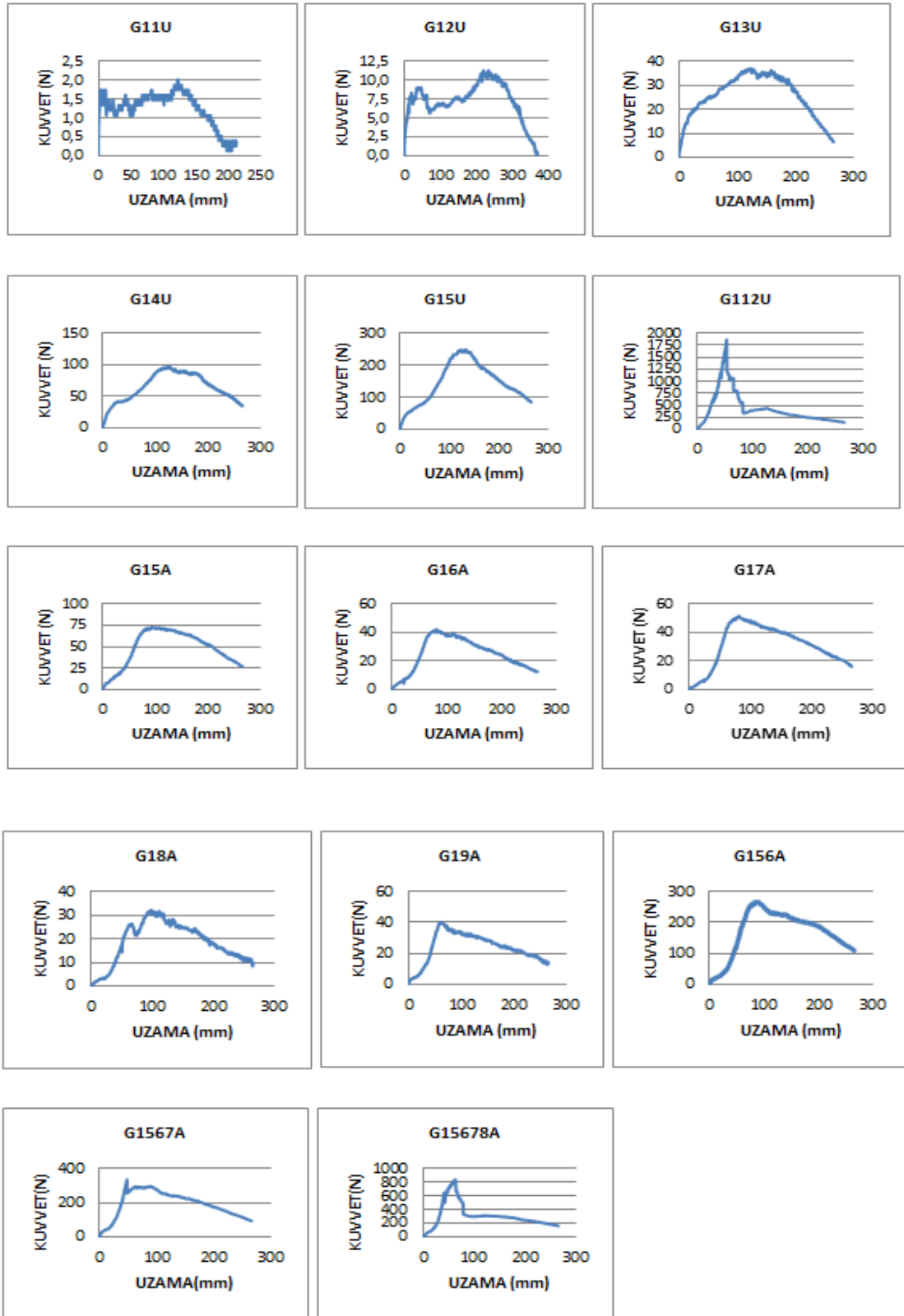
Şekil 4.5. Para-aramid N7 kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri.

4.1.4. Para-Aramid Grapheneprepreg (G Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri

4.1.4.1. Para-aramid Grapheneprepereg 0,1% Kumaşa (G1 Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri

Tablo 4.6. Para-aramid (G1 kodlu) kumaşın atkı ipliğinin mukavemet değerleri ve kumaşta yaptığı açılar.

ÖRNEK KODU	ÇEKİM KONUMU	AÇILAR				İPLİK ÇEKİM KUVVETİ (N)	SIKLIK	AÇIKLAMA
		BAŞ	ORTA	SON	KUMAŞ AÇISI			
GRAFEN %0,1								
G11U	ÜSTTEN 1 İPLİK	50	55	53		2,01		KUMAŞIN İÇERİSİNDEN ÇEKİLDİ
G12U	ÜSTTEN 2 İPLİK	70	68	65	45	11,4		KUMAŞIN İÇERİSİNDEN ÇEKİLDİ
G13U	ÜSTTEN 3 İPLİK	83	75	70	35	36,91	25	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
G14U	ÜSTTEN 4 İPLİK	86	83		30	96,91	29	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
G15U	ÜSTTEN 5 İPLİK	79			55	249,1	31	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
G112U	ÜSTTEN 12 İPLİK	88			28	1865	42	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ 7 İPLİK KOPTU 5 İPLİK PULL OUT OLDU
G15A	ALTTAN 5. İPLİK	86			53	72,61	21	PULL OUT OLDU
G16A	ALTTAN 6. İPLİK	80			45	42,14	23	PULL OUT OLDU
G17A	ALTTAN 7. İPLİK	85			43	51,54	22	PULL OUT OLDU
G18A	ALTTAN 8. İPLİK	83			48	32,21	20	PULL OUT OLDU
G19A	ALTTAN 9. İPLİK	86			40	39,86	21	PULL OUT OLDU
G156A	ALTTAN 5 VE 6 İPLİK	85			58	266,7	23	PULL OUT OLDU
G1567A	ALTTAN 5-6-7 İPLİK	88			54	335	26	1 İPLİK KIRILDI 2 İPLİK PULL OUT
G15678A	ALTTAN 5-6-7-8 İPLİK	85			45	837,9	28	2 İPLİK KIRILDI 2 İPLİK PULL OUT OLDU

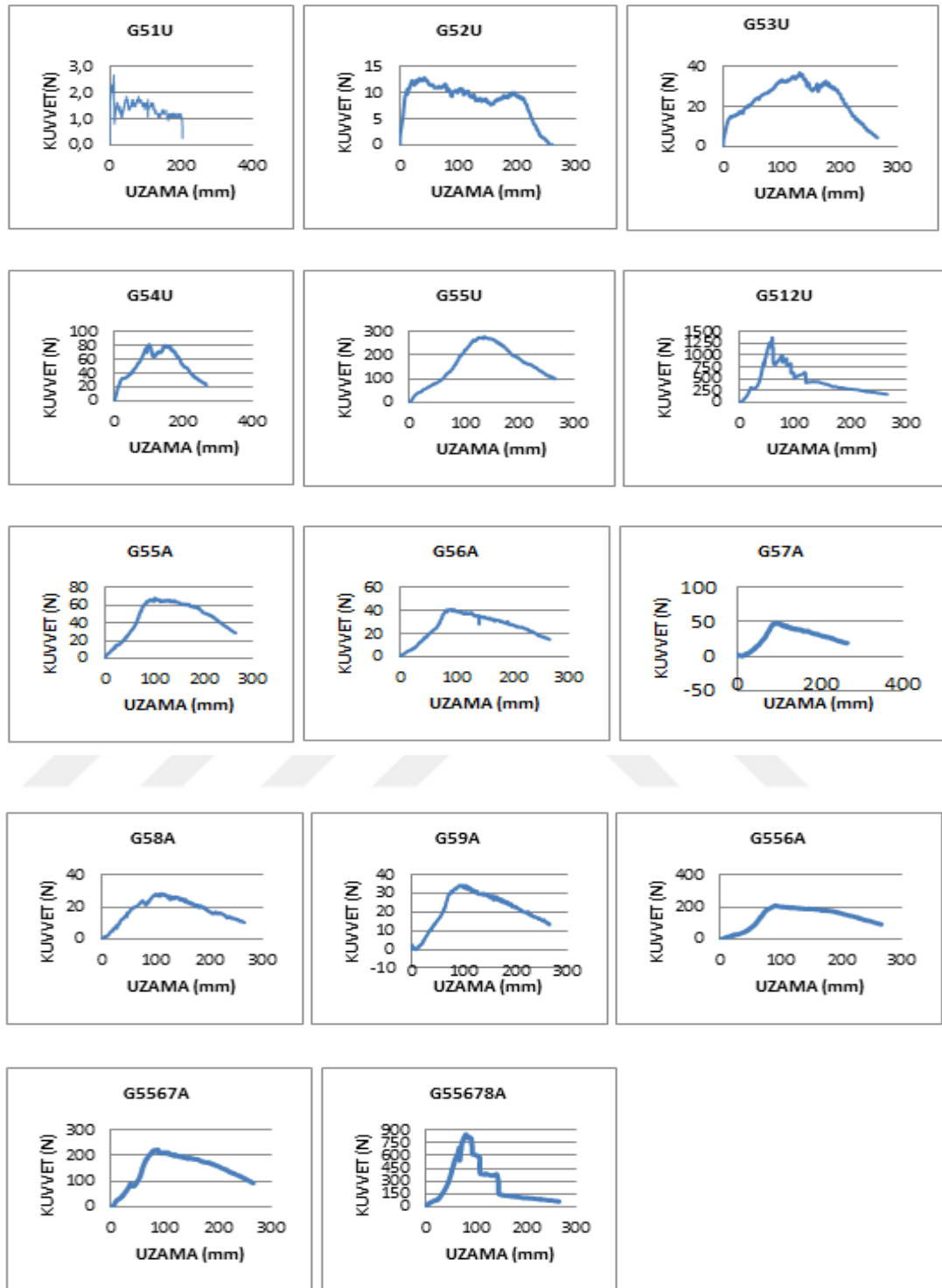


Şekil 4.6. Para-aramid G1 kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri.

4.1.4.2. Para-aramid Grapheneprepereg 0,5% Kumaşa (G5 Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri

Tablo 4.7. Para-aramid (G5 kodlu) kumaşın atkı ipliğinin mukavemet değerleri ve kumaşa yaptığı açılar.

ÖRNEK KODU	ÇEKİM KONUMU	AÇILAR				İPLİK ÇEKİM KUVVETİ (N)	SIKLIK	AÇIKLAMA
		BAŞ	ORTA	SON	KUMAŞ AÇISI			
GRAFEN %0,5								
G51U	ÜSTTEN 1 İPLİK	60	55	53		2,68		KUMAŞIN İÇERİSİNDEN ÇEKİLDİ
G52U	ÜSTTEN 2 İPLİK	65	62	55	48	12,88		KUMAŞIN İÇERİSİNDEN ÇEKİLDİ
G53U	ÜSTTEN 3 İPLİK	70	68	60	45	37,04	20	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
G54U	ÜSTTEN 4 İPLİK	68	67		47	81,47	21	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
G55U	ÜSTTEN 5 İPLİK	76			35	278,5	31	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
G512U	ÜSTTEN 12 İPLİK	87			28	1378	39	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ 7 İPLİK KOPTU 5 İPLİK PULL OUT OLDU
G55A	ALTTAN 5. İPLİK	80			50	68,45	22	PULL OUT OLDU
G56A	ALTTAN 6. İPLİK	79			65	38,65	23	PULL OUT OLDU
G57A	ALTTAN 7. İPLİK	84			59	48,32	21	PULL OUT OLDU
G58A	ALTTAN 8. İPLİK	80			64	25,77	20	PULL OUT OLDU
G59A	ALTTAN 9. İPLİK	86			71	34,49	22	PULL OUT OLDU
G556A	ALTTAN 5 VE 6 İPLİK	84			66	209,7	18	PULL OUT OLDU
G5567A	ALTTAN 5-6-7 İPLİK	87			70	223,,8	26	PULL OUT OLDU
G55678A	ALTTAN 5-6-7-8 İPLİK	89			66	847,2	32	2 İPLİK KIRILDI 2 İPLİK PULL OUT OLDU

