

**HASARLI KOMPOZİT PLAKALARIN TAMİR
YOLUYLA MUKAVEMETİNİN ARTTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zakir POLAT

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Alaattin AKTAŞ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

AĞUSTOS 2008

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HASARLI KOMPOZİT PLAKALARIN TAMİR YOLUYLA
MUKAVEMETİNİN ARTTIRILMASI

Zakir POLAT

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Alaattin AKTAŞ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

AĞUSTOS 2008

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
RESİMLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KOMPOZİT MALZEMELER	2
2.1 Kompozitlerin Kullanma Alanları	3
2.2 Literatür İnceleme	5
3. KURAMSAL TEMELLER	8
3.1 Metaller ve Kompozitlerin Karşılaştırılması	9
3.2 Pim Bağlantı ve Reçine İle Yapıştırma Arasındaki Fark	9
4. YAPIŞTIRMA BAĞLANTILARI	10
4.1 Yapıştırma Bağlantıları Sistemi	10
4.1.1 Gerilme çeşitleri	10
4.1.1.1 Kesme	11
4.1.1.2 Çekme	11
4.1.1.3 Soyulma	12
4.1.1.4 Çekme-Makaslama	12
4.1.2 Yapıştırma bağlantı tipleri	12
4.2 Yapışma	17
4.2.1 Yapışma Teorileri	18
4.2.1.1 Elektrostatik teorisi	18
4.2.1.2 Mekanik tutunma teorisi	18

4.2.1.3 Difüzyon teorisi	19
4.2.1.4 Adsorpsiyon teorisi	19
4.2.2 Yüzey Islatma	20
4.2.3 Camsı Geçiş Sıcaklığı	21
4.2.4 Polimerlerin Bozunması	22
4.2.4.1 Termik Bozunma	22
4.2.4.2 Oksidatif Bozunma	23
4.2.4.3 Hidroliz	23
4.2.5 Hasar Mekanizması	24
4.2.5.1 Adhezyon	24
4.2.5.2 Kohezyon	24
4.3 Yapıştırıcılar	25
4.3.1 Yapıştırıcılara Konulan Katkı Maddeleri	26
4.3.1.1 Seyrelticiler	26
4.3.1.2 Katalizatörler ve katılaştırıcılar	26
4.3.1.3 Hızlandırıcılar, geciktiriciler ve durdurucular	27
4.3.1.4 Modifiye ediciler	27
4.3.2 Yapıştırıcıların sınıflandırılması	28
4.3.2.1 Epoksiler	28
4.3.2.2 Poliüretan	29
4.3.2.3 Akrilikler	29
4.3.2.4 Siyanoakrilikler	30
4.3.2.5 Anerobikler	30
4.3.2.6 Silikonlar	30
4.3.2.7 Fenolikler	30
4.3.3 Yüzey Hazırlama	31
4.3.3.1 Yüzey hazırlama metotları	33
4.3.3.1.1 Çözücüyle silme	33
4.3.3.1.2 Buharla yağ giderme	33
4.3.3.1.3 Aşındırma	34
4.3.3.1.4 Buharla honlama	35
4.3.3.1.5 Ultrasonik temizleme	35

4.3.3.1.6 Kimyasal çözeltiyle temizleme(etching)	35
4.3.3.1.7 Diğer kimyasal ve mekanik metotlar	36
4.3.3.2 Primerler	36
5. MATERYAL ve YÖNTEM	38
5.1 Malzeme Temini	38
5.2 Numunelerin hazırlanması ve problemin tanıtılması	39
5.3 Yüzey hazırlama	42
5.4 Numune	43
5.4.1 Yapıştırma Bağlantılı Numuneler	43
5.4.2 Perçin bağlantılı numuneler	43
6. DENEYSEL SONUÇLAR ve GRAFİKLER	44
6.1 Deney Numunelerinin Resimleri	55
7. TARTIŞMA VE SONUÇ	58
8. KAYNAKLAR	60
9.ÖZGEÇMİŞ	62

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HASARLI KOMPOZİT PLAKALARIN TAMİR YOLUYLA MUKAVEMETİNİN ARTTIRILMASI

Zakir POLAT

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Alaattin AKTAŞ

Makine ve yapı elemanlarının bağlantılarında yapıştırıcıların ve perçin bağlantılarının kullanım potansiyeli giderek artmaktadır. Özellikle uzun zaman periyotlarında bağlantı güvenilirliğinin gerektiği havacılık, uzay, otomotiv, altyapı sistemi, tıp, elektronik paketleme, spor, inşaat ve deniz endüstrilerinde yapıştırıcılar ve pim bağlantılar, gün geçtikçe önemi artmaktadır. Sistemlerin ağırlığını azaltarak yakıtta tasarrufa gitmek, günümüzde sistemlerin enerji tüketimini azaltmak için başlıca yollarında bir tanesidir. Farklı malzemelerin birleştirilmesine imkân verme, düzgün gerilme dağılımı elde etme ve daha pürüzsüz yüzeyler elde etme gibi avantajlar, yapıştırıcıyı daha etken kılmıştır. Bu çalışmada hasara uğramış kompozit plakaların hangi tamirat yönteminin bize ne kadar yararı olduğu ve ne kadar mukavemet gösterdiği incelenecektir.

Deneysel çalışma 4 farklı şekilde yapılmıştır. Bunlar üst üste bindirme ile yapıştırma, alın altına bindirme ile yapıştırma, üst üste bindirme ile pimli ve alın altına bindirme ile pimli olarak sınıflandırabiliriz. Bunlarda yapıştırmalı bağlantılar kendi içlerinde lifli bağlantılı ve liffsiz bağlantılı olacak şekilde iki gruba ayrılmaktadır.

2008,62 sayfa

Anahtar kelimeler: Yapıştırıcılar, bağlantı güvenilirliği, bindirme, hasar, rijitlik.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

STRENGTH IMPROVING OF DAMAGED COMPOSITE

PLATE BY REPAIRING

Zakir POLAT

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Ph. D. Alaattin AKTAŞ

Utilization rate of adhesive substances and pin joints are gradually improved on machine and structure components. Especially, the importance of joints wit adhesives and pin joints is grown more and more in aviation, aerospace industry, automotive, infrastructure systems, medicine, electronic packing, sport, building and marine industries that might have reliability for long working periods. One of the major way of energy disposal of contemporary systems is performing the disposal of fuel by decreasing weight of system. Practicable different materials joint, obtaining regular tensile strength distribution and more smooth surfaces were made adhesives more effective. In this study, it is investigated that which joining method in composite plates is useful and strength.

Experimental study was performed in four different ways. These ways are glue with overlapping, glue with foreheads, pinning with overlapping and foreheads. The adhesive joints are divided in two groups; One of these is fibrous the other nonfibrous joints.

2008, 62 pages

Keywords: Adhesives, joints reliability, load, failure, rijit.

TEŞEKKÜR

Öncelikle; tezimin başından sonuna kadar bana destek olan, benden vaktini esirgemeyen, değerli görüş ve bilgilerini benimle paylaşan danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Alaattin AKTAŞ' a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tezimde emeği geçen başta Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr.Alaattin AKTAŞ olmak üzere tüm hocalarıma, bant temininde yardımcı olan. Namık LEBLEBİCİER' e deney numunelerinin yapılması sırasında benden yardımını esirgemeyen değerli iş ortağım Mak. Müh. Ramazan SARI'ya ve Deney numuneleri için gerekli malzeme tedarikinde benden yardımını esirgemeyen Pulltek imalat mühendisi Muhammed bey'e ve tüm çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Bana sürekli moral veren, karşılaştığım sorunları kendi sorunlarıymış gibi çözmeye çalışan sevgili eşime sonsuz teşekkür ederim.

Zakir POLAT

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

W	plakanın genişliği
D	delik çapı
t	plakanın et kalınlığı
E	delik merkezi
(W/D)	genişliğin delik çapına oranı
(E/D)	kenar mesafesinin delik çapına oranı
u,v ve w	yer değiştirmelerinde
U	yer değiştirmesi
γ	sıvının yüzey gerilimi
θ	ıslatma açısı
π_e	denge yayılma açısı
W_A^d	yayılma bileşeni
W_A^h	hidrojen bağı bileşeni
W_A^p	dipole-dipole bileşeni
W_A^i	dipole-induced dipole bileşeni
W_A^{ab}	asit-baz bileşeni
z	plaka kalınlığı
u	yer değiştirmesi
n	toplam düğüm noktası
τ	kayma gerilmesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No	
Şekil 2.1	Kompozit malzeme çeşitleri	3
Şekil 4.1	Gerilme tipleri: (a) Kesme, (b) Çekme, (c)Soyulma, (d)Çekme-Makaslama	11
Şekil 4.2	Bazı yaygın yapıştırma bağlantı tipleri	14
Şekil 4.3	Tek tesirli bindirme bağlantısının şekil değiştirmeden önce ve şekil değiştirdikten sonraki görünümü	15
Şekil 4.4	Yüklenmiş haldeki tek tesirli bindirme bağlantısının deforme olmuş hali ve kayma gerilmesi dağılımı	16
Şekil 4.5	Yüklenmiş haldeki çift tesirli bindirme bağlantısı ve yapıştırıcıda oluşan gerilmeler	17
Şekil 4.6	(a)Adheziv kırılma, (b) Koheziv kırılma	25
Şekil 5.1	Yapıştırma Bağlantılı deney numunelerinin geometrisi	40
Şekil 5.2	Pimli Bağlantılı deney numunelerinin geometrisi	40
Şekil 5.3	Yapıştırma ve pimli bağlantı deney numunesinin bağlantı şekli	42
Şekil 6.1	Perçin bağlantılı kompozitlerin kopma değerleri	45
Şekil 6.2	m=25 mm bindirme uzunluğundaki numuların çekme deney sonuçları	45
Şekil 6.3	m=35 mm bindirme uzunluğundaki numuların çekme deney sonuçları	46
Şekil 6.4	m=45 mm bindirme uzunluğundaki numuların çekme deney sonuçları	46
Şekil 6.5	m=55 mm bindirme uzunluğundaki numuların çekme deney sonuçları	47
Şekil 6.6	Yapıştırma bağlantılı kompozitlerin kopma değerleri	48
Şekil 6.7	m=25 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri	49
Şekil 6.8	m=35 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri	49

Şekil6.9	m=45 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri	50
Şekil 6.10	m=55 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri	50
Şekil 6.11	m=25 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri	51
Şekil 6.12	m=35 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri	51
Şekil 6.13	m=45 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri	52
Şekil 6.14	m=55 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri	52
Şekil 6.15	m=25 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri	53
Şekil 6.16	m=35 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri	53
Şekil 6.17	m=45 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri	54
Şekil 6.18	m=55 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri	54

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa No	
Resim 6.1	Lifli ve düğümlü kompozit tamirâtı	55
Resim 6.2	Lifli ve düğümlü kompozit kopmuş hali	55
Resim 6.3	Sadece lifli kompozit tamirâtı	56
Resim 6.4	Sadece lifli kompozitin kopmuş hali	56
Resim 6.5	Pimli bağlantılı kompozit tamirâtı	57
Resim 6.6	Pimli bağlantılı kompozitin kopmuş hali	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1 Kompozitler ve metallerin birleştirilmesiyle ilgili bazı önemli mekanik ve fiziksel özellikler	8
Çizelge 3.2 Pim bağlantıya karşı reçine ile yapıştırmanın temel avantajları	9
Çizelge 5.1 Bindirme uzunluklarına göre deney numunelerinin boyutları	41
Çizelge 5.2 Yapıştırma ve Pimli bağlantılı numunelerin boyutları	43

1-GİRİŞ

Günümüzde düşük özgül ağırlığa karşılık yüksek mukavemet ve korozyona dayanıklılığı, iyi şekillenebilme özelliği ve yorulmaya karşı iyi dayanımı nedeniyle kompozit malzemeler metal malzemelere nazaran daha fazla tercih edilmektedir. Fiber takviyeli kompozit malzemeler uçaklarda, uzay araçlarında, otomobillerde, spor malzemelerinde, mimari tasarımlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun için kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini bilmek daha etkili kullanım sağlayacaktır.

Fiber takviyeli kompozitle bağlanan yapılar birbirleriyle veya metallerle birleşimleri perçin ile veya yapıştırma ile yapılmaktadır. Bağlantı yüke maruz kaldığında perçin bağlantı noktaları gerilme yığılmaları nedeniyle büyük problemler oluştururlar. Bunun için tasarımcılar bağlantı noktalarının yüke az maruz kalmasına özen gösterirler. Tabiki bu her zaman mümkün olmamaktadır. Bütün bağlantı noktaları zayıf nokta olduğundan, konstrüksiyon mukavemeti pimi veya yapıştırıcı bağlantının mukavemetine bağlıdır. Bunun için bu bağlantıların tasarımı iyi bir şekilde yapılmalıdır.