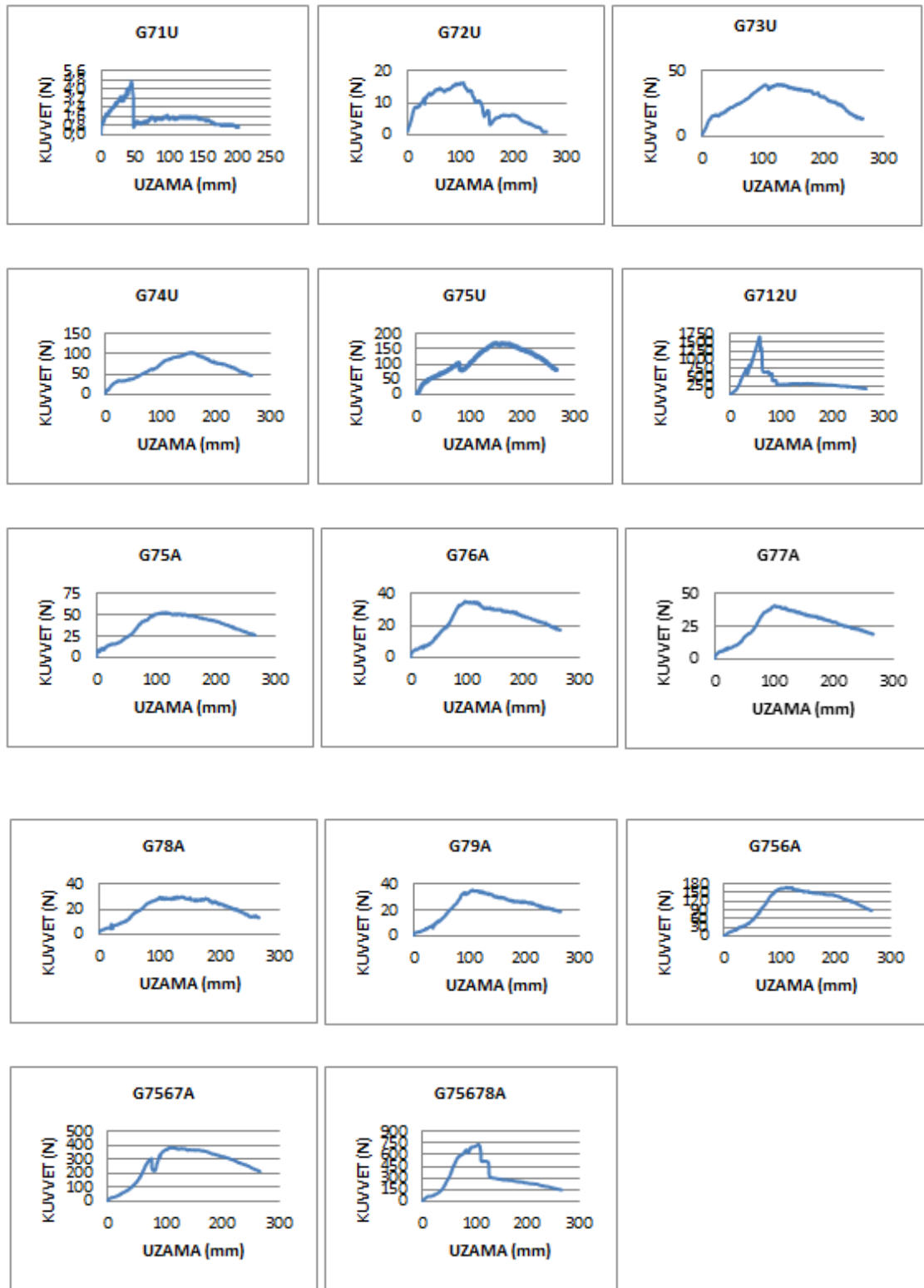


Şekil 4.7. Para-aramid G5 kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri.

4.1.4.3. Para-aramid Grapheneprepereg 0,7% Kumaşa (G7 Kodlu) Uygulanan İpliklerin Mukavemet Değerleri ve Grafikleri

Tablo 4.8. Para-aramid (G7 kodlu) kumaşın atkı ipliğinin mukavemet değerleri ve kumaşa yaptığı açılar.

ÖRNEK KODU	ÇEKİM KONUMU	AÇILAR				İPLİK ÇEKİM KUVVETİ (N)	SIKLIK	AÇIKLAMA
		BAŞ	ORTA	SON	KUMAŞ AÇISI			
GRAFEN %0,7								
G71U	ÜSTTEN 1 İPLİK	62	48	43	89	4,69		KUMAŞIN İÇERİSİNDEN ÇEKİLDİ
G72U	ÜSTTEN 2 İPLİK	65	60	55	50	16,37		KUMAŞIN İÇERİSİNDEN ÇEKİLDİ
G73U	ÜSTTEN 3 İPLİK	70	63		58	40		KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
G74U	ÜSTTEN 4 İPLİK	68	65		49	104,8	28	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
G75U	ÜSTTEN 5 İPLİK	83			35	169,7	30	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ PULL OUT OLDU
G712U	ÜSTTEN 12 İPLİK	87			21	1664	38	KUMAŞIN BAŞINDA YIĞILMA MEYDANA GELDİ 7 İPLİK KOPTU 5 İPLİK PULL OUT OLDU
G75A	ALTTAN 5. İPLİK	82			40	53,15	20	PULL OUT OLDU
G76A	ALTTAN 6. İPLİK	85			55	35,16	24	PULL OUT OLDU
G77A	ALTTAN 7. İPLİK	87			49	40,93	21	PULL OUT OLDU
G78A	ALTTAN 8. İPLİK	86			59	30,2	22	PULL OUT OLDU
G79A	ALTTAN 9. İPLİK	87			67	35,43	24	PULL OUT OLDU
G756A	ALTTAN 5 VE 6 İPLİK	88			40	169,3	21	PULL OUT OLDU
G7567A	ALTTAN 5-6-7 İPLİK	87			49	386,3	24	PULL OUT OLDU
G75678A	ALTTAN 5-6-7-8 İPLİK	89			59	732,6	33	2 İPLİK KIRILDI 2 İPLİK PULL OUT OLDU



Şekil 4.8. Para-aramid G7 kodlu kumaşın atkı ipliğinin tekli ve çoklu iplik çekiminin kuvvet-uzama mukavemet grafikleri.

5. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Kuru Kumaş Yapılar (T Kodlu)

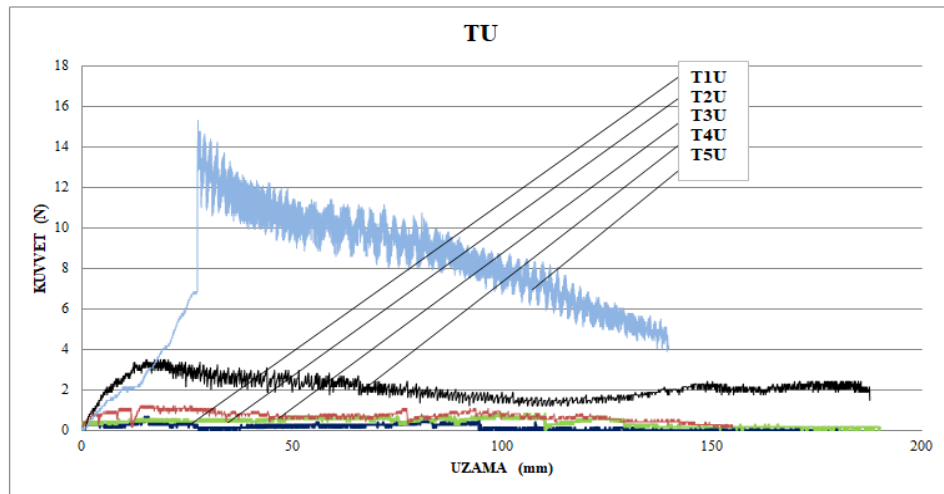
Para-aramid kuru kumaş, prepregli kumaş ve çok duvarlı karbon nanotüp ve nano grafen plaka katkılı formlarının tekli ve çoklu çekme kuvveti- uzama eğrileri irdelendiğinden genel olarak aşağıdaki noktalar tespit edilmiştir. Bunlar:

1. Yanal çekim altında eğride kumaşın yanal yönde açısal şekil değiimi ile kayma esaslı şekil değişimine uğradığı anlaşılmıştır.
2. Krimp uzama yada iplik çözülmesi yada her ikisi birlikte gerçekleşerek eğrinin ikinci dereceden davranış göstermesine yol açmıştır.
3. Maksimum yüke doğru yaklaşırken doğrusal dik bir forma dönüşmüştür.
4. Maksimum yük aşılırken tutunma-kayma davranışı göstererek çekme kuvveti azalan seyirde gerçekleşmiştir.

Tüm bu adımlar boyunca kuvvet-uzama eğrisinin herhangi bir noktasında tutunma-kayma esaslı değişimler çekilen ipliklerin normalindeki ipliklerin birbirlerine dokunma sıklığının lokal olarak değişimi nedeni ile gerçekleştiği tahmin edilmektedir.

5.1.1. Kuru Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim

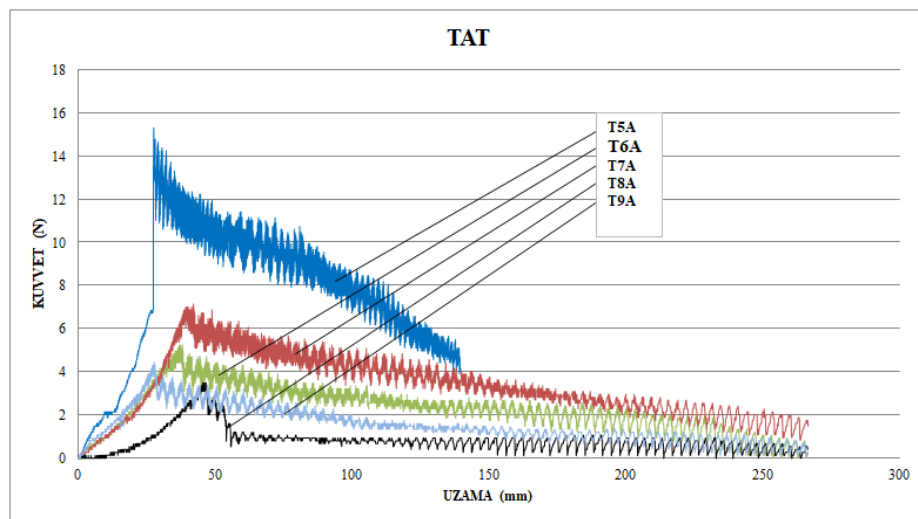
Şekil 5.1. de kuru kumaşın üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, yanal yönde sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak arttığı anlaşılmıştır. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı bir derece doğrusal olmakla birlikte maksimum kuvvetler geçirildiğinde tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği tespit edilmiştir. Çok uçlu yanal çekimlerde kuvvet-uzama eğrisinin altındaki alanın arttığı bunun da daha çok ipliğin kumaş yapısından çekilmesi için daha yüksek değerde enerjiye gereksinim duyulduğu anlaşılmıştır.



Şekil 5.1. Kuru kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.1.2. Kuru Kumaş Yapıda Alttan Tekli Sıralı Çekim

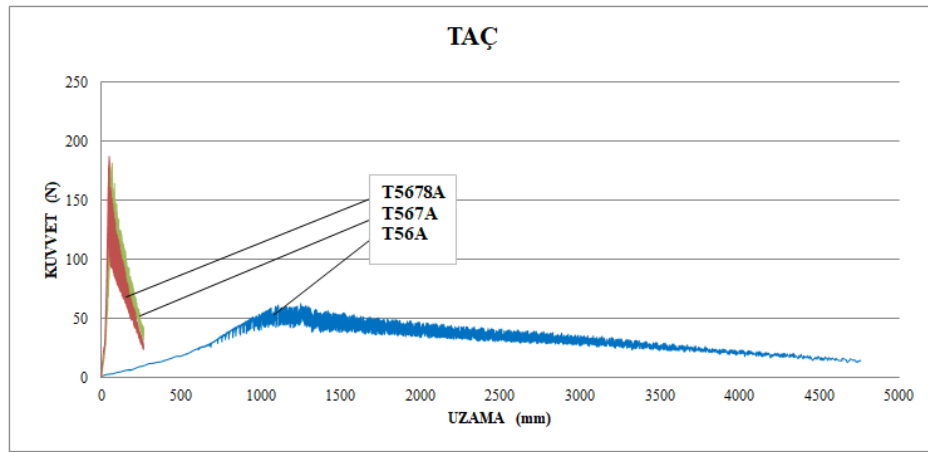
Şekil 5.2. de kuru kumaşın alttan sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde alttan sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri ilk iplik çekiminden sonra (5. İplik) doğrusal olmayan bir şekilde azaldığı anlaşılmıştır. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı yaklaşık ikinci dereceden konveks ($ax^2 + bx + c$) ve genliği düşük tutunma-kayma şeklinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Maksimum çekme kuvvetleri geçirildiğinde geniş bir aralıkta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir.



Şekil 5.2. Kuru kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.1.3. Kuru Kumaş Yapıda Alttan Çoklu Sıralı Çekim

Şekil 5.3. de kuru kumaşın alttan çok uçlu çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde alttan çok uçlu çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak sıradışı olarak arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı doğrusal ve uç sayısının artması ile orantılı olarak tok halden daha rijid forma gelmiştir. Maksimum çekme kuvvetleri geçildiğinde geniş bir aralıkta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir.