Temel olarak, kompozit malzemelerde sıkça kullanılan iki tip kompozit birleştirilmesi metodu vardır. Bunların birincisi yapıştırıcı bağ birleşimi ve ikincisi pim veya cıvata birleşimi olarak bilinen mekanik bağlayıcı birleştiricilerdir. Pim bağlantılarında sızdırma problemi olduğundan sızma istenmeyen yerlerde yapıştırma kullanılır.

Bu tez çalışmasında çeşitli geometrilere hasara uğramış kompozit plakaların tamiri sonucu mukavemet değişimi incelenmiştir.

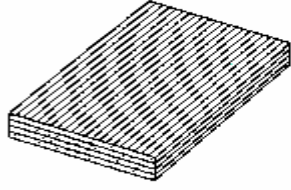
2. KOMPOZİT MALZEMELER

Yapısal malzemeler dört temel kategoriye ayrılır: Metaller, polimerler, seramikler ve kompozitler. Kompozitler; makroskopik yapıda birbirinden bağımsız iki veya daha fazla malzemenin farklı kombinezonundan meydana gelir. Polimerler, kompozitler ve seramikler günümüzde metal malzemelere oranla daha fazla kullanılır. Kompozitler istenilen özelliklere sahip olduğundan yaygın şekilde kullanılırlar. Kompozitlere en önemli örnek fiberlerle desteklenmiş kompozitlerdir.

Bugün en fazla kullanılan ve bilinen üç grup kompozit mevcuttur. Bunlar sırasıyla; cam epoksi (Glass-Epoxy), karbon epoksi (Carbon-Epoxy) ve kevlar epoksi (Cevlar-Epoxy).

İnsanoğlunun fiber kompozitleri hakkındaki ilk bilgiyi nerede ve ne zaman öğrendiği hakkında bir şey söylemek zor olmasına rağmen tabiatta sayısız örnek vardır. Ağacın gövdesi, insan kemikleri tabiatta bulunan kompozitlere birer örnektir. Kompozit kullanımına örnek olarak; saman destekli balçık tuğlalar ilk olarak israililer tarafından kullanılmıştır. Amerikanın güneyindeki yerliler çömleklerde lif kullanmıştır. Çömlekte lif kullanımı; yapısal güçlendirmeye nazaran, çömleklerde kurumadan dolayı meydana gelecek çatlakları önlemek içindir. Çok süre sonra insanoğlu çelikle güçlendirilmiş beton, cam ve grafit gibi fiberlerle güçlendirilmiş polimerler ve birçok yapısal kompozitleri geliştirmişlerdir. Fiberler, kompozitleri daha sert ve güçlü kılmaktadır. Çünkü fiberlerin kullanıldığı matriks malzemelerin mukavemeti fiberlere göre daha azdır.

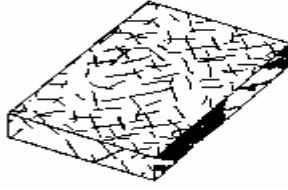
Fiberler, eksenleri boyunca daha güçlü ve rijittirler fakat enine mekanik özellikleri, boyuna mekanik özelliklerine göre daha zayıftır. Bundan dolayı fiberler, bazı güçlendirmeler yapılmadıkça ve matriks malzeme veya bir bağlayıcı malzeme ile yapısal olarak bulunmadıkça faydasızdır. Fiberlerin geometrik biçimleri matris malzeme veya bağlayıcı malzeme ile etkileşimi için çok elverişlidir. Matris, fiberleri çevresel sarar ve dış etkilerden korur. Ayrıca matris dış yüklerin fiberlere iletilmesini de sağlar.



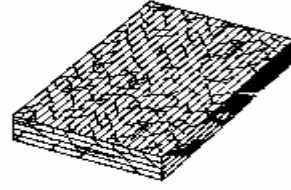
a) Sürekli fiber kompozit



b) Dokuma fiber kompozit



c) Kıyılmış fiber kompozit



d) Hibrid kompozit

Şekil 2.1 Kompozit malzeme çeşitleri

Şekil 2.1’de uygulamaya göre farklı fiber yerleştirimi ile ortaya çıkan kompozit çeşitleri görülmektedir. Şekil 2.1.a’da sürekli fiber kompozit tabakası görülmektedir ki bunlar, sürekli fiber-matriks katmanlarının istenen yönlerde yerleştirilmesi ile ortaya çıkar. Bunlar yaygın olarak kullanılmakla beraber katmanların ayrılması büyük bir problemdir. Şekil 2.1.b’deki dokuma fiber kompozitler farklı katmanlara sahip değildir ve bunların mukavemet ve rijitlikleri düz fiberlere sahip sürekli fiber kompozitler kadar iyi değildir. Kıyılmış fiber kompozitler şekil 2.1.c’de görülmektedir bunlar, matriste rasgele dağıtılmış kısa fiberlere sahiptir. Bunlar düşük imalat fiyatlarından dolayı yaygın bir şekilde kullanılırlar fakat mekanik özellikleri sürekli kompozitlere göre zayıftır. Şekil 2.1.d’de görülen hibrid kompozitler; sürekli kompozitler ile kıyılmış kompozitlerin bir karışımıdır.

2.1 Kompozitlerin Kullanma Alanları

Kompozit yapı elemanları otomotiv, uzay, deniz ve mimari yapılarda kullanılmakla birlikte; kayak, golf ile ilgili aletler ve tenis raketlerinde de kullanılırlar.

Fiber takviyeli plastik kompozitlerin kullanıldıkları yerlere örnek olarak; örgülü hortum, borular, tanklar, kimyasal işlem ekipmanları, kanolar, yat ve gemi gövdeleri, yelkenli gemi ve uçak gövdeleri, helikopter pervane kanatları ve roket motor muhafazaları verilebilir. Fiber-kauçuk kompozitlerin kullanıldığı yerlere örnek olarak da kamyon tekerleri, basınçlı hortumlar ve güç iletim ve konveyör bantları gösterilebilir.

Askeri uçak tasarımcıları; hafiflik, manevra ve mukavemetteki performanslarından dolayı kompozitlerin çok büyük bir potansiyel olduğunu anlamışlardır. Kompozitler düzgün yüzey sağladıklarından dolayı sürtünmesi azdır. Bor ve grafit fiberler 1960'lı yıllarda ilk geliştirilmelerinden bu yana askeri uçaklarda kullanımları artarak devam etmiştir. Yatay ve dikey stabilizatörler, kanatlar, kanat kaplamaları ve çeşitli kontrol yüzeylerindeki kompozit yapı elemanları F-14, F-15 ve F-16 gibi savaş uçaklarında kullanılmaktadır. AV-8B uçağı da ise grafit-epoksi kanat-kutu kaplamaları, ön gövde, yatay stabilizatörler, irtifa dümeni, dümen ve kontrol yüzeylerinde kompozit malzemelere sahiptirler.

Ticari uçaklardaki kompozit uygulamaları; maliyetin düşmesi, uçaklarda kompozit kullanma tecrübesinin artması, tasarım ve imalattaki teknolojinin gelişmesiyle artmaktadır. Kompozit uçak yapıları 1973'de NASA tarafından incelenmiştir ve elde edilen sonuçlar uçaklarda kompozit kullanımına olan güveni artırmıştır. Boeing 757 ve 767 kompozitlerin yaygın olarak kullanıldığı ilk ticarî uçaklardır. Kompozitler, büyük uçaklarda ikinci derecede koruyucu olarak kullanılmakta iken bazı iş tipi uçaklarda, esas yapılarda kullanılmaktadır. Örneğin Beech Starship adlı iş tipi uçağı grafit, kevler ve bal peteğı kompozitlere, kanat ve kanat yapılarında sahiptir.

Kompozit malzemeler uzay aracı uygulamaları için de oldukça caziptir. NASA uzay mekiğinde, grafit-epoxy içeren kargo bölümü kapıları ve grafit-epoxy katı roket motor kasaları kompozit malzeme içeren en önemli bölümlerdir.

Büyük uzay yapıları için kritik özellikler; ağırlığa göre yüksek rijitlik, düşük ısı genleşme katsayısı ve iyi titreşim sönümlenme karakteristikleridir. Bu alandaki kompozitler geleneksel metallere göre önemli avantajlar sağlamaktadırlar.

Yapısal ağırlık otomotiv araçlarında da çok önemlidir ve bu alandaki kompozit malzeme kullanımı sürekli artmaktadır. Cam fiberle güçlendirilmiş polimerler otomotiv dekorlarına hakim olmakla birlikte geliştirilmiş kompozitler günümüzde otomotiv sektöründe yaygın değildir. Yaprak yaylar gibi belirli bileşelerde kompozit avantajı çeliğe göre daha yüksektir. Test motor blokları grafitle güçlendirilmiş termoplastiklerden imal edilmektedir. Büyük uçaklardaki gibi otomotiv araçlarında da kompozit uygulamaları çoğunlukla ikincil yapı elamanlarındandır.

Yapısal kompozitler inşaat sektöründe I ve U giriş olarak kullanılır. Çelik uygulamalara göre kompozitlerin diğer avantajları; korozyon direnci, elektriksel ve ısı izolasyonu da sayılabilir. Bu örneklerde de önceki örneklerin birçoğunda olduğu gibi kompozitlerin yaygın olarak kullanımına yüksek maliyet engel olmaktadır.

2.2 Literatür İnceleme

H.K.Lee vd. (2007) yaptıkları çalışmada fiber glas – polimer çiftinin çift katmanlı ve tek katmanlı yapıştırarak yapılan birleştirmelerin dayanıklılık, basınç ve yorulma davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmada yapıştırıcı tipi, yapıştırıcı tabakası kalınlığı ve üst üste bindirme uzunluğu tasarım parametreleri olarak belirlenmiştir. Araştırma neticesinde birleştirmenin dayanımının yapıştırıcı cinsinden bağımsız olduğu, yapıştırıcı tabakasının kalınlığının azalmasıyla azaldığı ve üst üste bindirme uzunluğunun artmasıyla arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Xi Liu vd. (2006) yaptıkları çalışmada delik bir kompozit levhanın harici kompozit yamalarla onarılmasının malzemedeki gerilme davranışı üzerine etkileri deneysel olarak incelenmiş ve üç boyutlu artan hasar modeli geliştirilmiştir. Bu analiz model sayesinde çeşitli onarım parametrelerinin etkileri ve yorulma mekanizmaları incelenmiştir.

A. Megueni vd. (2003) yaptıkları çalışmada kompozit malzeme kırıklarının örülmüş kompozit yamalarla onarılması sonrası çatlak ucundaki gerilme şiddeti faktörünü hesaplayan sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde tek taraflı yamalama ile çift taraflı yamalama yönteminde gerilme şiddeti faktörünün azaltılması bakımından önemli bir farkın olduğunu gözlemlemişlerdir.

Jean- Denis Mathias vd (2007) yaptıkları çalışmada metalik yapıların kompozit kuvvetlendirilmesi ile basınç dağılımının hesaplanması için geliştirilen sayısal bir modelin doğruluğunun çok yönlü ölçüm teknikleri ile gerçekleştirmişlerdir. Modelin çoğu durumda basınç dağılımını deney sonuçları ile yakın tahmin ettiği görülmüştür.

A. Megueni vd. (2007) yaptıkları çalışmada çeşitli hasarlı kompozit plakaların onarılmasında çift taraflı yamalama ve kademeli yamalama yöntemlerinin performansı deneysel ve numerik olarak incelenmişlerdir. Kademeli yamalamanın sayısal analizde daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Uygulamada ise daha stabil ve garantili olduğundan simetrik çift taraflı yamalama yöntemini önermişlerdir.

Min You vd. (2007) yaptıkları çalışmada yapıştırılarak örülmüş çift katlı alüminyum birleştirmelerde çentiğin (aralığın/boşluğun) etkisini sonlu elemanlar analizi yöntemi ve deneysel olarak incelemişlerdir. Birleştirmenin sonlu elemanlar analizi simülasyon sonuçlarından çentik uzunluğunun artmasının maksimum yüke etkisinin küçük olduğu gözlemlemişlerdir. Deneysel veriler çentiğin genişliğinin 12mm den küçük olması durumunda maksimum yükün çok küçük bir miktar düştüğü görülmüştür.

Uday K. Vaidya vd. (2005) yaptıkları çalışmada, tek katlı yapıştırıcıyla örülmüş birleştirmelerin dengeli ve çapraz darbe yüküne karşı göstermiş oldukları davranışını incelemişlerdir. Bu inceleme LS-DYNA 3D sonlu eleman yazılımı ve belirlenen deneylerle gerçekleştirilmiştir. İncelenen üç farklı yapıştırıcı içerisinde en yüksek kırılma enerjisine sahip olan Magnabond yapıştırıcısı olduğu görülmüştür.