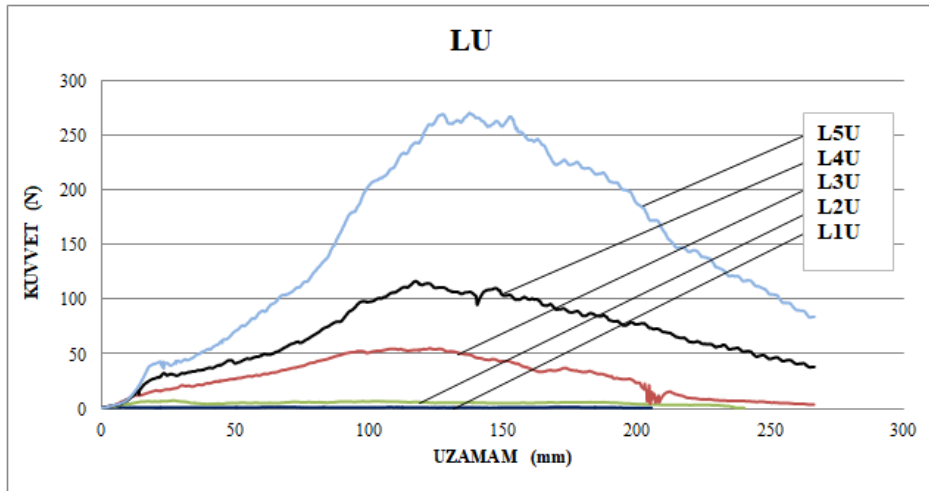


Şekil 5.3. Kuru kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.2. Prepreg Kumaş Yapılar (L Kodlu)

5.2.1. Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim

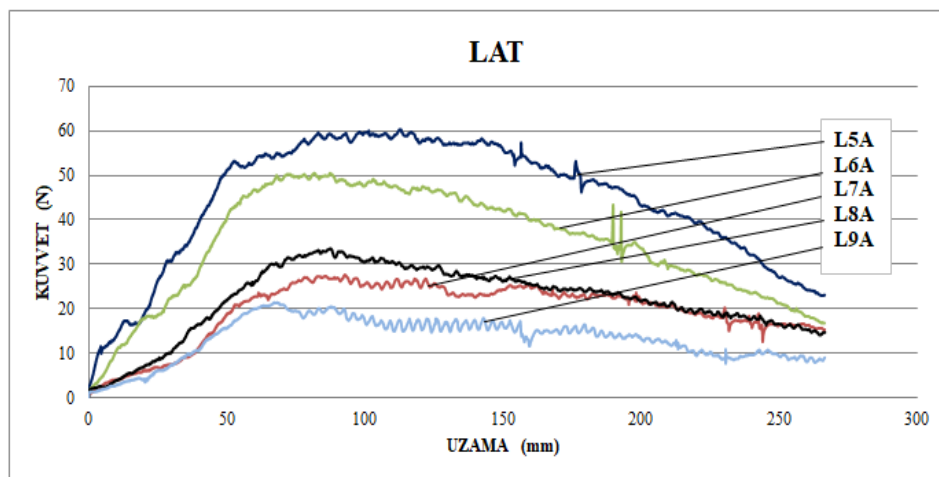
Şekil 5.4. de prepreg kumaşın üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak arttığı ve kuru kumaşla kıyaslandığında onlarca kat daha yüksek değerler elde edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı bir derece ikinci dereceden konveks olmakla birlikte maksimum kuvvetler geçildiğinde tutunma-kayma olarak (stick-slip) düşük genlikte bariz bir şekilde devam ettiği gözlenmiştir. Çok uçlu yanal çekimlerde kuvvet-uzama eğrisinin altındaki alanın arttığı, bunun da daha çok ipliğin prepreg kumaş yapısından çekilmesi için daha yüksek değerlerde enerjiye gereksinim duyulduğu anlaşılmıştır.



Şekil 5.4. Prepreg kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.2.2. Prepreg Kumaş Yapıda Alttan Tekli Sıralı Çekim

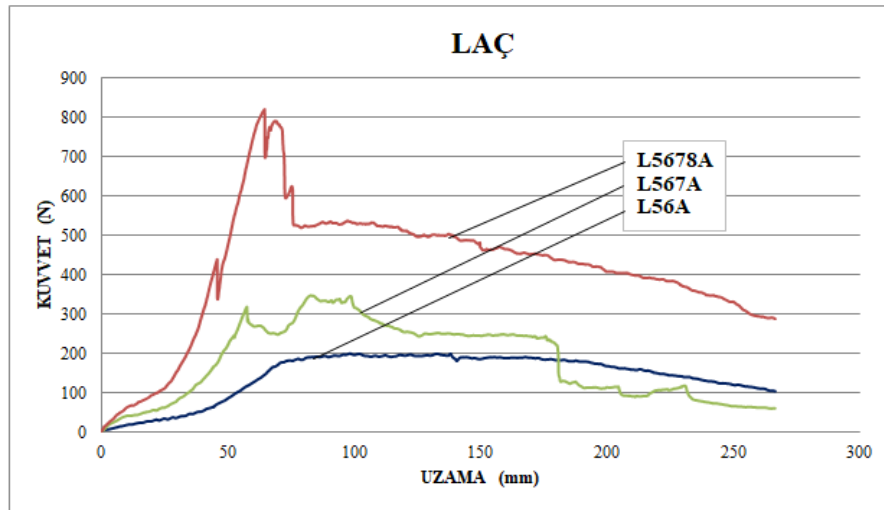
Şekil 5.5. de prepreg kumaşın alttan sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir anda verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde alttan sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri ilk iplik çekiminden sonra (5. İplik) doğrusal olmayan bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı yaklaşık ikinci dereceden konveks ve ilk 5. İplik çekiminden sonra azalarak devam ettiği tespit edilmiştir. Maksimum çekme kuvvetleri geçildiğinde geniş bir aralıkta ve düşük frekansta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir. Prepreg kumaşın yapının alttan tekli çekim değerleri kuru kumaşın katları şeklinde artarak gerçekleşmiştir.



Şekil 5.5. Prepreg kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.2.3. Prepreg Kumaş Yapıda Alttan Çoklu Sıralı Çekim

Şekil 5.6. da prepreg lamina kumaşın alttan çok uçlu çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde alttan çok uçlu çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak doğrusal olmayan şekilde arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca eğrinin başlangıç kısmı doğrusal ve uç sayısının artması ile orantılı olarak tok (ductile) halden daha rijid (stiff) şekle gelmiştir. Maksimum çekme kuvvetleri geçildiğinde düşük bir aralıkta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir.



Şekil 5.6. Prepreg kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

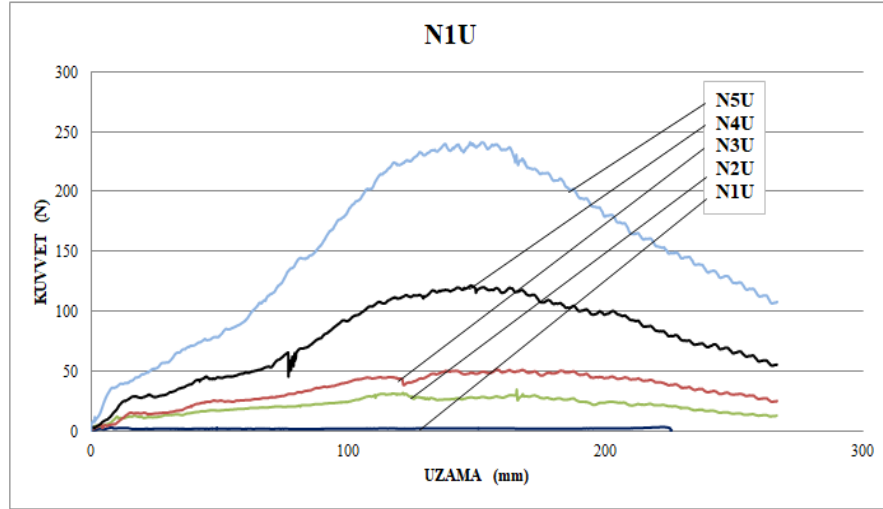
5.3. MWCNTs Kumaş Yapılar (N Kodlu)

5.3.1. MWCNTs (%0,1) Kumaş Yapıda Sıralı Çekim (N1 Kodlu)

5.3.1.1. MWCNTs (%0,1) Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim (N1 Kodlu)

Şekil 5.7. de çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNTs, %0,1) prepreg kumaşın üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak arttığı ve prepreg kumaşla kıyaslandığında birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı bir derece ikinci dereceden konveks olmakla birlikte maksimum kuvvetler geçildiğinde tutunma-kayma olarak (stick-slip) düşük genlikte bariz bir şekilde devam ettiği gözlenmiştir. Çok uçlu yanal çekimlerde (5 ve 4 iplik bir arada)

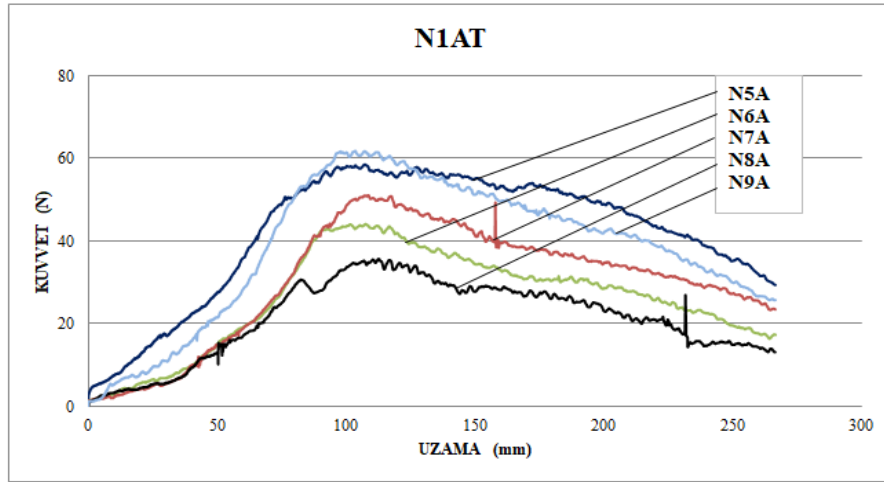
kuvvet-uzama eğrisinin altındaki alanın arttığı, bunun da daha çok ipliğin MWCNTs prepreg kumaş yapısından çekilmesi için daha yüksek değerlerde enerjiye gereksinim duyulduğu anlaşılmıştır.



Şekil 5.7. MWCNTs (%0,1) kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.3.1.2. MWCNTs (%0,1) Kumaş Yapıda Altan Tekli Sıralı Çekim (N1 Kodlu)

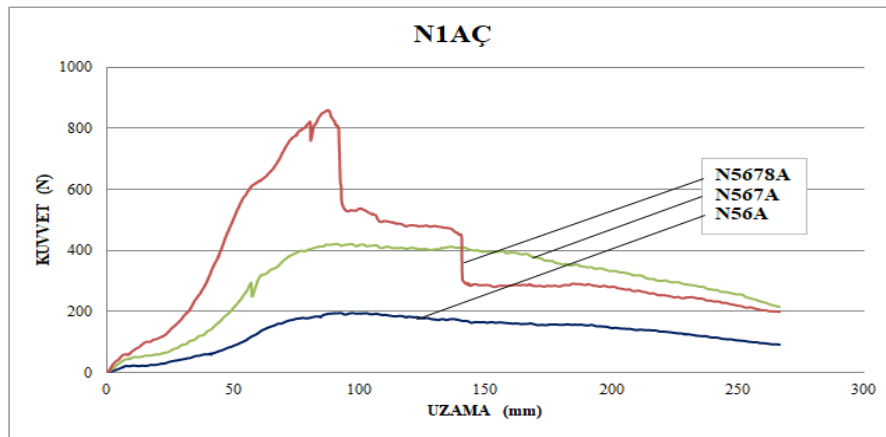
Şekil 5.8. de çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNTs, %0,1) prepreg kumaşın altan sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde altan sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri ilk iplik çekiminden sonra (5. İplik) doğrusal olmayan bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı yaklaşık ikinci dereceden konveks ve ilk 5. İplik çekiminden sonra azalarak devam ettiği tespit edilmiştir. Maksimum çekme kuvvetlerinden sonra kısmi dar bir aralıkta ve düşük frekansta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir. MWCNTs prepreg kumaşın yapının altan tekli çekim değerleri kuru kumaşın katları şeklinde artarak gerçekleşirken prepreg kumaşa kıyasla önemli bir farklılık görülmemiştir.



Şekil 5.8. MWCNTs (%0,1) kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.3.1.3. MWCNTs (%0,1) Kumaş Yapıda Alttan Çoklu Sıralı Çekim (N1 Kodlu)

Şekil 5.9. da çok duvarlı prepreg kumaşın alttan çok uçlu çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde alttan çok uçlu çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak doğrusal olmayan şekilde arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı doğrusal ve uç sayısının artması ile orantılı olarak dikleşerek tok (ductile) halen daha rijit (stiff) şekle gelmiştir. Maksimum çekme kuvvetleri sonrası düşük bir aralıkta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir.