M.D.Thouless vd. (2007) yaptıkları çalışmada çatlak ucu deformasyonun meydana getiren eğme momenti, yüzey kuvveti ve eksenel kuvvet gibi tüm bileşenleri içeren tam bir elastik çözüm çıkarılmıştır.

A.Deb vd. (2007) yaptıkları makalede yapıştırıcılarla örülmüş birleştirmelerin mekanik davranışları, farklı çekme değerleri ve sıcaklıklarını içeren çift katmanlı şerit testleri yardımıyla incelemişlerdir.

J. Wang vd. (2005) yaptıkları çalışmada farklı doğrusal kenar açıları veya optimum eğim profillerine sahip örgü onarımı ile birleştirilmiş çift katlı metal – metal birleştirmelerde şekil optimizasyon yaklaşımı yardımıyla sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirilmiştir. Modelin deneysel değerlerle tutarlılık gösterdiği görülmüştür.

B. Bachir Bouiadjra vd (2002) yaptıkları çalışmada, Mode I ve karışık moddaki örgülü kompozit yamalarla çatlak onarımlarının gerilme şiddeti faktörlerine bağlı davranışları sonlu elemanlar yöntemi ile analiz etmişlerdir.

Bu çalışmada hasarlı kompozit plakanın yapıştırırmalı tamir yöntemiyle tamiratının yapılması ve bu tamirat yöntemlerinden en iyisini bulmaktan ibarettir. Yapıştırırmalı bağlantılarda üst üste bindirilen levhaların ucunda eksen kaçıklığından dolayı açılma meydana gelmektedir. Bu açılma çatlığa neden olmakta ve bağlantı kopmaktadır. Bu çalışmada bu açılmayı engellemek için, fiber glass levhanın ucuna 2400 texlik lif atılmıştır.

3-KURAMSAL TEMELLER

Çizelge 3.1 Kompozitler ve metallerin birleştirilmesiyle ilgili bazı önemli mekanik ve fiziksel özellikler

Tabakalı Kompozitler	Metaller
Lineer Elastik Kırılma Mekanığı: <ul style="list-style-type: none">✓ Düşük tokluk✓ Orta gerilme yoğunlaşmasına hassasiyet✓ Darbelerde kolay hasara uğrama	Hasar Öncesi: <ul style="list-style-type: none">✓ Yüksek tokluk✓ Orta gerilmelerde etkilenmez✓ Gerilme yığılması olur (örneğin deliklerde)
Sıcak ve Islak Durumlara Hassasiyet: <ul style="list-style-type: none">✓ Basma ve kayma gerilmesine karşı matriks kolayca bozulur	Sıcak ve Islak Durumlarda etkilenmez.
Düşük Kalınlıkta Mukavemet/Tokluk: <ul style="list-style-type: none">✓ Düzlem dışı yüklerde mukavemetsiz✓ Çoklu hasar modları mümkündür.	Kalınlıkta /Toklukta Yüksek Mukavemet
Düzlem gerilmelerde gerilmeler fiberin doğrusallığına bağlıdır.	Düzlem gerilmelerde gerilmeler yöne bağlı değil. (İzotropi)
Düşük Yataklama Mukavemeti Özellikle Sıcak ve Nemli Ortamlarda	Yüksek Yataklama Mukavemeti
Yüksek Yorulma Direnci: <ul style="list-style-type: none">✓ Basmada kritiktir✓ Gerilme yığılmasına karşı hassas değil✓ Yüksek hasar büyüme eşiği✓ Yüksek hasar büyüme oranı	Yorulmaya Eğilimi: <ul style="list-style-type: none">✓ Çekmede kritiktir✓ Gerilme yığılmasına karşı hassas✓ Düşük hasar büyüme eşiği✓ Düşük hasar büyüme oranı
Korozyondan Etkilenmez	Korozyona Eğilimli
Aşınmaya karşı eğilimli	Aşınmaya dirençli
Düşük Isıl İletim Kat Sayısı	Yüksek Isıl İletim Katsayısı

3.1. Metaller ve Kompozitlerin Karşılaştırılması

Kompozit-kompozit ve kompozit-metal birleşimlerinin dizaynını göstermeden önce kompozitler ve metallerin özelliklerini bilmek oldukça önemli olacaktır. Metaller ve kompozitlerle ilgili bazı önemli noktalar çizelge 3.1’de özetlenmiştir.

3.2. Pim Bağlantı ve Reçine İle Yapıştırma Arasındaki Fark

Pim bağlantıya karşı reçine ile yapıştırmanın temel avantajları çizelge 3.2’de özetlenmiştir

Çizelge 3.2 Pim bağlantıya karşı reçine ile yapıştırmanın temel avantajları

Pim Bağlantılarının Avantajları	Yapıştırma Bağlantısının Avantajları
✓ Çevre etkilerine ve yorulma yüküne toleranslı	✓ Yapışkan bölgede gerilme yığılması
✓ Muayene kolaylığı	✓ Rijit birleşim
✓ Üretim kolaylığı	✓ Hafiflik
✓ Yüksek güvenilirlik	✓ Korozyona karşı dayanıklı
✓ Kalınlık sınırlaması yok	✓ Düzgün yüzey eldesi
✓ Artık gerilme problemi yok	

Pim bağlantılar, özel yüzey işlemlerine gerek kalmadan hasarsız olarak kolayca çözülebilir. Fakat deliklerde gerilme yığılmaları oldukça fazladır. Hasar muayenesi kolaydır. Buna karşın yapıştırıcı birleştirmeler düşük gerilme konsantrasyonuna maruz kalır. Muayenesi kolay değildir. Bağlantı yapılırken yüzeyi hazırlamak oldukça güçtür.

4. YAPIŞTIRMA BAĞLANTILARI

4.1 Yapıştırma Bağlantıları Sistemi

Yapısal mühendislik tasarımın rasyonel temeli, bir yükleme durumunda yükleri belirleyebilmek ve oluşacak gerilmeleri pratik olarak hesaplayabilmek olmalıdır. Yükleme sistemi genellikle bir fonksiyon ile tanımlanır, fakat mühendis en uygun ve maliyet açısından en etkili çözüme ulaşacak en iyi malzeme ve tasarım tekniğini kullanma becerisine sahip olmalıdır.(Adams and Wake 1984)

Yapıştırma yoluyla birleştirilecek parçaların bağlantı şekilleri özel olarak tasarlanmalıdır. Gerilme ve yükleri düşünmeksizin yapıştırma bağlantısını tasarlamak hatalıdır.

Bağlantı tasarımı genelde iki ana faktöre bağlıdır;

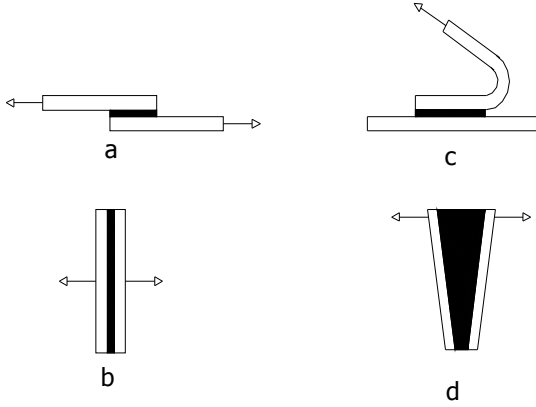
- 1-) Çalışma sırasında bağlantının maruz kalacağı kuvvetlerin ve yüklerin yönüne ,
- 2-) Bağlantının oluşturulabilme kolaylığı ise parçaların imalat yöntemine (döküm, taşlama vb.) ve kullanılan malzemeye bağlıdır.

4.1.1 Gerilme çeşitleri

Yapıştırma bağlantılarında dört önemli gerilme etkili olur (şekil 4.1). Bunlar; çekme, kesme, soyulma(peel) ve çekme-makaslama (cleavage)dır. Bağlantı mukavemetinden en yüksek verim elde etmek için bu gerilme çeşitleri göz önünde bulundurulmalıdır.

4.1.1.1 Kesme

Kesme yükleri yapıştırılan alanın tümüne düzgün etki eder (şekil 4.1.a). Bu tür yüklemelerde yapışma alanının tamamının etki altında olması bağlantı ömrünü arttırarak ekonomiklik sağlar. Mümkün olduğu yerlerde bağlantılar yükün büyük bir kısmı kesme yükü olarak iletilebilecek şekilde oluşturulmalıdır.



Şekil 4.1 Gerilme tipleri: (a) Kesme, (b) Çekme, (c)Soyulma, (d)Çekme-Makaslama

4.1.1.2 Çekme

Şekil 4.1.b'da da görüldüğü gibi bu tür yüklemelerde kuvvetler yapıştırıcı tabakasına dik olarak etkimektedir. Bu kuvvetlerden dolayı olan gerilme, yapışma alanına eşit şekilde dağılmaktadır. Ama bağlantıya sadece bu tür gerilmenin etkidiğinden emin olmak her zaman mümkün değildir. Eğer kuvvetler eksenden kaçık olarak etkimekte ise ozaman yapışma alanına gerilmenin eşit yayılma avantajı kaybolacak ve bağlantının bozulma ihtimali artacaktır. Önemli olan diğer bir noktada yapıştırılan malzemenin kalın olması

gerektiğidir. Maruz kaldığı yük etkisi ile fark edilir oranda bir eğilme oluşmamalıdır. Eğer durum böyle değilse o zaman gerilme dağılımı eşit olmayacaktır.

4.1.1.3 Soyulma

Bu tür gerilmenin oluşması için yapıştırılan malzemenin biri veya her ikisi de esnek olmalıdır (şekil 4.1.c). Bu tür yüklemelerde bağlantı sınırında oluşan gerilme çok yüksektir. Bağlantı çok geniş veya yük düşük oldukça yapıştırma bağlantısı çabuk bozulacaktır. Mümkün oldukça bu tür yüklemelerden kaçınılmalıdır.

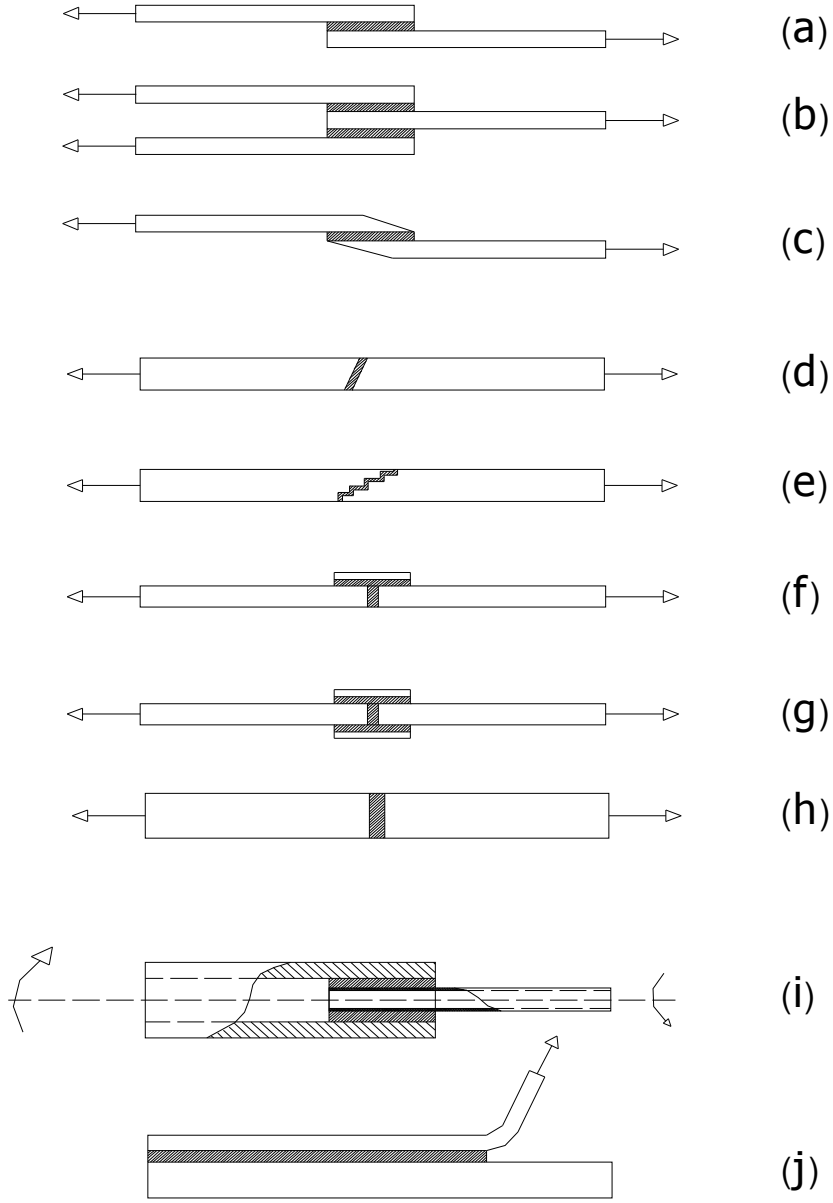
4.1.1.4 Çekme-Makaslama

Bu tip yükleme, ekseriyetle eksenden kaçık çekme kuvvetinin veya momentinin sonucudur. Önceki gerilmelerin aksine bu gerilme yapışma alanına eşit olmayan şekilde etkimekte ve bağlantının bir tarafında yoğunlaşmaktadır. Bu gerilmeyi karşılamak için yeterli derecede yapışma alanına ihtiyaç vardır. Çekme veya kesme gerilmelerine göre bu alan daha fazla olduğu için bu tarz bağlantı tavsiye edilmez; çünkü maliyet artar (Kayacan 1988).

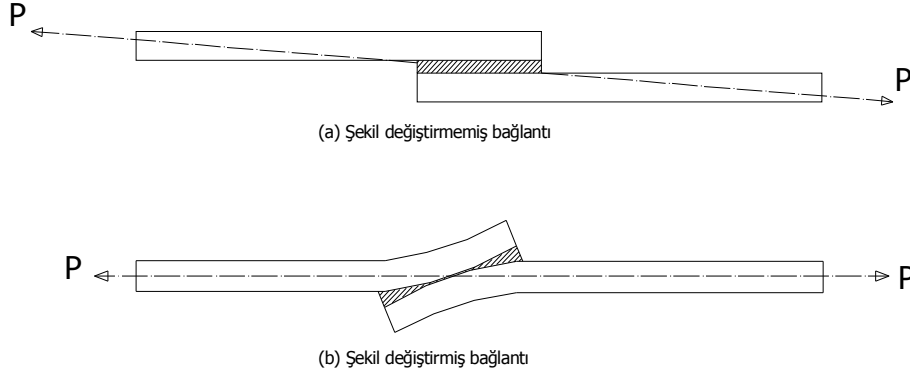
4.1.2 Yapıştırma bağlantı tipleri

Mühendislik uygulamalarında en yaygın olarak kullanılan bağlantı tipleri şekil 3.2’de verilmiştir. Pratikte kullanılan her bir bağlantı tipi farklı yükleri taşımak için tasarlanmıştır. Esas malzemelerin çoğu çeki yükü ile yüklenir. Daha sonra yapıştırıcı tabakasında oluşan gerilmeler, bağlantı geometrisinin bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar.

Şekil 4.2.a, tek tesirli bindirme bağlantısını göstermektedir. Bu bağlantı tipi en fazla kullanılan bağlantı tipidir ve yapıştırıcıların test edilmesinde en fazla kullanılan konfigürasyondur. Bununla beraber oluşan gerilme durumu karmaşıktır. Şekilde de görüldüğü gibi tek tesirli bindirme bağlantısında yük aynı doğru üzerinde etki etmemektedir. Bu yüzden eğilme momenti oluşur ve şekil 4.3.b’de görüldüğü gibi sistemde dönme meydana gelir. Yapıştırıcı tabakasında sadece kaymadan dolayı uzama olmaz, aynı zamanda bağlantının uçlarında yırtılma gerilme de oluşur. Bağlantıda çekmeden dolayı uzama fazla olmaz, fakat eğilme oluşur. Özellikle gerilmelerin yüksek olduğu bölgelerde yapışan ve yapıştırıcının ikisi de plastik bölgeye girebilir.



Şekil 4.2 Bazı yaygın yapıştırma bağlantı tipleri, (a) tek tesirli bindirme, (b) çift tesirli Bindirme, (c) boyun bindirme, (d) açılı bindirme, (e) teraslama, (f) tek takviyeli bindirme, (g) çift takviyeli bindirme, (h) alın bağlantı, (i) silindirik bindirme, (j) soyulma (Adams and wake 1984)



Şekil 4.3 Tek tesirli bindirme bağlantısının şekil değiştirmeden önce ve şekil değiştirdikten sonraki görünümü(Adams and Wake 1984)

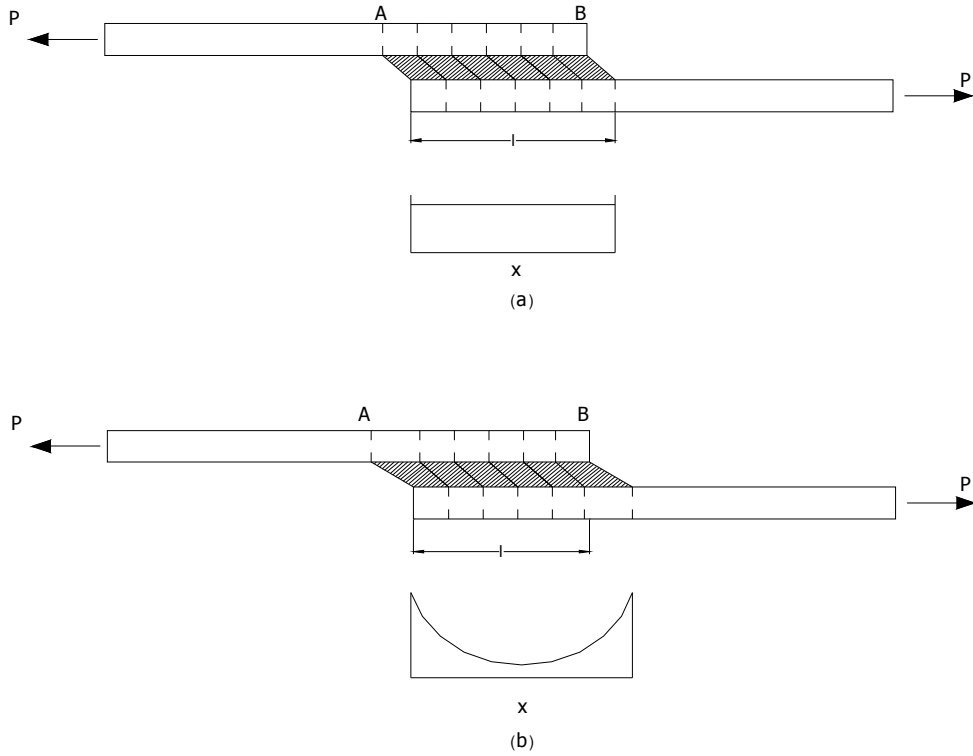
Tek tesirli bindirme bağlantıların kalite kontrolünde 30 mm genişliğinde ve 2 mm kalınlığında alüminyum levhalar 25-35-45 ve 55 mm bindirme uzunluğunda yapıştirılarak elde edilen numuneler test edilir. Bağlantının yapılışı basittir ve elde edilen sonuçlar hem yapıştırıcı kalitesi hem de malzeme yüzey işlemleri açısından hassastır.

Tek tesirli bindirme bağlantıların basitleştirilmiş analizinde, malzemenin rijit ve yapıştırıcının sadece kayma yönünde şekil değiştirdiği kabul edilir (şekil 4.4.a). Eğer bağlantının genişliği b , uzunluğu l ve yüklenen kuvvet P ise, kayma gerilmesi τ ,

$$\tau = P/bl \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (4.1)$$

Olur. Malzemede oluşan normal gerilmeler A-B bindirme uzunluğu boyunca lineer azalarak sıfır olur. Şekil 4.4.b'de de aynı bağlantı görülmektedir, fakat malzeme rijit yerine elastiktir. Üsteki levha için, A noktasında maksimum olup B noktasında sıfır olur. A noktasındaki şekil değiştirme, B noktasındaki şekil değiştirmeden daha büyüktür ve bu şekil değiştirme l uzunluğu boyunca giderek azalır. Esas malzeme veya yapıştırıcı

ara yüzeyi sürekli kabul edilerek, şekil 4.4.a'da görülen yapıştırıcının düzgün bölünmüş paralelkenarı, şekil 4.4.b'de görülen bozulmuş şekle döner. Bu olaya diferansiyel kayma denir.

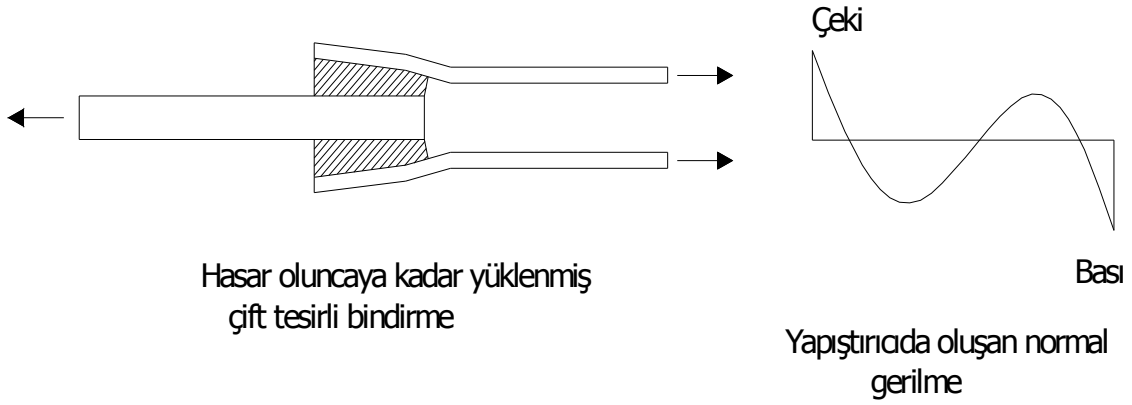


Şekil 4.4 Yüklenmiş haldeki tek tesirli bindirme bağlantısının deforme olmuş hali ve kayma Gerilmesi dağılımı: (a)malzeme rijit, (b) malzeme elastik (Adams and Wake 1984)

Şekil 4.2.b'de görülen çift tesirli bindirme bağlantısı kullanılarak eğilme etkisi giderilebilir. Çift tesirli bindirme bağlantısı, iki tek tesirli bindirme bağlantısının alt alta dizilmesi ile elde edilmiştir ve bağlantıda büyük dönmeler oluşmaz. Kalın parçanın yüklendiği tarafta çeki yırtılma gerilmesi oluşurken diğer uçta da bası gerilmesi oluşur (şekil 4.5).

Şekil 4.2'deki diğer bağlantı konfigürasyonları, çoğunlukla gerilme yığılmalarını ve soyulma gerilmelerini minimize edecek şekilde yük transferini geliştirmek için tasarlanmıştır. Bağlantı tasarımcılarının en sevmediği ve kaçındığı gerilme tipi soyulma

gerilmesidir. Özellikle düşük yüklerde, tek ve çift bindirme bağlantılarında çoğunlukla kayma gerilmeleri oluşurken, şekil 4.2.j'deki gibi yükleme durumunda, bağlantının uçlarında, yırtılmaya neden olan ve soyulma gerilmesi denen yanal normal gerilmeler oluşur. Zaten şekil 4.2.j'de görülen bağlantı şekli, bir çok soyulma deneylerinin temelini oluşturmaktadır (Adams and Wake 1984)



Şekil 4.5 Yüklenmiş haldeki çift tesirli bindirme bağlantısı ve yapıştırıcıda oluşan gerilmeler (Adams and Wake 1984)

4.2 Yapışma

Yapışma, yapıştırıcı ile malzeme arasındaki çekiciliğe denir (Kinloch 1987). Yapıştırıcı ile malzeme birbirleriyle temas edince yapıştırma bağlantısı sistemi doğar. Bu sistem, yapıştırıcıyı, malzemeyi, malzemeye uygulanan uygun yüzey işlemini ve bu üç bileşen arasında oluşan ara yüzey/ara fazı kapsamaktadır. Yapıştırma bağlantılarının durabilitesini değerlendirmek için bu bileşenlerin dış yüklerle, mekanik yada çevresel faktörlere karşı nasıl tepki vereceğinin iyi anlaşılması gerekir. Yapıştırma bağlantılarının performansı ve durabilitesi, bunların dışında malzeme ve yapıştırıcı özelliklerine, malzeme ve yapıştırıcı arasındaki fiziksel- kimyasal iç etkileşime, bağlantı şartlarına, bağlantı geometrisine, bağlantıdaki artık gerilmelere ve yapıştırma hattındaki hatalara bağlıdır. İyi bir yapışma ve optimum bağlantı performansı verecek yapıştırıcı-malzeme kombinasyonu için yukarıdaki faktörlerin hesaba katılması gerekir (Parvatareddy 1997).