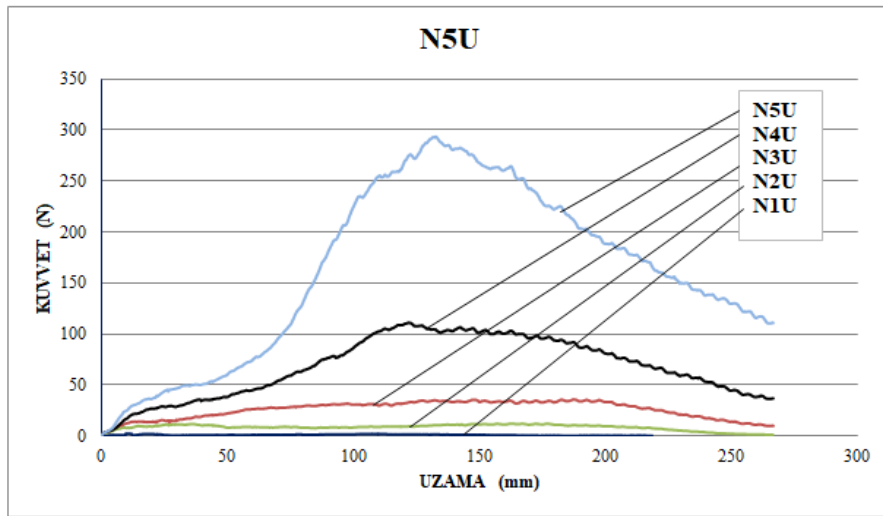


Şekil 5.9. MWCNTs (%0,1) kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.3.2. MWCNTs (%0,5) Kumaş Yapıda Sıralı Çekim (N5 Kodlu)

5.3.2.1. MWCNTs (%0,5) Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim (N5 Kodlu)

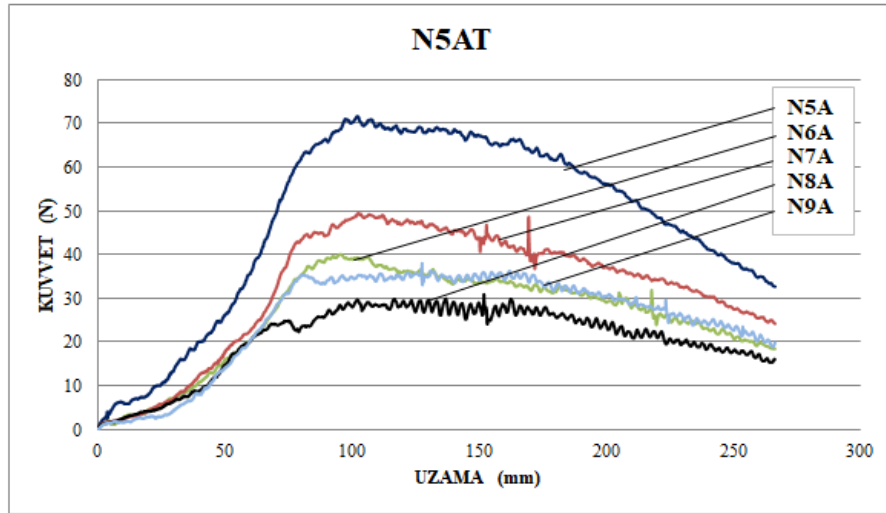
Şekil 5.10 da çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNTs, %0,5) prepeg kumaşın üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak arttığı ve prepeg kumaşla kıyaslandığında birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı nerdeyse ikinci dereceden konveks olmakla birlikte maksimum kuvvetler geçildiğinde tutunma-kayma olarak (stick-slip) düşük genlikte bariz bir şekilde devam ettiği gözlenmiştir. Çok uçlu yanal çekimlerde (5 ve 4 iplik bir arada) kuvvet-uzama eğrisinin altındaki alanın arttığı, bunun da daha çok ipliğin MWCNTs prepeg kumaş yapısından çekilmesi için daha yüksek değerlerde enerjiye gereksinim duyulduğu anlaşılmıştır.



Şekil 5.10. MWCNTs (%0,5) kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.3.2.2. MWCNTs (%0,5) Kumaş Yapıda Alttan Tekli Sıralı Çekim (N5 Kodlu)

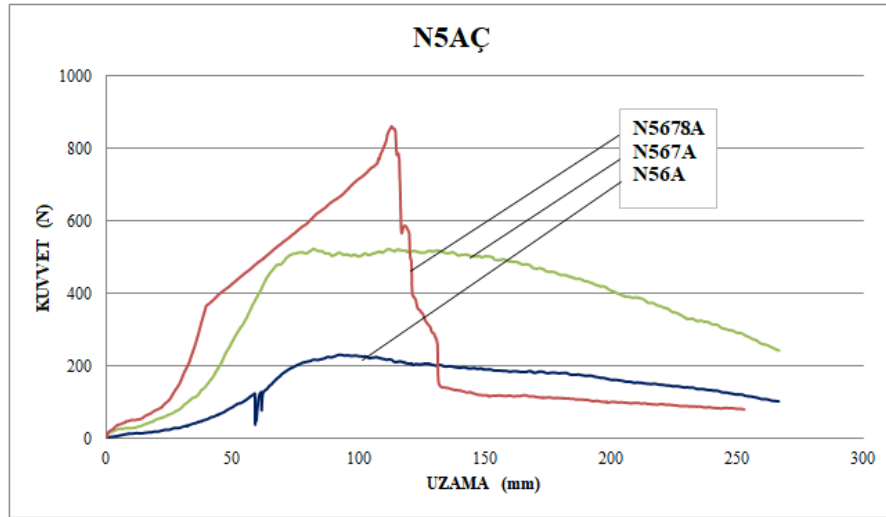
Şekil 5.11. de çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNTs, %0,5) prepreg kumaşın alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde alttan sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri ilk iplik çekiminden sonra (5. İplik) doğrusal olmayan bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı nerdeyse ikinci dereceden konveks ve ilk 5. İplik çekiminden sonra azalarak devam ettiği tespit edilmiştir. Maksimum çekme kuvvetlerinden sonra kısmi dar bir aralıkta ve düşük frekansta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir. MWCNTs prepreg kumaşın yapının alttan tekli çekim değerleri kuru kumaşın katları şeklinde artarak gerçekleşirken prepreg kumaşa kıyasla önemli bir farklılık görülmemiştir.



Şekil 5.11. MWCNTs (%0,5) kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.3.2.3. MWCNTs (%0,5) Kumaş Yapıda Alttan Çoklu Sıralı Çekim (N5 Kodlu)

Şekil 5.12. de çok duvarlı karbon nanotüp prepreg kumaşın alttan çok uçlu çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilde görüleceği üzere, yanal yönde alttan çok uçlu çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak doğrusal olmayan şekilde arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı ikinci dereceden doğrusal olmayan ve uç sayısının artması ile orantılı olarak dikleşerek tok (ductile) halden daha rijid (stiff) şekle gelmiştir. Maksimum çekme kuvvetleri sonrası düşük bir aralıkta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir.



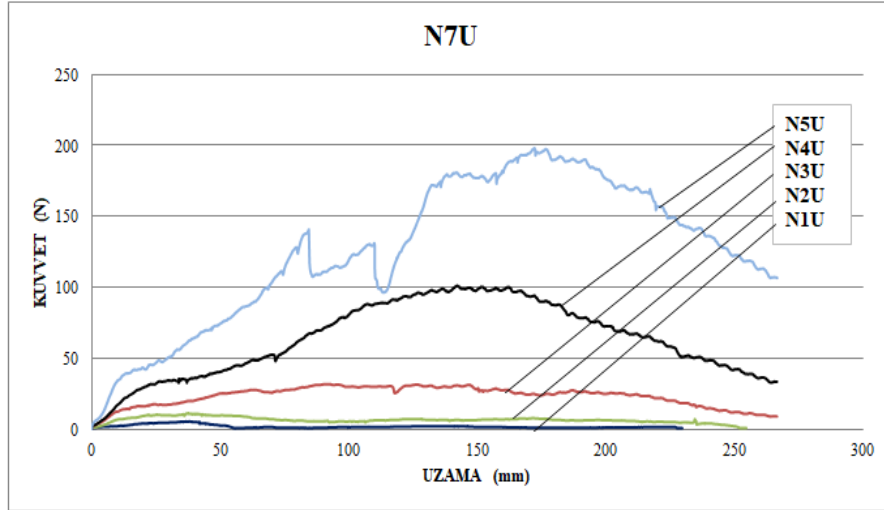
Şekil 5.12. MWCNTs (%0,5) kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.3.3. MWCNTs (%0,7) Kumaş Yapıda Sıralı Çekim (N7 Kodlu)

5.3.3.1. MWCNTs (%0,7) Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim (N7 Kodlu)

Şekil 5.13. de çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNTs, %0,7) prepreg kumaşın üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak arttığı ve prepreg kumaş ile kıyaslandığında birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı yaklaşık ikinci dereceden konveks olmakla birlikte maksimum kuvvetler geçildiğinde tutunma-kayma olarak (stick-slip) düşük genlikte bariz bir şekilde devam ettiği gözlenmiştir. Çok uçlu yanal çekimlerde (5 ve 4 iplik bir arada) kuvvet-uzama eğrisinin altındaki alanın arttığı, bunda daha çok ipliğin MWCNTs

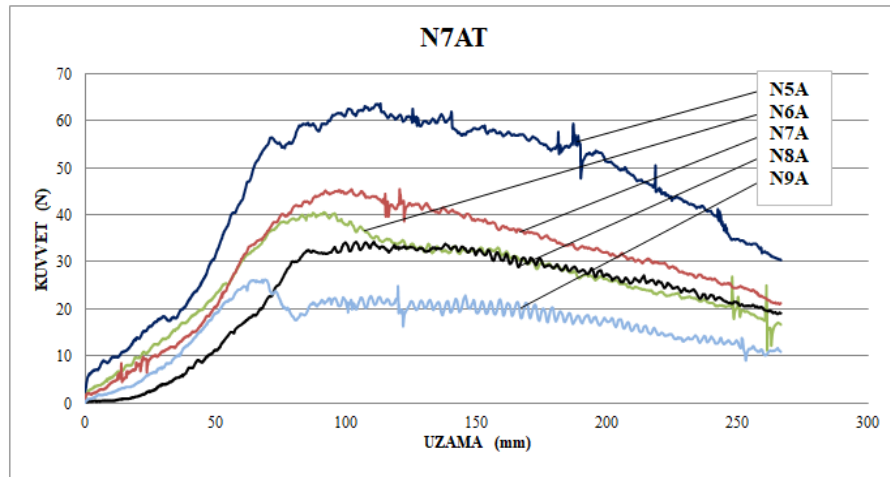
prepreg kumaş yapısından çekilmesi için daha yüksek değerlerde enerjiye gereksinim duyulduğu anlaşılmıştır.



Şekil 5.13. MWCNTs (%0,7) kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.3.3.2. MWCNTs (%0,7) Kumaş Yapıda Altan Tekli Sıralı Çekim (N7 Kodlu)

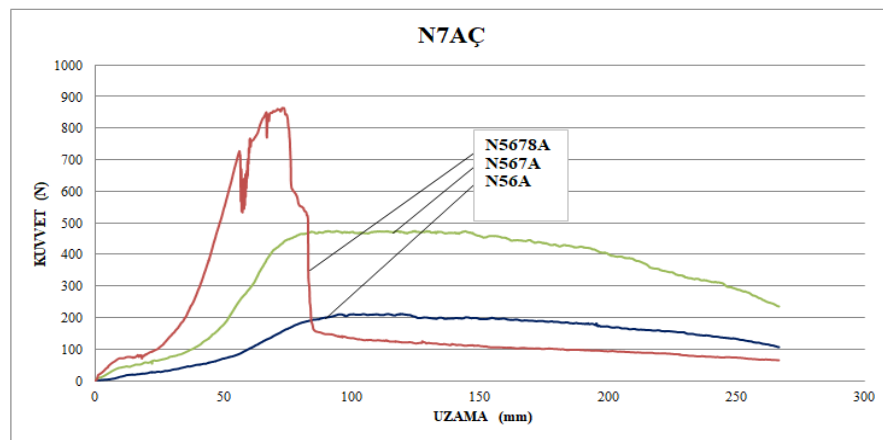
Şekil 5.14. de çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNTs, %0,7) prepreg kumaşın altan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde altan sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri ilk iplik çekiminden sonra (5. İplik) doğrusal olmayan bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı yaklaşık ikinci dereceden konveks ve ilk 5. İplik çekiminden sonra azalarak devam ettiği tespit edilmiştir. Maksimum çekme kuvvetlerinden sonra kısmi dar bir aralıkta ve düşük frekansta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir. MWCNTs prepreg kumaşın yapının altan tekli çekim değerleri kuru kumaşın katları şeklinde artarak gerçekleşirken prepreg kumaşa kıyasla önemli bir farklılık görülmemiştir.



Şekil 5.14. MWCNTs (%0,7) kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.3.3.3. MWCNTs (%0,7) Kumaş Yapıda Altan Çoklu Sıralı Çekim (N7 Kodlu)

Şekil 5.15. de çok duvarlı karbon nanotüp prepreg kumaşın alttan çok uçlu çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde alttan çok uçlu çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak doğrusal olmayan şekilde arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı ikinci dereceden doğrusal olamayan ve uç sayısının artması ile orantılı olarak dikleşerek tok (ductile) halen rijid (stiff) şekle gelmiştir. Maksimum çekme kuvvetleri sonrası düşük bir aralıkta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir.



Şekil 5.15. MWCNTs (%0,7) kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

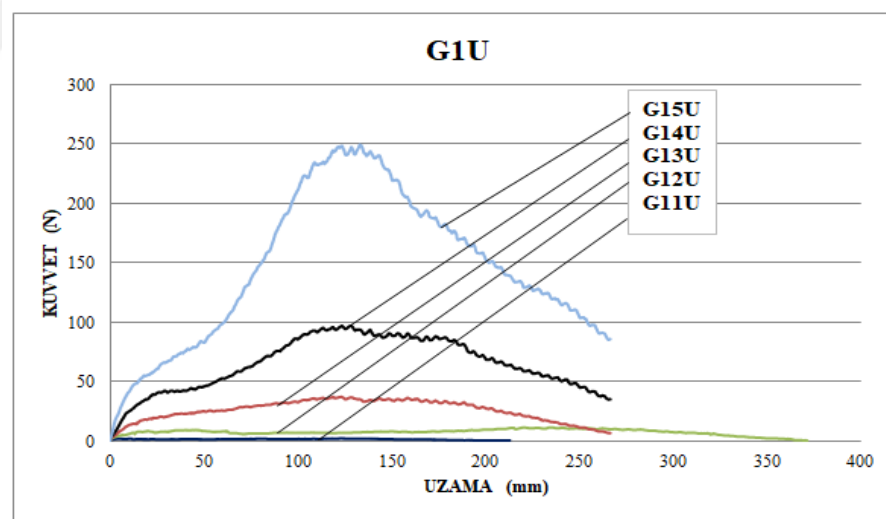
5.4. GNPs Kumaş Yapılar (G Kodlu)

5.4.1. GNPs (%0,1) Kumaş Yapıda Sıralı Çekim (G1 Kodlu)

5.4.1.1. GNPs (%0,1) Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim (G1 Kodlu)

Şekil 5.16. da grafen nano plaka katkılı (GNPs, %0,1) prepreg kumaşın üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile doğru orantılı olarak arttığı ve prepreg kumaşla kıyaslandığında bir birine yakın değerler elde edilmiştir.

Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı ikinci dereceden konveks olmakla birlikte maksimum kuvvetler geçildiğinde tutunma-kayma olarak (stick-slip) düşük genlikte bariz bir şekilde devam ettiği gözlenmiştir. Çok uçlu yanal çekimlerde (5 ve 4 iplik bir arada) kuvvet-uzama eğrisinin altındaki alanın arttığı bununda daha çok ipliğin GNPs prepreg kumaş yapısından çekilmesi için daha çok değerde enerjiye gereksinim duyulduğu anlaşılmıştır.

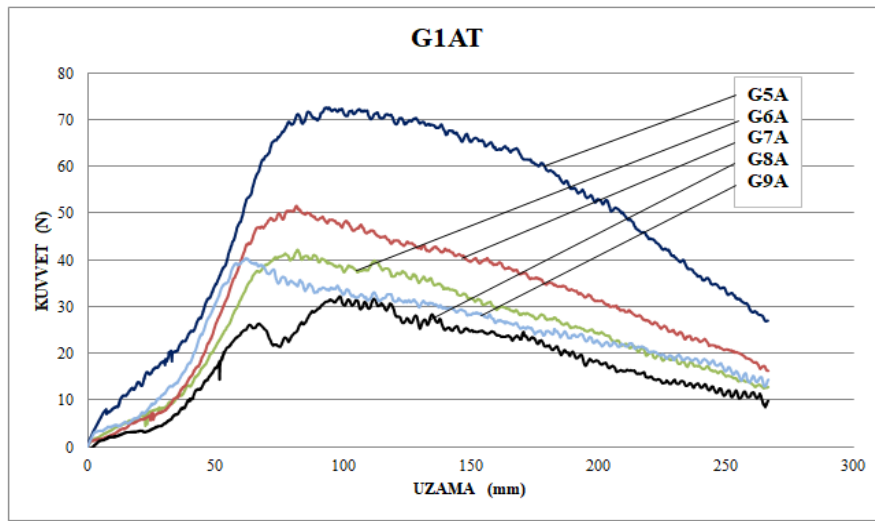


Şekil 5.16. GNPs (%0,1) kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.4.1.2. GNPs (%0,1) Kumaş Yapıda Alttan Tekli Sıralı Çekim (G1 Kodlu)

Şekil 5.17. de grafen nano plaka kaplı (GNPs, %0,1) prepreg kumaşın alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde alttan sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri ilk iplik çekiminden sonra (5. İplik) doğrusal olmayan bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç

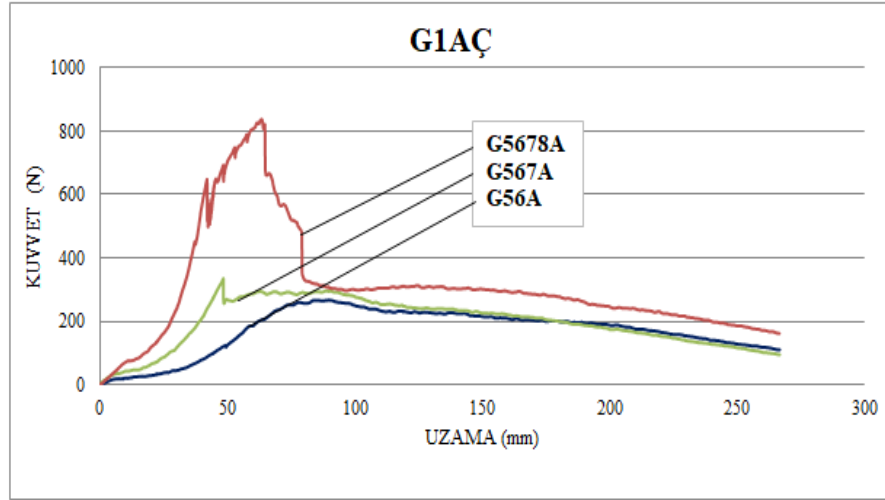
kısmı yaklaşık ikinci dereceden konveks ve ilk 5. İplik çekiminden sonra azalarak devam ettiği tespit edilmiştir. Maksimum çekme kuvvetlerinden sonra kısmi dar bir aralıkta ve düşük frekans da tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir. GNPs prepreg kumaşın yapının alttan tekli çekim değerleri kuru kumaşın katları şeklinde artarak gerçekleşirken prepreg kumaşa kıyasla önemli bir farklılık görülmemiştir.



Şekil 5.17. GNPs (%0,1) kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.4.1.3. GNPs (%0,1) Kumaş Yapıda Altan Çoklu Sıralı Çekim (G1 Kodlu)

Şekil 5.18 de grafen nano plaka katkılı prepreg kumaşın alttan çok uçlu çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde alttan çok uçlu çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak doğrusal olmayan şekilde arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı ikinci dereceden doğrusal olmayan ve uç sayısının artması ile orantılı olarak dikleşerek tok (ductile) halden daha rijid (stiff) şekle gelmiştir. Maksimum çekme kuvvetleri sonrası düşük bir aralıkta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir.

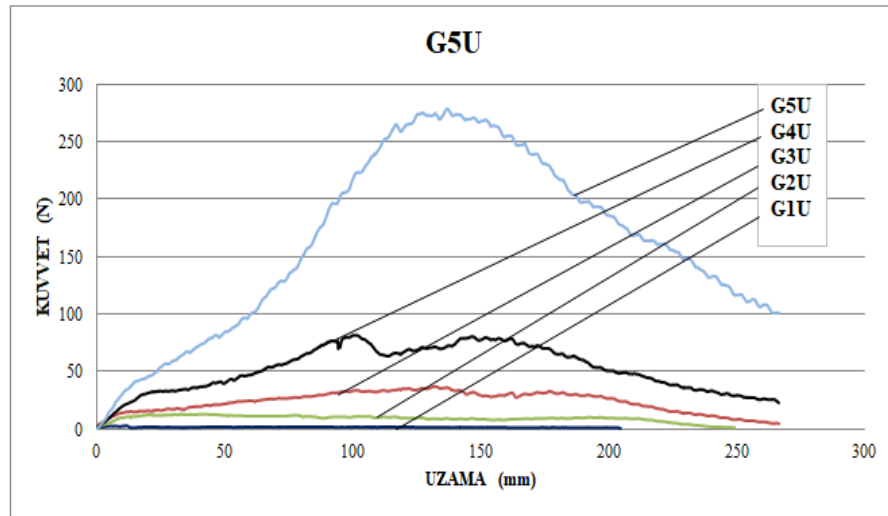


Şekil 5.18. GNPs (%0,1) kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.4.2. GNPs (%0,5) Kumaş Yapıda Sıralı Çekim (G5 Kodlu)

5.4.2.1. GNPs (%0,5) Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim (G5 Kodlu)

Şekil 5.19. da grafen nano plaka katkılı (GNPs, %0,5) prepreg kumaşın üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak arttığı ve prepreg kumaşla kıyaslandığında birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı yaklaşık ikinci dereceden konveks olmakla birlikte yayılım bir dağılım belirmiştir. Maksimum kuvvetler geçildiğinde tutunma-kayma olarak (stick-slip) düşük genlikte bariz bir şekilde devam ettiği gözlenmiştir. Çok uçlu yanal çekimlerde (5 ve 4 iplikbir arada) kuvvet-uzama eğrisinin altındaki alanın arttığı, bunun da daha çok ipliğin GNPs prepreg kumaş yapısından çekilmesi için daha yüksek değerlerde enerjiye gereksinim duyulduğu anlaşılmıştır.

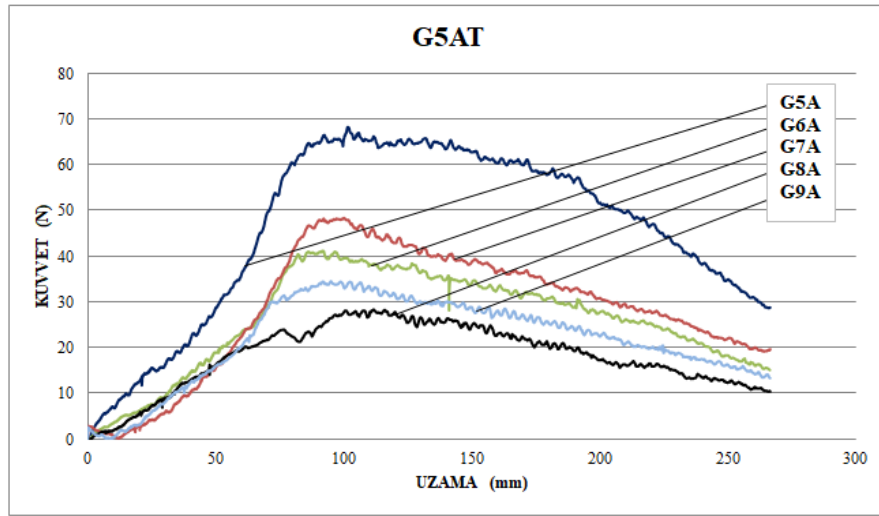


Şekil 5.19. GNPs (%0,5) kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.4.2.2. GNPs (%0,5) Kumaş Yapıda Alttan Tekli Sıralı Çekim (G5 Kodlu)

Şekil 5.20. de grafen nano katkılı (GNPs, %0,5) prepreg kumaşın alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde alttan sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri ilk iplik çekiminden sonra (5. İplik) doğrusal olmayan bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı yaklaşık ikinci dereceden konveks ve 5. İplik çekiminden sonra azalarak devam ettiği tespit edilmiş olup bariz bir tutunma-kayma davranışı gözlenmiştir.

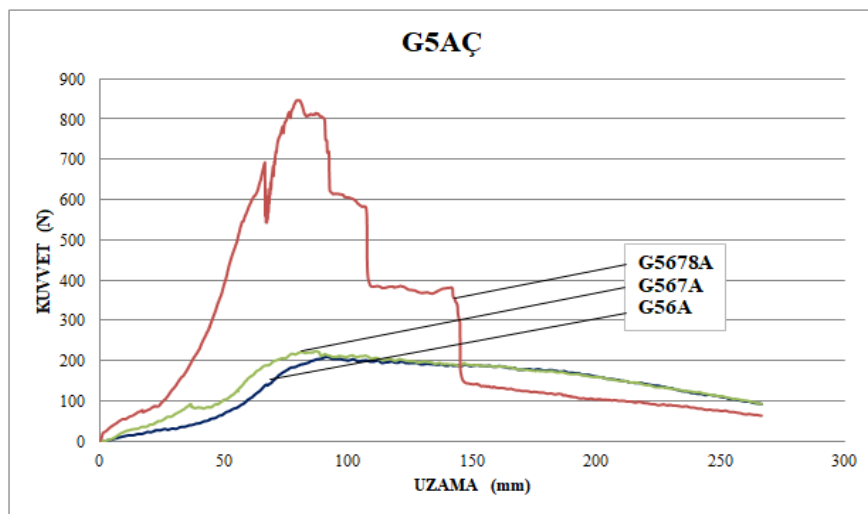
Maksimum çekme kuvvetlerinden sonra kısmi dar bir aralıkta ve düşük frekansta tutunma-kayma olarak (stick-Slip) devam ettiği gözlenmiştir. GNPs prepreg kumaş yapının alttan tekli çekim değerleri kuru kumaşın katları şeklinde artarak gerçekleşirken prepreg kumaşa kıyasla önemli bir farklılık görülmemiştir.



Şekil 5.20. GNPs (%0,5) kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.4.2.3. GNPs (%0,5) Kumaş Yapıda Altan Çoklu Sıralı Çekim (G5 Kodlu)

Şekil 5.21. de grafen nano plaka katkılı prepreg kumaşın alttan çok uçlu çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde alttan çok uçlu çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak doğrusal olmayan şekilde arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı ikinci dereceden doğrusal olmayan ve uç sayısının artması ile orantılı olarak dikleşerek tok (ductile) halden daha rijid (stiff) şekle gelmiştir. Maksimum çekme kuvvetleri sonrası düşük bir aralıkta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir.