4.2.1 Yapışma Teorileri

Bugüne kadar yapışma mekanizmasını açıklamak için bilim adamları yaklaşık kırk teori ortaya atmışlardır. Bu teoriler, moleküler, mikroskobik ve mikroskobik seviyelerdeki kavramları esas almışlardır. Burada bu teorilerden en kapsamlı olan dört teoriden bahsedilecektir. Bu teorilerin hiç birisi tek başına yapışma mekanizmasının bütün yönlerini açıklayamaz. Fakat bağlantının bir özelliğini açıklamak için bir ya da birkaç teoriden faydalanılabilir.

4.2.1.1 Elektrostatik teorisi

(Deryaguin1948), yapıştırıcı ile esas malzeme arasındaki elektron transferinin, yapışmayı doğuran bir çekim şarjı ürettiğini ileri sürmüştür. O, yapıştırıcı ile esas malzeme arasındaki bağı kapasitöre benzetmiştir. Kapasitörün plakları kaldırıldığında, şarjı boşalır ve deşarj oluncaya kadar artan bir potansiyel meydana gelir. Bu en fazla tartışılan teorilerden biridir.Çünkü, bir çok araştırmacı mekanizmada oluşan kuvvetlerin büyüklüğü konusunda aynı fikirde değildirlir.(Skinler 1953), hesaplanan elektrostatik kuvvetlerini van der Waals kuvvetleriyle karşılaştırmış ve metal-yapıştırma bağlantısındaki yapışma işini deneysel olarak ölçmüşlerdir. Elektrostatik yapışmaya yaptığı katkının, van der Waals kuvvetlerinin yanında çok küçük olduğu, ölçtüğü yapışma işinin de elektrostatik ve Van der Waals kuvvetlerin toplamından daha büyük olduğu sonucunu çıkarmıştır.

4.2.1.2 Mekanik tutunma teorisi

(McBain ve Hopkins 1925), bir katı yüzey üzerine sıvı yapıştırıcı sürüldüğü zaman, yapıştırıcının gözeneklere gireceğini, mekanik tutunma olacağını ve dolayısıyla iyi bir yapışma meydana geleceğini söylemiştir. Mekanik tutunma, yapıştırıcının, malzeme yüzeyinden kalkmasını önler. (Venables 1979), yapıştırıcının mekanik tutunma ile

yapışmasını arttıran bazı alüminyum malzemelerin yüzey işlemlerinin, aslında yüzeyde gözeneleri arttırdığını göstermiştir. Gerçekte malzeme yüzeylerini pürüzlendirmek ve yüzeydeki yağ, pas ve benzeri kirleri temizlemek yüzey alanını artırır ve yapıştırıcının yüzeye daha iyi yayılmasını ve ıslatmasını sağlar (Jennings 1972). Bununla beraber (Mittal 1976)' ın çalışmalarında ve benzeri çalışmalarda da görülmüştür ki, iyi yapışma, pürüzsüz malzeme yüzeyleri kullanılarak da elde edilebilmiştir. Sonuç olarak mekanik tutunma, yapışma mekanizmasını açıklamada katkı yapan önemli teorilerden biridir.

4.2.1.3 Difüzyon teorisi

Difüzyon teorisi, biraz mekanik tutunma teorisine benzemektedir. Fakat, difüzyon teorisi moleküler seviyededir. (Voyutski 1963) tarafından geliştirilen difüzyon teorisi iki polimer malzemenin birbirleri içine difüze olmasıyla yapışma meydana geleceğini ifade eder. Bir yapıştırıcı, esas malzeme içerisinde erimiş halde ve yapıştırıcı, katılaşmadan, yeteri derecede esas malzeme içerisine difüze olduğu zaman bu mekanizma oluşur. Esas malzemelerden en az biri metal olduğu zaman bu teori geçersiz olur. Fakat bu teoriden eritilebilir polimerler için şu sonuç çıkarılabilir; difüzyonu arttıran faktörler yapışmayı da arttırmaktadır (Parvatareddy 1997).

4.2.1.4 Adsorpsiyon teorisi

Adsorpsiyon teorisi, esas malzeme ile yapıştırıcı arasında iyi bir temas sağlanması şartıyla ara yüzeyde atomlar arası ve moleküller arası kuvvetlerin oluşması sonucu yapışmanın meydana geldiğini ileri sürer. Bu teori, yapıştırıcı biliminde halen en fazla kabul edilen uygulanabilir teoridir (Kinloch 1980) ve Sharpe ve Schornhorn tarafından geliştirilmiştir (Sharpe ve Schornhorn 1963). Yapıştırıcı –esas malzeme ara yüzeyindeki kuvvetler genel olarak iki kategoride gruplanabilir. a) İyonik, kovalent ve metalik bağlar olan birincil kuvvetler. b) Van der Waals kuvvetleri, dipole dipole, induced dipole-dipole, hidrojen bağları ve asit-baz iç etkileşimini kapsayan ikincil kuvvetler (Kinloch 1980). Birincil kuvvetlerin bağ enerjileri 60-1050 KJ/mol arasında değişirken

ikincil kuvvetlerin bağ enerjileri 0.08-40 KJ/mol arasında değişir. Birbirinden bir nanometre kadar ayrılan iki katı yüzey arasında oluşan çekim kuvveti yaklaşık 100 MPa olarak hesaplanmış olup bu değer yapıştırma bağlantısı mukavemetinden daha fazladır (Kinloch 1980). Bu fark bağlantı esnasında oluşan boşluk ve diğer kusurlardan kaynaklanmaktadır. Bağlantı mukavemetinin teorik ve deneysel değerleri arasındaki bu büyük farka rağmen yine de bağlantı mukavemetinin bu kadar yüksek mukavemete sahip olmasının sebebi ikincil bağ kuvvetleridir. (Kinloch 1980)'a göre bazı durumlarda ara yüzey bağlantısı için yüzey analiz teknikleri fikir vermesine rağmen birincil kuvvetlerin yapıştırma bağlantısındaki katkısını değerlendirmek oldukça zordur.

(Kemball 1961)'a göre yüzey üzerindeki fizisorbsiyon ve kemisorbsiyon eşitlikleri moleküller arası uzaklığa bağlıdır. Bu moleküller arası uzaklığa bağlılık, ikincil kuvvetlere dayanan teorik ve deneysel bağlantı mukavemetlerindeki farklılığın açıklanmasında yardımcı olur. (Huntsberger 1981), iyi moleküller arası kontakt, yapıştırıcının yüzeyi ıslatmasını gerektirdiğinden, zayıf yapıştırıcı performansının, yapıştırıcının yüzeyi iyi ıslatmadığı ile alakalı olduğunu belirtmiştir.

4.2.2. Yüzey Islatma

Yapışma işi (W_A), Young-Dupre eşitliğinde (Gutowski 1991) olduğu gibi sıvının katı yüzeyi ıslatmasını gerektirir;

$$W_A = \gamma(1 + \cos \theta) + \pi_e \quad 4.2$$

Burada,

γ = sıvının yüzey gerilimi

θ = ıslatma açısı

π_e = denge yayılma açısı

(Fowkes 1972), yüksek enerjili sıvıların düşük enerjili yüzeyler üzerindeki denge yayılma açısını sıfır kabul eder. Bu takdirde,

$$W_A = \gamma(1 + \cos \theta) \quad 4.3$$

Olur.(Fowkes 1972)' e göre yapışma işi iç etkileşime giren bütün kuvvetlerin toplamıdır.

Örneğin,

$$W_A = W_A^d + W_A^{h+} + W_A^p + W_A^i + W_A^{ab} \quad 4.4$$

Burada,

W_A^d =yayılma bileşeni

W_A^h =hidrojen bağı bileşeni

W_A^p =dipole-dipole bileşeni

W_A^i =dipole-induced dipole bileşeni

W_A^{ab} =asit-baz bileşeni

Fowkes'a göre W_A^p ve W_A^i , W_A^h ve W_A^{ab} 'ye göre ihmal edilebilir ve hidrojen bağı kuvvetleri asit-baz iç etkileşiminin bir tipi olduğu için yapışma enerjisi şöyle yazılabilir:

$$W_A = W_A^d + W_A^{ab} \quad 4.5$$

4.2.3 Camsı Geçiş Sıcaklığı

Polimer malzemelerde en önemli sıcaklık camsı geçiş sıcaklığı olup genellikle T_g ile gösterilir. Bütün polimer maddeler için, bu sıcaklığın altına inildiğinde, polimer zincirlerinde hareketliliğin hemen hemen dondurulduğu ve böylece polimer zincirinin

hareketsiz hale geldiği bir sıcaklık bulunmaktadır. Bu sıcaklığa camsı geçiş sıcaklığı (glass transition temperature) denir (Savaşçı ve arkadaşları 1998). Polimerler kristal yapıdan sıvı faza geçerken sıcaklığa karşı hacim, serbest enerji veya entropi gibi temel büyüklüklerin değişiminde süreksizlik meydana gelir. Örneğin erime ve donmaları esnasında hacimleri aniden değişir. Camsı geçişin gerçek tabiatı halen termodinamikçiler arasında tartışma konusu olmasına rağmen, büyüklüklerin türü değiştiği için ikinci dereceden geçiş olması burada yeterlidir. Camsı geçiş sıcaklığının üstünde ve altında mekanik özelliklerde önemli değişiklikler olur. Eğer polimer geçiş sıcaklığının üzerinde kristal yapıda değilse lastik(elastik)formuna girer. Eğer polimer lineer ve çok düzenli ise geçiş sıcaklığının üzerinde kristal yapıya dönüşür ve gevrekleşir. Bu nedenle polimerler, geçiş sıcaklığının üzerinde polimerlerden beklenen davranışların tersine kristal yapıdaki malzemelerin mekanik özelliklerini gösterir.

Moleküllerin hareketine bağlı olan camsı geçiş sıcaklığı, mekanik deformasyon yoluyla ölçüm esnasındaki test hızına da bağlıdır. Bir polimerin camsı geçiş sıcaklığı, uygun plastikleştiriciler kullanmak suretiyle düşürülebilir. Yapısal yapıştırıcılar rijit yapılarda kullanılır ve mümkün olduğu kadar elastisite modüllerinin yüksek olması istenir. Bu da onların camsı geçiş sıcaklığının altındaki bir sıcaklık ortamında kullanılmasını gerektirir. Bu sıcaklık da genellikle oda sıcaklığı olduğu için, kullanılacak polimer ya da yapıştırıcının camsı geçiş sıcaklığı, oda sıcaklığının üzerine çıkartılmalıdır (Adams and Wake 1984).

4.2.4 Polimerlerin Bozunması

4.2.4.1 Termik Bozunma

Yüksek sıcaklıklarda polimerler, değişik reaksiyonlar ile bozunurlar. Bu reaksiyonlar için genel bir reaksiyon mekanizması göstermek mümkün değildir. Termik bozunma genellikle oksidatif bozunma ile beraber oluşur (Bağda 1976).

4.2.4.2 Oksidatif Bozunma

Oksidatif bozunma altında, özellikle havanın oksijeni ile oluşan yavaş bozunma anlaşılır. Bu bozunma reaksiyonları, bütün polimerlerde değişik şekillerde ve hızlarda olur. Oksidatif bozunma reaksiyonu ışık, ısı ve su ile etkilenir.

Havanın oksijenine en az dayanıklı polimerler yapılarında π bağları bulunduran polimerlerdir. Bu reaksiyonlar ışık etkisiyle hızlandıklarından, polimerlerin oksidatif bozunmasını önlemek için, bunların içine anti oksidant adı verilen radikal tutucular veya UV ışınlarını absorbe eden bileşikler konur (Bağda 1976)

4.2.4.3 Hidroliz

Oksidatif bozunmanın yanında, en çok oluşan bozunma şekli, hidroliz nedeni ile olamır. Hidroliz reaksiyonu, özellikle hetero atomlar üzerinden bağlı temel moleküllerin oluşturdukları polimerlerde (örneğin poli esterler, poli amidler, poli asetaller gibi) oluşur. Ortamda sudan başka asit veya baz bulunduğunda, hidroliz reaksiyonun hızı artar. Bu reaksiyonlar, genellikle oluşabilecekleri polimerler ile beraber incelenmişlerdir.

Hidroliz reaksiyonlar büyük oranda polimerlerin kristalinitesine bağlıdır. Polimerler ne kadar kristalin olursa, su difüzyon yoluyla o kadar zor polimer içine girebilir. Bu nedenle örnek olarak suya karşı çok az dayanıklı olan ester gruplarının oluşturduğu terilen, suya yüksek kristalinitesi nedeni ile son derece dayanıklıdır. Aynı şekilde sulu veya hafif asidik ortamlarda disakkaridler kolayca parçalandığı halde, yüksek kristalinitesi nedeniyle selüloz ve bunun oluşturduğu pamuk suda hemen hemen hiçbir şekilde hidroliz olmaz (Bağda 1976).

4.2.5 Hasar Mekanizması

Yapıştırıcılar, aynı veya farklı malzemedeki yüzeyler arasında bir çeşit köprüdür. Yapışma şunlara bağlıdır.