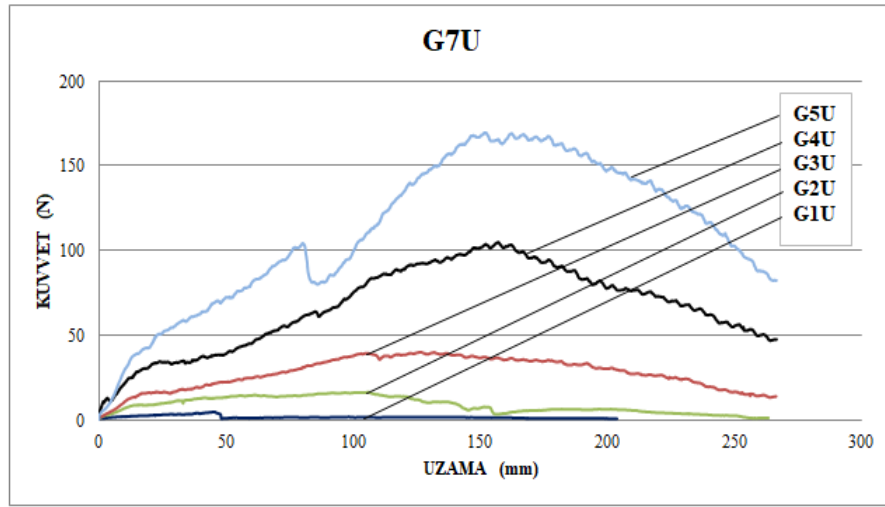


Şekil 5.21. GNPs (%0,5) kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.4.3. GNPs (%0,7) Kumaş Yapıda Sıralı Çekim (G7 Kodlu)

5.4.3.1. GNPs (%0,7) Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekim (G7 Kodlu)

Şekil 5.22. de grafen nano plaka katkılı (GNPs, %0,7) prepreg kumaşın üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak arttığı ve prepreg kumaşla kıyaslandığında birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı yaklaşık ikinci dereceden konveks olmakla birlikte yayılı bir dağılım belirmiştir. Maksimum kuvvetler geçildiğinde tutunma-kayma olarak (stick-slip) düşük genlikte bariz bir şekilde devam ettiği gözlenmiştir. Çok uçlu çekimlerde (5 ve 4 iplik bir arada) kuvvet-uzama eğrisinin altındaki alanın arttığı bunun da daha çok ipliğin GNPs prepreg kumaş yapısından çekilmesi için daha yüksek değerlerde enerjiye gereksinim duyulduğu anlaşılmıştır.

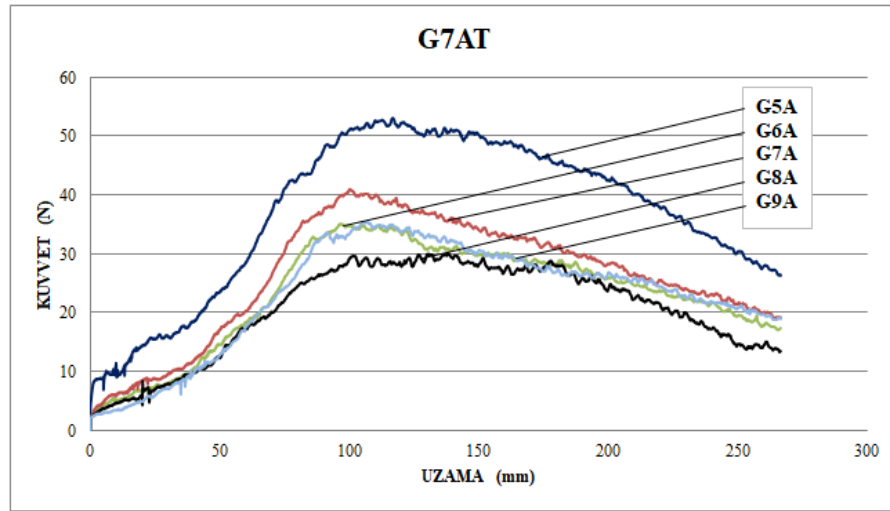


Şekil 5.22. GNPs (%0,7) kumaş yapıda üstten sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.4.3.2. GNPs (%0,7) Kumaş Yapıda Altan Tekli Sıralı Çekim (G7 Kodlu)

Şekil 5.23. de grafen nano plaka katkılı (GNPs, %0,7) prepreg kumaşın alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde alttan sıralı çekimlerin kuvvet-uzama değerleri ilk iplik çekiminden sonra (5. İplik) doğrusal olmayan bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı yaklaşık ikinci dereceden konveks ve ilk 5. İplik çekiminden sonra azalarak

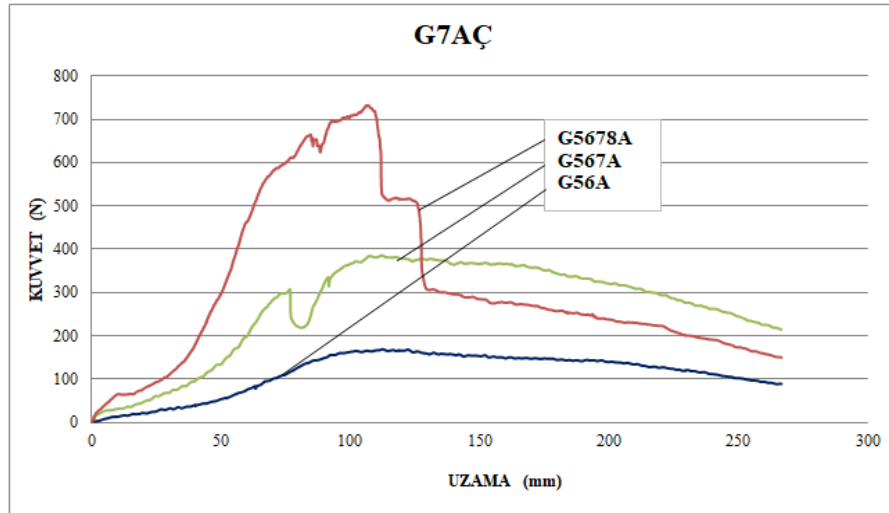
devam ettiği tespit edilmiş olup bariz bir tutunma-kayma davranışı gözlenmiştir. Maksimum çekme kuvvetlerinden sonra kısmi dar bir aralıkta ve düşük frekansta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir. GNPs prepreg kumaşın yapının alttan tekli çekim değerleri kuru kumaşın katları şeklinde artarak gerçekleşirken prepreg kumaşa kıyasla önemli bir farklılık görülmemiştir.



Şekil 5.23. GNPs (%0,7) kumaş yapıda alttan tekli sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.4.3.3. GNPs (%0,7) Kumaş Yapıda Alttan Çoklu Sıralı Çekim (G7 Kodlu)

Şekil 5.24. de grafen nano plaka katkılı prepreg kumaşın alttan çok uçlu çekim kuvvet-uzama eğrileri bir arada verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, yanal yönde alttan çok uçlu çekimlerin kuvvet-uzama değerleri uç sayısı ile orantılı olarak doğrusal olmayan şekilde arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğrinin başlangıç kısmı ikinci dereceden doğrusal olmayan ve uç sayısının artması ile orantılı olarak dikleşerek tok (ductile) halden daha rijid (stiff) şekle gelmiştir. Maksimum çekme kuvvetleri sonrası düşük bir aralıkta tutunma-kayma olarak (stick-slip) devam ettiği gözlenmiştir.

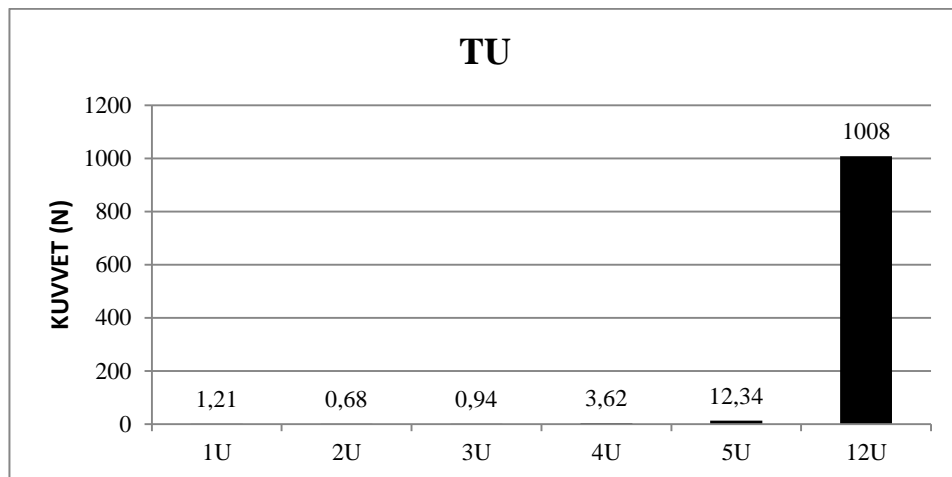


Şekil 5.24. GMPs (%0,7) kumaş yapıda alttan çoklu sıralı çekim kuvvet-uzama eğrileri.

5.5. Kuru Kumaş Yapılar (T Kodlu)

5.5.1. Kuru Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekimler

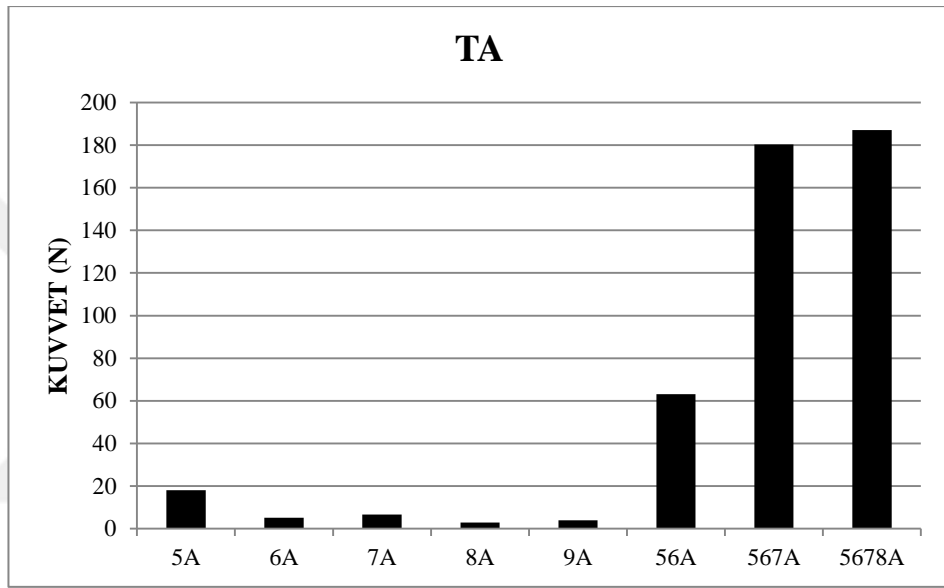
Şekil 5.25 de kuru kumaşın üstten sıralı çekim grafikleri bir arada verilmiştir. Grafikten görüleceği üzere, yanal yönde sıralı çekme kuvvet değerleri uç sayısı arttıkça lineer olmayan şekilde artmıştır.



Şekil 5.25. Kuru kumaş yapıda üstten sıralı iplik çekilmesi.

5.5.2. Kuru Kumaş Yapıda Alttan Sıralı Çekimler

Şekil 5.26. da kuru kumaşın alttan sıralı tekli ve çoklu çekim grafikleri bir arada verilmiştir. Grafikten görüleceği üzere, yanal yönde sıralı (ardıl) tekli çekme kuvvet değerleri ilk iplik ucunun çekiminden sonraki diğer iplik uçlarının çekilmesi ile azalırken alttan çoklu çekimde uç sayısı arttıkça lineer olmayan şekilde çekme kuvvetinin arttığı anlaşılmıştır.

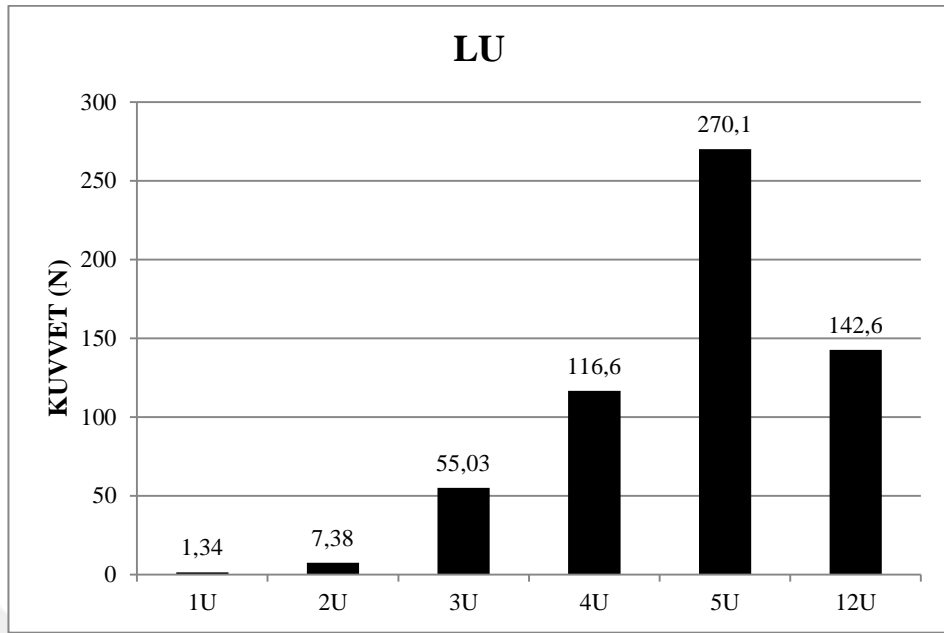


Şekil 5.26. Kuru Kumaş Yapıda Alttan Sıralı İplik Çekilmesi.

5.6. Prepreg Kumaş Yapılar (L Kodlu)

5.6.1. Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekimler

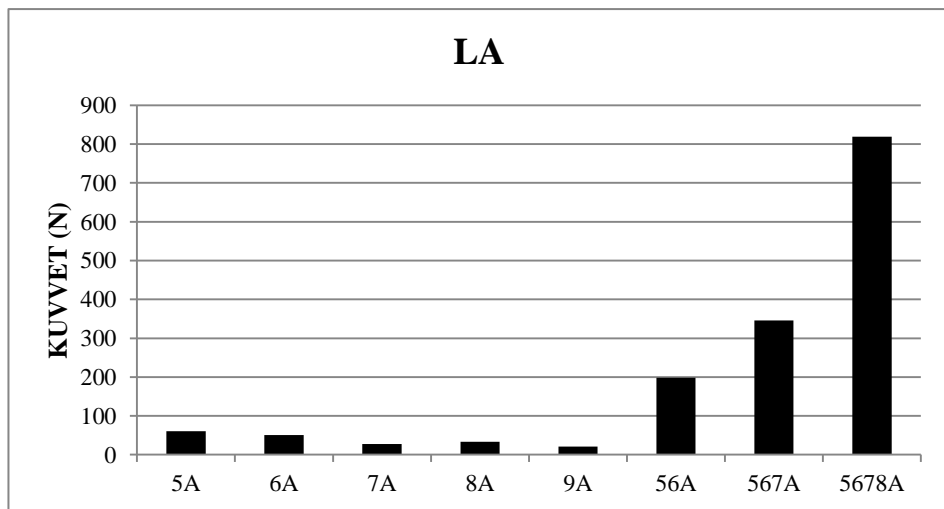
Şekil 5.27 de prepreg kumaşın üstten sıralı çekim grafikleri bir arada verilmiştir. Grafikten görüleceği üzere, yanal yönde sıralı çekme kuvvet değerleri uç sayısı arttıkça lineer olmayan şekilde artmıştır.



Şekil 5.27. Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı İplik Çekilmesi.

5.6.2. Prepreg Kumaş Yapıda Altan Sıralı Çekimler

Şekil 5.28 de prepreg kumaşın alttan sıralı tekli ve çoklu çekim grafiklere bir arada verilmiştir. Grafikten görüleceği üzere, yanal yönden sıralı (ardıl) tekli çekme kuvvet değerleri ilk iplik ucunun çekiminden sonraki diğer iplik uçlarının çekilmesi ile azalırken, alttan çoklu çekimde uç sayısı arttıkça lineer olmayan şekilde çekme kuvvetinin arttığı anlaşılmıştır.

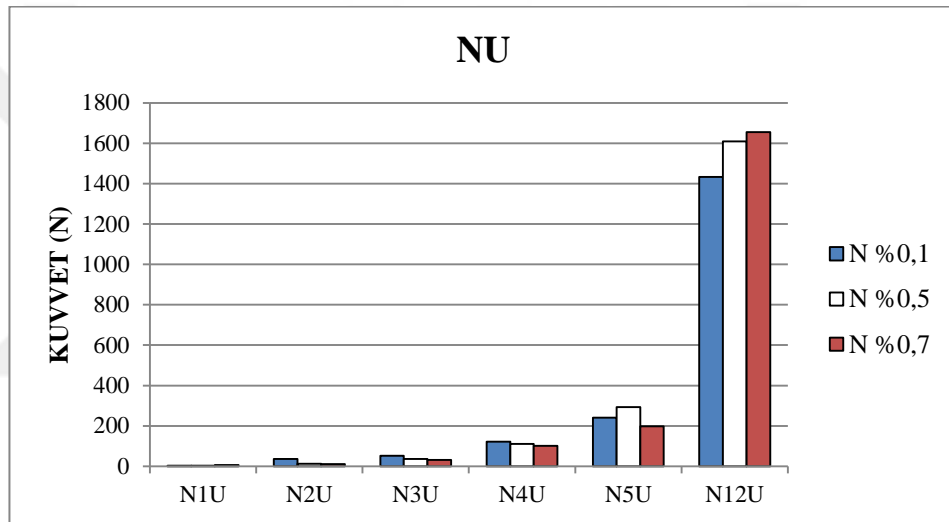


Şekil 5.28. Prepreg Kumaş Yapıda Altan Sıralı İplik Çekilmesi.

5.7. MWCNTs (Nano) Prepreg Kumaş Yapılar (N Kodlu)

5.7.1. MWCNT Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekimler

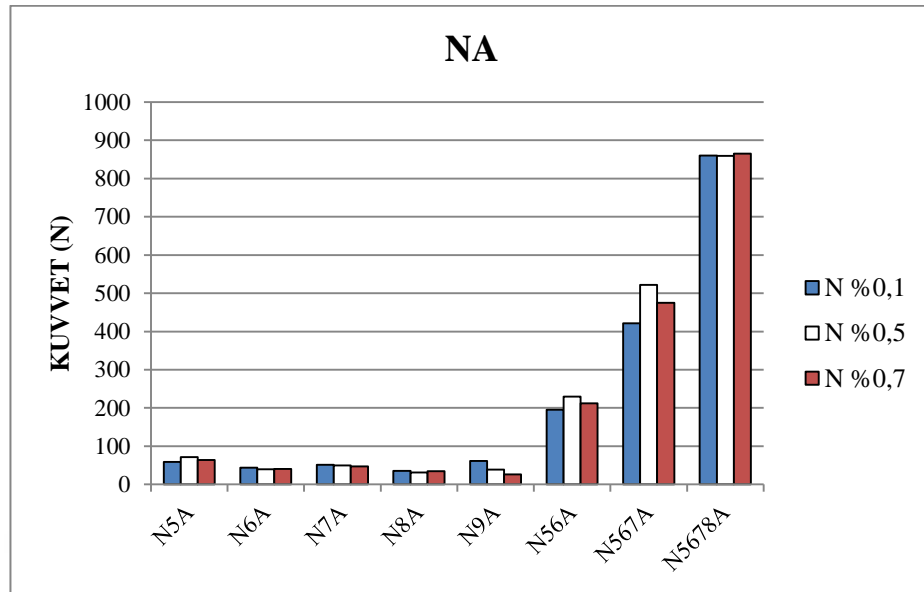
Şekil 5.29. da çok duvarlı karbon nanotüp katkılı prepreg kumaşın üstten sıralı çekim grafikleri bir arada verilmiştir. Grafikten görüleceği üzere, yanal yönde sıralı çekme kuvvet değerleri uç sayısı arttıkça lineer olmayan şekilde artmıştır. MWCNTs oranı arttıkça (%0,1 den %0,7) çekme kuvvetinde bariz bir azalma olduğu genel olmamakla birlikte tespit edilirken %0,5 MWCNTs oranının etkin olduğu deneysel olarak görülmüştür.



Şekil 5.29. MWCNT Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı İplik Çekilmesi.

5.7.2. Prepreg Kumaş Yapıda Alttan Sıralı Çekimler

Şekil 5.30 da çok duvarlı karbon nanotüp katkılı prepreg kumaşın alttan sıralı tekli ve çoklu çekim grafikleri bir arada verilmiştir. Grafikten görüleceği üzere, yanal yönde sıralı (ardıl) tekli çekme kuvvet değerleri ilk iplik ucunun çekiminden sonraki diğer iplik uçlarının çekilmesi ile azalırken, alttan çoklu çekimde uç sayısı arttıkça lineer olmayan şekilde çekme kuvvetinin arttığı anlaşılmıştır. MWCNTs oranı arttıkça (%0,1 den %0,7) çekme kuvvetinde bariz bir azalma olduğu genel olmamakla birlikte tespit edilirken %0,5 MWCNTs oranının etkin olduğu özellikle N5A, N56A ve N567A da deneysel olarak görülmüştür.

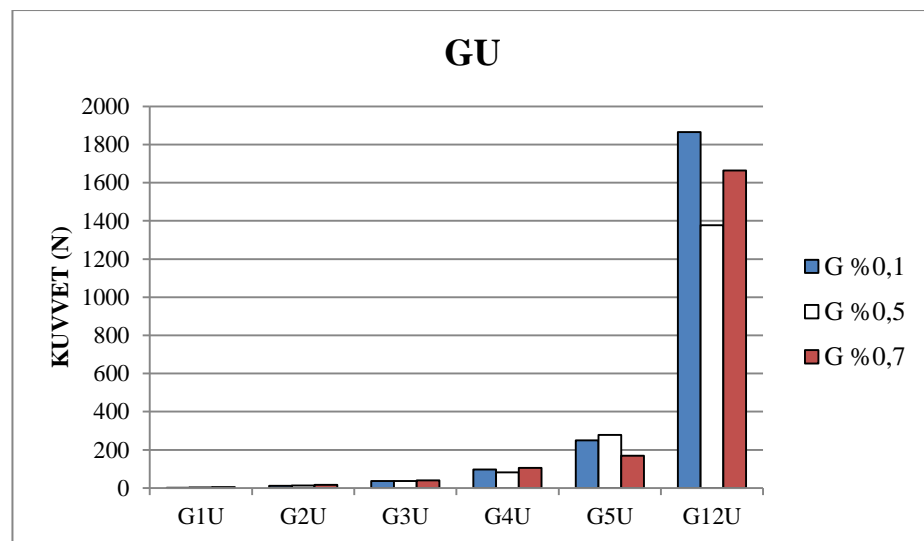


Şekil 5.30. MWCNT Prepreg Kumaş Yapıda Alttan Sıralı İplik Çekilmesi.

5.8. GNPs (Nano) Prepreg Kumaş Yapılar (G Kodlu)

5.8.1. Grafen Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı Çekimler

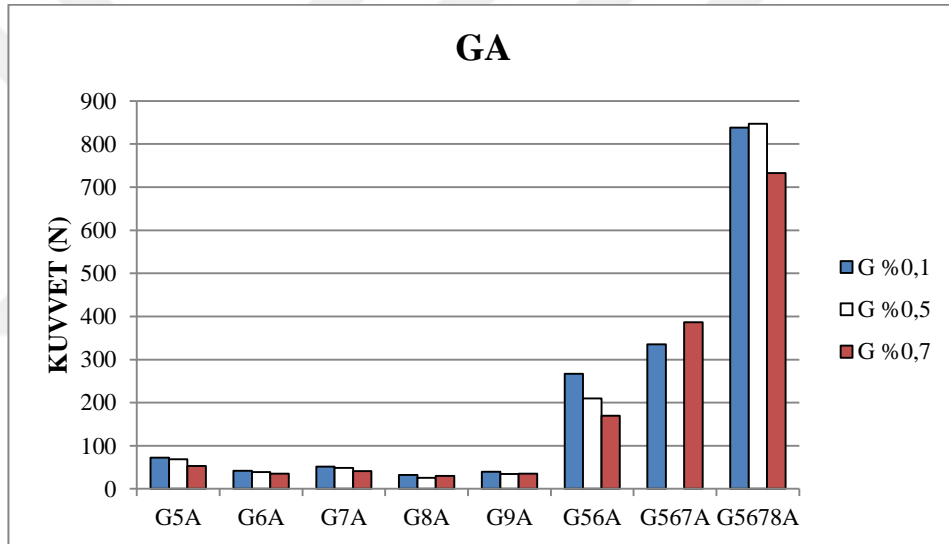
Şekil 5.31. de grafen katkılı prepreg kumaşın üstten sıralı çekim grafikleri bir arada verilmiştir. Grafikten görüleceği üzere, yanal yönde sıralı çekme kuvvet değerleri uç sayısı arttıkça lineer olmayan şekilde artmıştır. GNPs oranı arttıkça (%0,1 den %0,7) çekme kuvvetindeki değişimlerin herhangi bir kurala uymadığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.31. GMPs Prepreg Kumaş Yapıda Üstten Sıralı İplik Çekilmesi.

5.8.2. Grafen Kumaş Yapıda Alttan Sıralı Çekimler

Şekil 5.32. de grafen plaka katkılı prepreg kumaşın alttan sıralı tekli ve çoklu çekim grafikleri bir arada verilmiştir. Grafikten görüleceği üzere, yanal yönde sıralı (ardıl) tekli çekme kuvvet değerleri ilk iplik ucunun çekiminden sonraki diğer iplik uçlarının çekilmesi ile azalırken alttan çoklu çekimde uç sayısı arttıkça lineer olmayan şekilde çekme kuvvetinin arttığı anlaşılmıştır. GNPs oranı arttıkça (%0,1 den %0,7) çekme kuvvetinde ki değişim herhangi bir kurala uymazken özellikle G5A ve G56A daki verilerden grafen katkı oranının artması ile çekme kuvvetinde bariz bir azalma gerçekleştiği tespit edilmiştir.



Şekil 5.32. GMPs Prepreg Kumaş Yapıda Alttan Sıralı İplik Çekilmesi.

6. GENEL SONUÇ VE ÖNERİLER

Balistik amaçlı kullanılan koruyucu giysilerinin darbe dayanımı ve mermi enerjisinin absorblanmasını anlamak için tekli ve çoklu iplik çekme testleri tek katlı para-aramid (Twaron) kuru, epoksi reçineli prepreg, çok duvarlı karbon nanotüp katkılı prepreg ve nano grafen plaka katkılı prepreg kumaşlar üzerinde gerçekleştirildi. Para-aramid (kevlar) kumaşlara uygulanan kimyasallarla birlikte tekli ve çoklu iplik çekme verileri üretildi. Tekli ve çoklu uç çekme kuvvetleri çekilen iplik uçlarının sayısına bağlıdır. Çoklu iplik çekme kuvvetleri tek iplik çekme kuvvetlerinden daha yüksektir.

Araştırma sonucu elde edilen veriler değerlendirildiğinde kuvvet-uzama eğrilerinden yanal yönde kumaştan tekli yada çoklu iplik çekimlerinde kumaş yapısında önce kayma daha sonrada krimp düzleşmesi ve iplik ayrılması ve açısal olarak ipliklerin çekildiği anlaşılmıştır.