- a)Yapıştırıcının yüzeye yapışma kuvveti-adhezyon;
- b)Yapıştırıcının iç kuvveti-kohezyon.

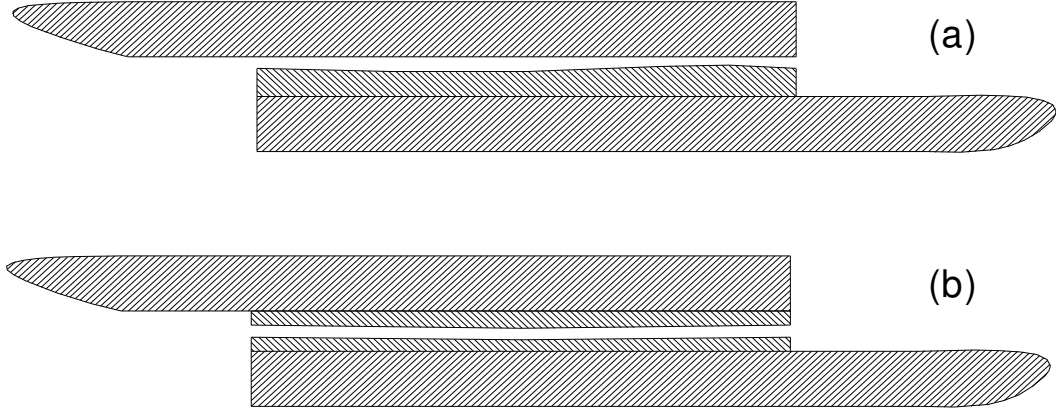
4.2.5.1 Adhezyon

Adhezyon iki maddenin temas yüzeylerindeki yapışma kuvvetleridir. Van der Waals kuvvetleri olarak adlandırılan çekim ve yüzeye tutunma fiziksel olarak yapışmada en önemli faktördür. Eğer yapıştırıcı, mekanik olarak işlenmiş yüzeylerdeki pürüzlere tam olarak temas edemezse, bu moleküller arası kuvvetler oldukça zayıflar. Bu nedenle yapıştırıcının yüzey pürüzlerine tam olarak nüfuz etmesi ve bütün yüzeyleri ıslatması gerekir. Dolayısıyla yapıştırmanın kuvveti, maksimum moleküller arası temas için hem yüzeyin ıslatılması, hemde yüzeyin yapışma özelliklerine bağlıdır. Belirli bir yapıştırıcı yüzey gerilimi için ıslatma, yapıştırıcı sürülen yüzeyin yüzey gerilimine ve yapıştırıcının viskozitesine bağlıdır. Yüzeyde kirlerin bulunması da ıslatmayı olumsuz etkiler (Loctite 1998)

Adheziv kırılma, bir yapıştırma işleminde, uygun olmayan yüzey temizliğinden kaynaklanır ve yapıştırıcı esas malzemenin yüzeyinden kalkar (şekil 3.6.a). Bu istenmeyen bir durumdur.

4.2.5.2 Kohezyon

Moleküller arası çekim ve polimer moleküllerin kendi arasında kenetlenmesi kohezyon kuvvetlerine etki eder.



Şekil 4.6 (a) Adheziv kırılma, (b) Koheziv kırılma

Yapıştırma bağlantılarında yüzey temizliği iyi yapılmış ise kırılma, koheziv bir kırılma olup hasar yapıştırıcının kendi içinde meydana gelir (şekil 4.6.b).

Bir zincirin kuvvetinin en zayıf halkası tarafından belirlenmesi kuralına uygun olarak, yapıştırma işleminde adhezyon ve kohezyon kuvvetleri yaklaşık eşit olmalıdır (Loctite 1998).

4.3 Yapıştırıcılar

Yapıştırıcıların temel fonksiyonu yüzey teması sağlayarak malzemeleri bir arada tutmaktır. Eski yapıştırıcıların çoğu tek bir elemandan meydana gelirken, bugünün yapıştırıcıları organik, inorganik veya karma olan farklı elemanların karışımı şeklindedir. Bununla beraber eski yapıştırıcılardan bazıları hala kullanılmaktadır. Yapıştırıcı bileşiminin elemanları ekseriyetle yapıştırıcıdan istenen özelliklere göre belirlenir. Yapıştırıcının ana elemanı, bağlantıda "koheziv" ve "adheziv" mukavemeti sağlayan yapıştırma maddesidir. Bu madde ekseriyetle organik reçinedir, fakat bazı

durumlarda kauçuk, inorganik bileşim veya doğal ürün de olabilir. Yapıştırıcıyı oluşturan diğer elemanlar bağlantı mukavemetine ilave olarak istenen diğer özelliklerin elde edilmesi için kullanılır (Kayacan 1988). Aşağıda bu elemanlara örnek verilmektedir.

4.3.1 Yapıştırıcılara Konulan Katkı Maddeleri

4.3.1.1 Seyrelticiler

Diğer elemanların konsantrasyonunu ve viskozitesini azaltmak için kullanılır. Dolayısıyla yapıştırıcıların düzgün ve ince tabaka halinde uygulanması mümkün olur. Bazı durumlarda viskozite kontrolü için sıvı reçineler kullanılır.

4.3.1.2 Katalizatörler ve katılaştırıcılar

Bunlar yapıştırıcı için katılaşmayı hızlandıran elemanlardır. Katılaştırıcılar monomerik, polimerik veya bileşimleri üzerine oluşturulmuş türlere sahiptirler. Etkisi kimyasal olarak ana elemanla birleşmesi sonucu ortaya çıkar. Katılaştırıcı/ana eleman oranı yapıştırıcıların fiziksel özelliklerini belirler. Mesala poliamid, epoksi reçinelerle birleşerek katılaşmayı hızlandırır. Katılaştırıcılar katı veya toz halinde olabilirler. Katalizatörler ise kendileri değişmezler ve aynı gaye ile termoset reçineler için kullanılır. Asitler, bazlar, tuzlar, kükürt bileşimleri ve peroksitler emniyetle kullanılan katalizörlerdir. Katılaşmayı hızlandırmak için gereken miktar katılaştırıcıların tersine daha azdır ama kritiktir. Eğer ana eleman olarak kullanılan reçineler az veya çok katalize edilirse bağlantı mukavemetleri zayıf olur.

4.3.1.3 Hızlandırıcılar, geciktiriciler ve durdurucular

Bu elemanlar katılma hızını kontrol ederler. Hızlandırıcılar katılma hızını arttırlar(katalizörler de aynı işi görür ama kimyasal değiştirmez). Geciktiriciler katılma hızını azaltırlar ve yapıştırıcının depolama ve çalışma ömrünü arttırlar. Durdurucular ise reaksiyonu tamamen keserler ve belli yapıştırıcılar için depolama ve çalışma ömrünü de arttırlar.

4.3.1.4 Modifiye ediciler

Modifiye ediciler, yapıştırıcı özelliklerini değiştiren, kimyasal olarak(inert)elemanlardır. Örnek olarak; filler, yumuşatıcı, inceltici, dengeleyici ve ısıtma elemanı verilebilir. Bunların her biri belli gayeler için kullanılır.

Filler; yapıştırıcı performansını ve mukavemetini geliştirmek için kullanılır. Ekseriyetle kendi başına yapıştırıcı özelliği olmayan toz halindeki inorganik veya organik malzemelerdir.

Yumuşatıcılar; yapıştırıcı esnekliğini arttırmak ve plastik şekil değiştirme özelliğini geliştirmek için kullanılırlar. Termoplastik reçinelerin moleküler akışkanlığını arttırmak için ekseriyetle yüksek kaynama noktasına sahip organik çözücüler kullanılır.

Genişleticiler; birim yapışma alanı için gereken ana elemanın (yapıştırma maddesi) miktarını azaltırlar. Yapıştırma maddesinin boşluk doldurma(gap-filling)özelliklerini gösterirler. Kimyasal asal elemanlardır.

İncelticiler; özellikle yapıştırıcının viskozite özelliklerini geliştirmek için kullanılırlar ve sıvı şekindedirler.

Dengeleyiciler; yapıştırıcının şiddetli çalışma şartlarına karşı direncini arttırmak için kullanılırlar ve yapıştırıcı özelliklerinde meydana gelecek değişiklikleri ya en aza indirirler yada tamamen önlerler.

Islatma elemanları; ise yapıştırıcının malzeme yüzeyini rahatça ıslatıp yayılmalarını sağlar (Kayacan 1988).

4.3.2 Yapıştırıcıların sınıflandırılması

Yapıştırıcılar değişik şekilde sınıflandırılabilir. Yapıştırılacak malzemenin cinsi, yapıştırıcının fiziksel formu, sertleşme olayı, bağlantı mukavemet özellikleri, çalışma şartlarındaki sürekliliği ve yapıştırıcının uygulanma metodu sınıflamada rol oynayan faktörlerdir. Ayrıca yapıştırıcılar içinde ana elemanın kimyasal türüne görede sınıflandırılabilirler. Bunlardan en çok kullanılanı yapıştırıcıdaki ana elemanın kimyasal türüne göre yapılan sınıflandırmalardır (Kayacan 1988). Burada özellikle en çok kullanılan yapısal yapıştırıcılar, ana elemanın kimyasal türüne göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- 1-Epoksiler
- 2-Poliüretan
- 3-Akrilikler
- 4-Siyanoakrilikler
- 5-Anaerobikler
- 6-Silikonlar
- 7-Fenolikler

4.3.2.1 Epoksiler

Epoksi reçineler, hemen hemen bütün uygulamalar için kullanılacak oldukça yüksek mukavemetli bir yapıştırıcıdır. Reçine ve katılaştırıcı şeklinde iki bileşen halinde satılır

ve bağlantıda kullanılmadan önce karıştırılması gerekir. Oda sıcaklığında kürleşme süresi, birkaç saatlik periyotdan birkaç günlük periyoda kadar olan çok geniş türleri bulunmaktadır. Daha mukavetli ticari epoksilerin kürleşme sıcaklıkları 200 °C kadar çıkmaktadır. Kürleşen yapıştırıcı gevrek olup nemli ortamlara karşı hassastır ve uzun çevresel etkiler altında mukavemet kaybına uğramaktadır. Kürleşme esnasında yapıştırıcıda bir miktar daralma oluşur ve bu da istenmeyen gerilmelerin oluşmasına neden olur. Epoksi bağlantılar 140 °C aşan sıcaklıklarda bozulur. Epoksinin metal ve plastik yüzeylere yapışması zayıftır ve bundan dolayı bağlantıda oluşan hasar, koheziv olmaktan ziyade adheziv dir, yani yapıştırıcı ile esas malzeme ara yüzeyinde oluşmaktadır. Bununla beraber, epoksi ile yapıştırılmış ahşap yapılarda hasar, bağlantı yerinden çok ahşabın kendi içerisinde meydana gelmektedir.

4.3.2.2 Poliüretan

Poliüretanlar tek bileşen halinde de satılmasına karşın, çoğunlukla reçine ve katalizör olmak üzere iki bileşen halinde satılmaktadır. Epoksi reçinelerle karşılaştırıldığında çalışma ömrü çok daha sınırlı olup nemli ortamlara karşı daha hassastır. Oda sıcaklığında yada ısıtılara kürleştirilebilir. Kürleşme esnasında boyut değişimden kaynaklanan artık gerilmeler pek oluşmaz. Poliüretan yapıştırıcılar, genellikle düşük sıcaklıklarda epoksi reçinelerden daha iyi mukavemet ve tokluğa sahiptirler. İyi katılık ve elastik özellikler gösterir. Bununla beraber toksik özelliklere sahip olduğu için bileşimlerine elle dokunulduğu zaman tehlikeli olabilirler.

4.3.2.3 Akrilikler

Akrilikler, hem metaller hemde plastikler için iyi soyulma mukavemetine sahiptirler. -110 °C ile 120 °C arasında elastik özelliklerini değiştirmeden korurlar. Bu yapıştırıcılar rutubetli ortamlara karşı dirençlidir ve nemden dolayı mukavemetlerinde kayda değer bozulma söz konusu değildir. Bununla beraber bu yapıştırıcılar yanıcı olup yüksek sıcaklıklardaki kullanımında zamanla bozulurlar.

4.3.2.4 Siyanoakrilikler

Bu yapıştırıcı, yapısında akriliklerle beraber siyano grubunda bulundurur. Dikkatsiz dokunulduğunda parmakları da hemen yapıştırdığı için piyasada süper yapıştırıcıda denir. Bu yapıştırıcılar, metal, plastik ve lastik yapıştırmada kullanılmaktadır. Fakat çok iyi yüzey temizliği gerektirir ve iyi bir bağlantı için, yapıştırıcı çok ince sürülmelidir. Yüzey son derece düz olmalı ve hiç boşluk kalmamalıdır. Yapıştırıcının kürleşmesi nem ile reaksiyona girilerek sağlanır. Siyanoakriliklerin maliyeti yüksek olmasına rağmen soyulama mukavemetleri düşüktür.