Para-aramid kumaşın yanal yönde kumaşın üst kısmından sıralı çekme kuvvet değerleri uç sayısı arttıkça lineer olmayan şekilde katkı olarak artmıştır. Para-aramid kumaşın yanal yönde alttan sıralı (ardıl) tekli ve çoklu çekme kuvvet değerleri ilk iplik ucunun çekiminden sonraki diğer iplik uçlarının çekilmesiyle azalırken, alttan çoklu çekimde uç sayısı arttıkça lineer olamayan şekilde katkı olarak çekme kuvvetinin arttığı tespit edilmiştir.

Prepreg ve MWCNTs ve GNPs katkılı para-aramid kumaşın yanal yönde kumaşın üst kısmından sıralı çekme kuvvet değerleri uç sayısı arttıkça lineer olamayan şekilde kuru kumaşa kıyasla artmıştır. Ayrıca, prepreg ve nano karbontüplü ve nano grafen plaka katkılı para-aramid kumaşın yanal yönde alttan sıralı (ardıl) tekli ve çoklu çekme kuvvet değerleri ilk iplik ucunun çekiminden sonraki diğer bir iplik uçlarının çekilmesi ile azalırken, alttan çoklu çekimde uç sayısı arttıkça linner olmayan şekilde katlı olarak çekme kuvvetinin kuru kumaşa göre arttığı tespit edilmiştir. Nano katkılı prepreg kumaşlarda katkı oranının etkileri nano tüp oranı %0,1 ve %0,5 için etkin görünürken, nano plaka açısından katkı oranlarının etkileri tamamı ile anlaşılamamıştır. Bu konuda daha detaylı çalışmaların yapılması gereklidir.

KAYNAKÇA

1. Akdoğan, A., Küçükyıldırım, B.O. 2006. “Nanomalzemeler ve Uygulamaları,” **MakinaTek.**, sayı 99, s.114-117.
2. B.J. Briscoe and F. Motamedi Department of Chemical Engineering and Chemical Technology, Imperial College of Science, Technology and Medicine, London SW7 2BY, England Role of Interfacial Friction and Lubrication in Yarn and Fabric Mechanics.
3. Bazhenov S. 1997. Dissipation of Energy by Bulletproof Aramid Fabric. **J Mater Sci**, 32 (15) 417-73.
4. Bhushan, B. 2004. Springer Handbook of Nanotechnology, ISBN 3642025242, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
5. Briscoe BJ, Motamedi F. 1992. The ballistic impact characteristics of aramid fabrics: The Influence of Interface friction. **Wear** 158 (1–2):229–47.
6. Carbomid.com.tr/ 2003. Aramid- Elyaf- Özellikleri Perepelkin, KE, Andreeva, IV, Pakshver, EA ve diğ. **Elyaf Kimyası** 35: 265.
7. Deju zhu Chote Soranakom Barzin Mobasher S.D. Rajan Experimental Study and Modeling of Single yarn pull-out behavior of kevlar 49 fabric.
8. Dong Z and Sun CT. 2009. Testing and Modeling of Yarn Pull-out in Plain Kevlar Fabrics. Composites: Part A: **Appl Sci Manufacturing**, 40 (12): 1863–1869.
9. F. Motamedi, A.I. Bailey, B.J. Briscoe and D. Tabor, 1989. **Textile Research Journal** 59: 160 DOI: 10.1177/004051758905900305 Theory and Practice of Localized Fabric Deformations.
10. <https://dergipark.org.tr/download/article-file/218034>. Tekstil ve Konfeksiyon 4/2007.

11. Gogotsi, Y. 2006. Nanotubes and Nanofibers, ISBN 0849393876, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
12. Hearle JWS. High Performance Fibers. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.; 2001.
13. <http://www.teknikteksstiller.com/articles/aramid-lifleri/> 15 Ağustos 2017.
14. <https://acikerisim.aku.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11630/5960/10030300.pdf> sequence=1&isAllowed=y 2012.
15. <https://doi.org/10.1023/B:FICH.0000003476.55891.26.2003>. Thermal Characteristics of Para-aramid Fibres.
16. K. Bilisik and M. Korkmaz, 2010. Multilayered and Multidirectionally-stitched Aramid Woven Fabric Structures: Experimental Characterization of Ballistic Performance by Considering the Yarn Pull-out Test, **Textile Research Journal** **2010** **80**: 1697 Originally Published Online 26 April DOI: 10.1177/0040517510365954.
17. Kadir Bilisik and Gaye Yolacan, 2011. Single and Multiple Yarn Pull-out on E-glass Woven Fabric Structures, Originally Published Online 14 September, **Textile Research Journal** **2011** **81**: 2043 DOI: 10.1177/0040517511414976.
18. Kadir Bilisik 2011. Department of Textile Engineering, Engineering Faculty, Erciyes University, 38039 Talas-Kayseri, Turkey, Pull-out Properties of Polyester Woven Fabrics: Effects of Softening Agent and Interlacement on Single and Multiple Yarn Pull-Out Forces and Analysis by Statistical Model, Received April 21, Revised July 4, Accepted July 15.
19. Kadir Bilisik, 2012. Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Erciyes University, 38039 Talas-Kayseri, Turkey Properties of yarn pull-out in para-aramid fabric structure and analysis by statistical model.
20. Kadir Bilisik, 2012. Stick – Slip Behavior of Para-Aramid (Twaron®) Fabric in Yarn Pull-out, **Textile Research Journal** **83**: 13 Originally Published Online 26 June 2012 DOI: 10.1177/0040517512449052.

21. Kadir Bilişik 2011. Effect of Interlacement Frequency on the Single and Multiple Yarn and Pull-out Properties of Woven Fabric **Textile Research Journal** **81** (6) 585-597, 443.
22. Kadir Bilişik, 2003. Determation of Stick-slip Stage of Single and Multiple Yarn Ends Pull-out in Para-aramid (Kevlar) Woven Fabric **Journal of Insustrial Textiles** **43** (1) 90-115.
23. Kadir Bilişik, 2012. Journal of Industrial Textiles Experimental Determination of Yarn Pull-out Properties of Para-aramid (Kevlar) **Woven Fabric** **41**:201.
24. Kadir Bilişik ve Mahmut Korkmaz, 2011. Single and Multiple Yarn Pull-outs on Aramid Woven Fabric Structures **Textile Researches Journal** **81** (8) 847-864.
25. Kılıç E., Grafen 2019. Esaslı Yeşil Nanokompozitlerin Hazırlanması, Karakterizasyonu ve Çeşitli Uygulamalarda Kullanılması, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
26. Kirkwood, KM., Kirkwood, JE., Lee, YS., Ronald, G., Egres, JR., 2004. Yarn Pull-Out as a Mechanism For Dissipating Impact Energy in Kevlar Km-2 Fabric Part I: Quasi-Static Characterization Of Yarn Pull-Out, **Textile Research Journal** **74** (10), 920-928.
27. King Mj, 2003. A Continuum Constitutive Model Fort He In-plane Mechanical Behavior of Woven Fabrics. M.S. Thesis. **Massachusetts Instute of Technology**.
28. Kirkwood JE, Kirkwood EM, Lee YS, Egres RG, Wagner NJ, Wetzel ED.2004. Yarn Pull-out as A Mechanism for Dissipating Ballistic Impact Energy in Kevlar KM-2 Fabric – Part II: Predicting Ballistic Performance. **Text Res J**; **74** (11): 939–48.
29. Kirkwood KM, Kirkwood JE, Lee YS, Egres RG, Wagner NJ. Yarn Pull-out as A Mechanism for Dissipating Ballistic Impact Energy in Kevlar KM-2 Fabric – Part Quasi-static Characterization of Yarn Pull-out. **Text Res J** **2004**;**74** (10): 920–8.

30. Koski, A., Yim, K., Shivkumar, S., 2004. Effect of Molecular Weight on Fibrous PVA Produced by Electrospinning, **Materials Letters**, **58** 493-497.
31. Kuilla, T., Bhadra, S., Yao, D., Kim, N.H., Bose, S., Lee, J.H., 2010. Recent Advances in Graphene Based Polymer Composites, **Progress in Polymer Science**, **35**; 1350-1375.
32. Kulkarni Vishakha, S., Butte Kishor, D., Rathod Sudha, S., 2012. Natural polymers–A Comprehensive Review, **International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences**, **3** 1597-1613.
33. M. Valizade , S. A.H. Ravandi , M. Salimi b & M. Sheikhzadeh Department of Textile Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, 84156, Iran Department of Mechanical Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, 84156, Iran Determination of Internal Mechanical Characteristics of Woven Fabrics Using the Force-Balance Analysis of Yarn Pull-out Test.
34. M.P. Rao, Y. Duan , M. Keefe , B.M. Powers, T.A. Bogetti Center for Composite Materials, University of Delaware, Newark, DE 19716, USA Department of Mechanical Engineering, University of Delaware, Newark, DE 19716, USA US Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, MD 21005, USA Modeling the Effects of Yarn Material Properties and Friction on the Ballistic Impact of A Plain-Weave Fabric.
35. Ning Pan and Mee-Young Yoon, 1993. Behavior of Yarn Pull-out from Woven Fabrics: Theoretical and Experimental, **629 Textile Research Journal**, DOI: 10.1177/004051759306301103 63:.
36. NTVMSNBC, “KNT’ler Mars’a Götürecek,” 2005.
<http://arsiv.ntvmsnbc.com/news/321325.asp>, 13 Mart 2011.
37. Pan N and Yoon MY. 1993. Behavior of Yarn Pull-out From Woven Fabrics: Theoretical and Experimental. **Text Res J**, **63**: 629–637.
38. Rebouillat S., 1998. Tribological Properties of Woven Para-aramid Fabrics and Their Constituent Yarns. **J Mater Sci**, 3293–3301.

39. Ruslan A., 2016. Farklı Yapı ve Özellikdeki Dokuma ve Örgü Kumaşların Elektromanyetik Ekranlama Etkinliğinin Araştırılması Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı Isparta.
40. S.A.R.D. Sebastian, A.I. Bailey, B.J. Briscoe and D. Tabor, 1986. Effect of a Softening Agent on Yarn Pull-out Force of a Plain Weave Fabric, **Textile Research Journal** **56**: 604, DOI: 10.1177/004051758605601003.
41. Sard Sebastian AI Balley BJ Briscoe and D Tabor J. 1987. Prinled in the UK Extensions Displacements and Forces Associated with Pulling a Single Yarn From a Fabric, **Physd Appl Phys**, **20**; (987) 130-139.
42. Sebastian Sard, Bailey AI, Briscoe Bj Tabor D, 1987. Extensions Displacements and Forces Associated with Pulling A Single Yarn From A Fabric **J Phys Di Appl Phys**; **20** (1):130-9.
43. Seunghun, H., Myung, S. 2007. "Nanotube Electronics: A Flexible Approach to Mobility," **Nature Nanotechnology**, **2**, p.207 - 208.
44. Tabor, D., 1960. The Friction of Polymers and Fibers: The Influence of Surface and Bulk Properties. **Journal of Textile Institute**, **51**; 1520–1526.
45. Tan VBC, Lim CT, Cheong CH. 2003. Perforation of High-Strength Fabric by Projectiles of Different Geometry. **Int J Impact Eng**; **28** (2):207–22.
46. Termonia Y. 2004. İmpact Resistance of Woven Fabric, **Textile Res J**; **74** (8):723-9.
47. X. S. Zeng V. B. C. Tan and V. P. W. Shim Impact Mechanics Laboratory, Department of Mechanical Engineering, National University of Singapore, 9 Engineering Drive 1, Singapore 117576, Singapore Modelling Inter-yarn Friction in Woven Fabric Armour.
48. Yang HH. Kevlar Aramid Fiber. New York: John Wiley & Sons; 1993.

49. Yu, M.F., Files, B.S., Arepalli, S., Ruoff, R.S. 2000. "Tensile Loading of Ropes of Single Wall Carbon Nanotubes and Their Mechanical Properties," **Physical Review Letters**, **84**; no.24.
50. Zhaoxu Dong, C.T. Sun School of Aeronautics and Astronautics, Purdue University, W. Lafayette, IN 47907, USA Testing and Modeling of Yarn Pull-out in Plain Woven Kevlar Fabrics.
51. Zhaoxu Dong, C.T. Sun School of Aeronautics and Astronautics, Purdue University, W. Lafayette, IN 47907, USA Testing and Modeling of Yarn Pull-out in Plain Woven Kevlar Fabrics.
52. Zherui Guo, Jihye Hong, James Zheng and Weinong Chen Out-of-Plane Effects on Dynamic Pull-out of P-Phenylene Terephthalamide Yarns.
53. Zherui Guo, Jihye Hong, James Zheng and Weinong Chen, 2014. Loading Rate Effects on Dynamic Out-of-Plane Yarn Pull-out, **Textile Research Journal** **84**: 1708 Originally Published Online 27 March DOI: 10.1177/0040517514527376

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Elif ALTUNTAŞ
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri: 03.09.1983- KAYSERİ
Medeni Durum: Bekar
e-mail: altuntaselif60@gmail.com
Yazışma Adresi: 30 Ağustos Mah. Çobanyıldızı Sok. Tuna 2 Apt. No:7/28
 Melikgazi/ KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	ERÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği KAYSERİ	2020
Lisans	Erciyes Üniversitesi Tekstil Mühendisliği KAYSERİ	2016
Önlisans	Erciyes Üniversitesi Mustafa Çıkrıkçıoğlu MYO. Tekstil Bölümü KAYSERİ	2012

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2018-Halen	Ako Örme ve Boya	Planlama Şefi
2003-2005	Ulutaş Tekstil	Kalite Kontrol

YABANCI DİL

İngilizce