4.3.2.5 Anerobikler

Bu yapıştırıcılar, ortamdan oksijen uzaklaştırılarak kürleşirler. Bunun için yapıştırma işleminden hemen sonra yapıştırma bölgesi, havanın girişi engellenecek şekilde kaplanır. Anerobik yapıştırıcılar, iyi rutubet ve çözelti direncine sahip olup 150 °C 'ye kadar metal ve termosetlerin yapıştırılmalarında kullanılmaktadır.

4.3.2.6 Silikonlar

Silikon yapıştırıcılar sınırlı kohezif dayanıma sahiptirler. Fakat -60 °C' den 370 °C' ye kadar olağan üstü bir sıcaklık aralığında çalışma sıcaklığına sahiptir. Zincir yapısı çok esnek olup iyi soyulma mukavemeti gösterirler. Metal, cam, lastik ve plastiklerin yapıştırılmasında ve mikroelektronik endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla beraber kısmen pahalıdır.

4.3.2.7 Fenolikler

Fenolikler, doğal bileşklere elde edilmeyen ilk yapıştırıcıdır. Molekül iskeleti, benzen halkalarının birleştirilmesi ile elde edilmiştir. -60 °C gibi düşük sıcaklıklarda oldukça

gevrekler ve yüksek sıcaklıklarda ısıtılarak k rleŒir. Pahalı olup çevresel faktörlere dirençlidir. AhŒap ve tabakalı yapılarda ilk tercih edilen yapıŒtırıcıdır (Brandon ve Kaplan 1997).

4.3.3 Yüzey Hazırlama

YapıŒtırma bağlantısının iyi olabilmesi için yapıŒtırılacak yüzeylerin uygun Œekilde hazırlanması gerekir. Bir yapıŒtırma bağlantısında

a)Adhezyon kuvvetleri

b)Yüzey pürüzleri

kuvvet iletilmesine etkili olan en önemli faktörlerdir. Esas itibariyle yapıŒtırıcının yüzeyle bağlanması, adhezyon kuvvetleri (moleküler kuvvetler) sonucu olmaktadır. Bu kuvvetler çok defa yapıŒtırıcının kendi mukavemetinden daha büyüktür. İyi hazırlanmıŒ yapıŒtırma bağlantılarında kopma; yapıŒtırıcı ile malzeme arasında değil, yapıŒtırıcıda meydana gelir. Moleküler kuvvetlerin etkili olabilmesi için yapıŒtırılacak yüzeylerin temiz ve yabancı maddelerden arınmıŒ olması ile mümkündür.

Yüzey pürüzlülüğü de yapıŒtırma bağlantılarının mukavemetine önemli derece etki eder. YapıŒtırıcının pürüzler arasına girip sertleŒmesi bir Œekil bağı meydana getirir. Bu nedenle, yapıŒtırılacak yüzeylerin çok parlak olmaması gerekir. Ancak pürüzlerin mukavemete ne derece etkidiğini tayin etmek zordur.

Bağlantı baŒlangı mukavemeti ve sürekliliği, yapıŒtırıcı ile temasa edecek yüzeyin tipine bağlıdır. Esas malzemenin yüzey hazırlama derecesi, alıŒma ortamı ve gerekli mukavemet ile alakalıdır. Metallerin yüzey hazırlaması, yüzeyi basit bir çözücü ile silmekten mekanik aŒındırma, kimyasal temizleme ve asitle temizlemeye kadar deėiŒmektedir. Birçok d Œ k ve orta mukavemetli uygulamalar için geniŒ yüzey temizleme metotlarına ihtiyaç yoktur. Fakat en yüksek mukavemet, süreklilik ve güvenirlik gerektiren uygulamalarda iyi kontrol elden yüzey hazırlama proseslerine

gereksinim vardır. Bir yüzey hazırlama metodu seçilirken şu faktörlerin göz önünde bulundurulması lazımdır.

- Gerekli en yüksek bağlantı mukavemeti,
- Gerekli çalışma ömrü ve çalışma ortamı,
- Başlangıçta malzeme yüzeyindeki kir çeşidi ve miktarı,
- Malzeme türü.

Yüzeyi temizlenmiş bir malzemede yapıştırıcı, yüzeyi daha kolay ve daha iyi ıslattığı için bağlantı mukavemeti oldukça artar. Yüzey hazırlama aşağıdaki fonksiyonların bir veya bir kaçını birlikte gerçekleştirdiği için bağlantı dayanım kalitesini artırır (Petrie 1975).

- Yüzeydeki kirleri kaldırır,
- Absorbe edilen suyu kontrol eder,
- Oksit oluşumunu kontrol eder,
- Polimerlerin bozulmasını hızlandıran yüzey atomlarını olumsuz yönde etkiler,
- Yapıştırıcı ve esas malzemeyi birbirinden korur,
- Esas malzemenin kristal yapısını yapıştırıcının moleküler yapısına uydurur,
- Yüzey pürüzlülüğünü kontrol eder.

Plastik ve elastomerler iyi bir dayanım sağlanması için metallere daha fazla yüzey hazırlamaya bağımlıdır. Bu tür metaller üretilirken kalıba yapışmaması için kalıbın yüzeyine özel kimyasal maddeler sürülür ve yine iyi görünüm sağlanması için yumuşatıcı maddeler kullanılır. Dolayısıyla bu kirletici faktörler iyi bir yapışmayı engeller. Politetrafloroetilen, polietilen ve diğer polimer malzemeler, doğası gereği yapışmaya uygun olmayan malzemelerdir. Bunlar yapıştırılmadan önce yüzeylerinin kimyasal özelliklerinin değiştirilmesi gerekmektedir.

4.3.3.1 Yüzey hazırlama metotları

En çok kullanılan yüzey hazırlama metotları;

- Çözücüyle silme
- Buharla yağ giderme
- Aşındırma
- Buharla honlama
- Ultrasonik temizleme
- Kimyasal çözelti ile temizleme (etching)
- Diğer kimyasal ve mekanik metodlar

4.3.3.1.1 Çözücüyle silme

En çok kullanılan fakat en az başarılı olduğu düşünülen bir metottur. Yüzeyler; üzerine temiz çözücü damlatılmış bir bez veya kağıtla silinerek temizlenirler. Bezler çözücü kabına dokundurulmamalıdır. Silinen yüzeylerde çizgi oluşması. Bezin veya çözücünün temiz olmadığını gösterir. Silme işlemi için kullanılan çözücüler toluen, metil, etil keton, trikloroetilen ve asetondur. Küçük parçalar için çözücü içinde çalkalama ve sonra temiz, kuru azot içine salıverme; silme işleminden daha etkili olacaktır.

4.3.3.1.2 Buharla yağ giderme

Burada yapıştırılacak yüzeyler damıtılmış, yoğunlaşmış çözücü buharıyla yıkandığı için buharla yağ giderme silmeye tercih edilir. Çözücü buharlarının sıcaklığı kaynama noktasındadır ve ekseriyetle trikloroetilen veya perkloroetilen kullanılır. Buharla yağ giderme üstün bir temizleme metodudur. Trikloroetilen buharına bir dakika daldırma, ekseriyetle metallerin yağının tam olarak giderilmesi için yeterlidir.

4.3.3.1.3 Aşındırma

Yapıştırma bağlantılarının mukavemetine yüzey pürüzlülüğünün önemli derecede etkisi vardır. Bu etki, malzemenin yüzey alanını artırarak (dolayısıyla malzeme ve yapıştırıcı arasındaki kimyasal bağlar artar) sağlanır. Bu etki belirli bir sınıra kadardır. İmalattan çıkmış parçaların yüzeyleri genellikle belli bir pürüzlülük değerine sahiptir. Ama parlatılmış ve taşlanmış veya ince işlenmiş yüzeyler, özellikle yapıştırma öncesi pürüzlendirilmedikçe yapıma mukavemetleri düşük olur. Etkili bir yüzey aşındırması sadece yüzey alanını artırmakla kalmaz ayrıca yüzeydeki yabancı madde tabakalarını da temizler. Buna ilaveten aşındırmanın yüzey ıslatmayı da geliştirdiği belirlenmiştir.

Aşındırmada kullanılan yöntemlerden birkaçı kum veya zımpara kağıdıyla aşındırma; kum, tane veya hava püskürtme ve çelik yünle ovmadır. Kum püskürtme yapılıyorsa ince kum kullanılmalıdır ve püskürtme için kullanılan hava, kuru ve süzölmüş olmalıdır. Bu durum özellikle nemli alanlarda önemlidir. Kum ayrıca temiz olmalıdır. Hava basıncı ve tane çeşidi, temizlenecek yüzeyin sertliğine bağlı olarak değişir.

Zımparalama için tane büyüklüğü 100 grit veya biraz daha ince olan zımpara kâğıdı seçilerek yüzey zımpara izleri çeşitli yönlerde olacak şekilde hazırlanmalıdır.

Püskürtme için seçilecek aşındırıcılar alüminyum oksit (alumina), kuartz ve zımpara taneleri olabilir. Bunlar genel olarak çeliktir ve hafif alaşımlar için kullanılır. En iyi sonuçlar keskin kenarlı tanelerle elde edilir. Yuvarlak taneler (demir bilye ve cam boncuk gibi) uygun değildir, çünkü bunlar pürüz oluşturmaktan çok dövölmüş yüzey meydana getirirler. Yüzeylerine ikinci bir maden tabakası yapıştırılmış malzemelerde (Al-alaşımlarında olduğu gibi) ince olan kaplama tabakasının zarar görmemesi için zımparalama veya püskürtme yapılmaz. Bu gibi hallerde yüzeyler çelik veya alüminyum yünü ile ovulup temizlenir.

Aşındırma yöntemlerinden sonra yüzeyde kalan katı taneler temiz, kuru, basınçlı hava ile temizlenebilir. Pürüzlendirilen yüzeyler mümkünse hemen yapıştırılmalıdır. Aksi takdirde yüzeyler primerler kaplanmalıdır.

4.3.3.1.4 Buharla honlama

Çok küçük veya hassas metal parçaları için olağan aşındırma metotları çok kaba olabilir. Daha yumuşak ama yine aşındırma olan bu yöntem, buhar püskürtme veya hidro püskürtme olarak da bilinir. Bu işlem, suda asılı çok ince aşındırıcılar ve korozyon önleyiciler içeren bileşimlerin yüzeyi temizlemesi şeklindedir. Bu metot küçük parçaları temizlemek için faydalıdır ama honlama sonrası suda çalkalamaya gerek duyulur.

4.3.3.1.5 Ultrasonik temizleme

Sert, kırılğan malzemeleri efektif olarak temizlemek için dizayn edilen mekanik işlemdir. İş parçası ve takım arasındaki sıvıda taşınan aşındırıcı taneler vasıtasıyla iş parçası yüzeyi yüksek hızda bombardıman edilerek temizlenir. Takım transdusere bağlıdır ve ultrasonik frekanslarda lineer olarak salınır. Böylece aşındırıcı taneler iş parçasına sevk edilir. Aşındırıcı taneler boron karpit ve benzerleri 270 diş ölçüsünde veya daha incedirler. Bu metot öncelikle küçük parçalar için kullanılır. Dalgaların hafifletilmemesi veya bozulmaması için parçalar sıvı içinde asılı kalmalı ve tank dibine dokundurulmamalıdır (Kayacan 1988).

4.3.3.1.6 Kimyasal çözeltiyle temizleme(etching)

Yüzeylerin kimyasal çözelti yöntemi ile temizlenmesi, en etkili yüzey temizleme metodudur. Bu temizleme metodu, yüzeyin daha güçlü olması ve daha fazla ıslatılabilirlik sağlanması için, yüzeyin fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirir. Her malzeme yüzeyi, kendisine uygun ve farklı kimyasal işlem gerektirir. Birleştirilecek alan, hazırlanan asit çözeltisinin içine konulur ve birkaç dakika bekletilir. Zamanla kimyasal çözelti, malzeme yüzeyinden giderdiği pisliklerle kirleneceği ve konsantrasyonu değişeceği için periyodik olarak çözelti yenilenmelidir. Çözelti sıcaklığı da kontrol altında tutulmalıdır ve çözelti ile temas edilmemelidir. Çünkü bu tür

çözeltiler genellikle sağlık açısından sakıncalıdır. Ayrıca pasta türü dağlama ürünleri de mevcut olup yüzeye sürülür ve hem yüzeyi temizler hem de kimyasal olarak yüzeyin özelliklerini değiştirir. Ancak pasta türü dağlama ürünleri asit banyolarından daha uzun zaman gerektirir (Petrie 1975).

4.3.3.1.7 Diğer kimyasal ve mekanik metotlar

Bu tür mekanik ve kimyasal metotlara son zamanlarda alev metodu, boşlukta iyonik bombardımanı ve elektrik cereyanı boşalması gibi fiziksel metotlar da eklenmiştir. Bu teknikler polietilen, polipropilen, politetrafloroetilen gibi asal plastikler için başarılı sonuçlar vermişlerdir. Ama bu metotlar malzemenin yüzey yapısını etkiler (mesela polietilen için yüzey oksidasyonunun etkilenmesi).

Yağın giderilmesi için diğer bir yöntemde deterjanla yıkamadır. Özellikle lanolin gibi gresler yüzeye sürülmüşse faydalı olur. Çünkü bu greslerin çözücülerle çıkarılması zordur. Yüzey yağının bir kimyevi madde ile alınmasından sonra parçalar genellikle soğuk su ile iyice çalkalanarak yıkanır ve yüzeylerdeki artıklar giderilir. Sonra çeşitli kimyevi maddelerle (çok sulu asit veya alkali banyoları gibi) ikinci bir işleme tabi tutulur. Bol su içinde tekrar yıkanır. Böylece yüzeylerde her hangi bir temizleyici madde artığı da kalmaması sağlanır. Bu şekilde hazırlanmış yüzeyler temiz bir yerde genellikle sıcak hava ile kurutulur. Bundan sonra yapıştırma işlemine geçilir. Temizlenmiş ve kurutulmuş parçaların uzun süre özellikle rutubetli yerlerde bırakılması, oluşabilecek oksit tabakalarından ötürü bağlantının mukavemetine büyük etki eder (Kayacan 1988).

4.3.3.2 Primerler

Primerlerin yüzey hazırlamadaki önemi gittikçe artmaktadır. Bir bağlantı sisteminde primerin fonksiyonu, aşağıdakilerden bir ya da bir kaçı olabilir.

- Yüzey temizlendikten sonra yüzeyi korumak,
- Malzeme yüzeyinin serbest yüzey enerjisini ayarlamak,
- Ara yüzeyin reolojik özelliklerini ayarlamak,
- Esas malzeme ile yapıştırıcı arasındaki yüzeyin iç etkileşim ve çözünürlüğünü geliştirmek,
- Esas malzeme ile yapıştırıcı arasındaki kimyasal reaksiyonu iletirmek.

Kimi uygulamalarda koruyucu olarak primerlerin kullanımı uygun olmakla birlikte üretim maliyetini de artırır. Fakat kimi uygulamalarda da gerekli kimyasal reaksiyonları üretecek doğru primeri seçmek son derece önemlidir.

Bir yapıştırıcı primeri, kuru yüzeylere 0.0015-0.05 mm kalınlık aralığında uygulanan ve organik çözücüler içerisinde genellikle seyreltilen bir yapıştırıcı çözeltilisidir. Birçok yapısal yapıştırıcı ile beraber kullanılan primerle, korozyonu önlemek ve soyulma dayanımını arttırmak için kullanılır. Gerçekte primerler, en fazla yüzeyi temizlenen metallerin yüzeyinin havadaki oksijenle aktivasyonunu azaltmak için kullanılır. Primerler, yüzey hazırlama ile yüzeye yapıştırıcının uygulanıp yapıştırılması arasında geçen süreyi uzatır. Örneğin bu süre alüminyum için maksimum 12 saattir. Eğer malzeme, yüzeyi temizlendikten sonraki ilk 12 saat içerisinde yapıştırılmaz ise bu yüzey, yapıştırılacağı zaman tekrar temizlenmelidir. Halbuki eğer uygun primer/yapıştırıcı sistemi kullanılırsa, yüzey hazırlama ile yapıştırma işlemi arasındaki süre 30 günden 6 aya kadar uzayabilir. Bu proses, bir çok parçanın yüzeyinin temizlenmesi, primerlenmesi ve yapıştırılmadan önce nispeten uzun süre saklanmasına imkan verir. Bu sayede artık üreticinin planları ve takvimi yüzey hazırlama işlemine bağımlı kalmaz.

5. MATERYAL ve YÖNTEM

Kompozit malzemeler günümüz teknolojisinde artan önemleri ile birlikte makine elemanlarında kullanımları ve montajları bir takım kısıtlamalara neden olmaktadır. Kompozit elemanların montajında, metallerde kullanılan kaynak, vidalama v.b pek çok metod kullanılamaz. Kompozitlerin montajında yaygın olarak pimli ve yapıştırırmalı bağlantı tipi kullanılmaktadır. Bu çalışmada değişik bindirme uzunluklarında pimli, düz yapıştırırmalı ve araya cam elyaf takviyeli yapıştırma sistemlerinin mekanik çekme dayanımlarını incelenmiştir.

5.1 Malzeme Temini

Deneyleerde kullanılan kompozit levhaları İzoreel Kompozit İzole Malzemeleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketinden temin edilmiştir. Yapıştırıcılar ise Pulltek A.Ş'den temin edilmiştir.

Epoksi plakalarının üretiminde 8 kat Prepreg cam fiber tabaka kullanılmıştır.

Prepreg tabakanın özellikleri.

*Özgül ağırlığı.....1,8-1,9 gr/cm³

*Nominal kalınlık.....0,25 mm

*Cam kumaşın yoğunluğu.....210 gr/m²

*Reçine.....Epoxy

*Prepreg ağırlığı.....370 gr/m²

Proses şartları ise;

*Basınç.....Yaklaşık 5 kg/cm²

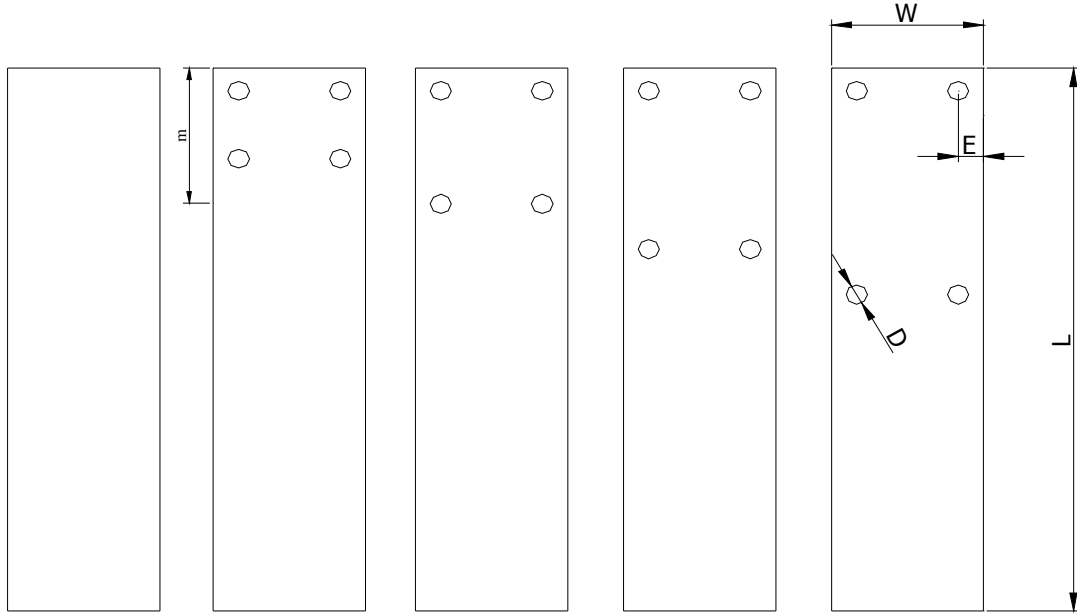
*Curing.....140 C,4 h

5.2 Numunelerin hazırlanması ve problemin tanıtılması

İzoreel (İzmir) firmasından alınan kompozit plakalar şekil 5.1'deki gibi muhtelif boylarda kesilip hazırlanmıştır, burada L=uzunluk, E=delik merkezinin kenara uzaklığı, D=delik çapı ve W=genişliktir.

Şekilde de görüldüğü üzere yapıştırma bağlantıları beş farklı şekilde yapılmıştır. Bu farklılık bindirme uzunluklarındaki farklılıktan ibaret olup her biri ayrı ayrı boyutlandırılarak özel bir matkap ucuyla delinmiştir. Her numune için üç deney yapılmıştır. Ayrıca yapıştırma bağlantı deneyinde son olarak ortası delinen numunelerin Kompozit yapıştırma sonrası mukavemet değerlerini inceleyeceğiz.

Pimli bağlantı deney numuneleri ise şekil 5.2 de gösterilmiştir. Pimli bağlantıda da dört farklı bindirme yapılmış olup her bir numune için üç deney yapılmıştır. Hazırlanan numunelere kompozit tabakanın bir ucuna E mesafede olacak şekilde $D=4,2$ mm çapında pim için delik oluşturulur. Delik açmak için, malzemede deliminasyon olmaması için özel olarak yapılmış matkap ucu kullanılmıştır.



DÜZ
BİNDİRME

$m=25$ mm
BİNDİRME

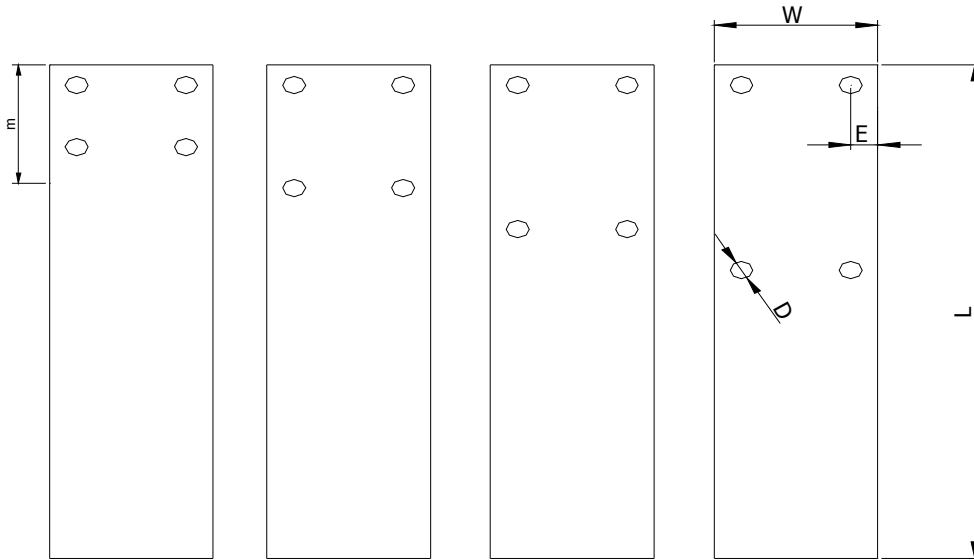
$m=35$ mm
BİNDİRME

$m=45$ mm
BİNDİRME

$m=55$ mm
BİNDİRME

m =yapıştırma mesafesi

Şekil 5.1 Yapıştırma Bağlantılı deney numunelerinin geometrisi



$m=25$ mm
BİNDİRME

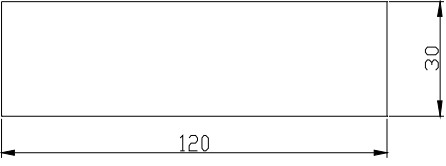
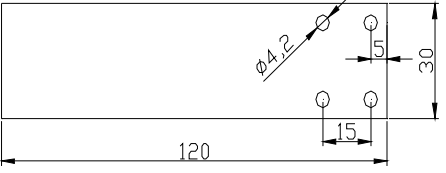
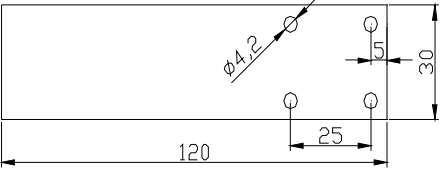
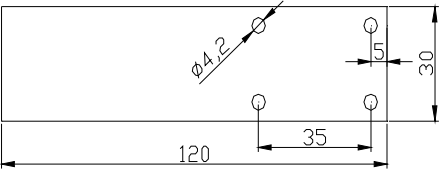
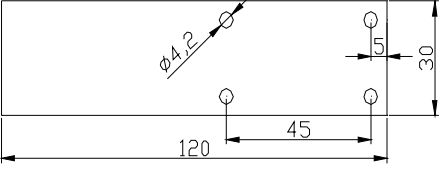
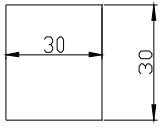
$m=35$ mm
BİNDİRME

$m=45$ mm
BİNDİRME

$m=55$ mm
BİNDİRME

m =Bindirme mesafesi

Şekil 5.2 Pimli Bağlantılı deney numunelerinin geometrisi

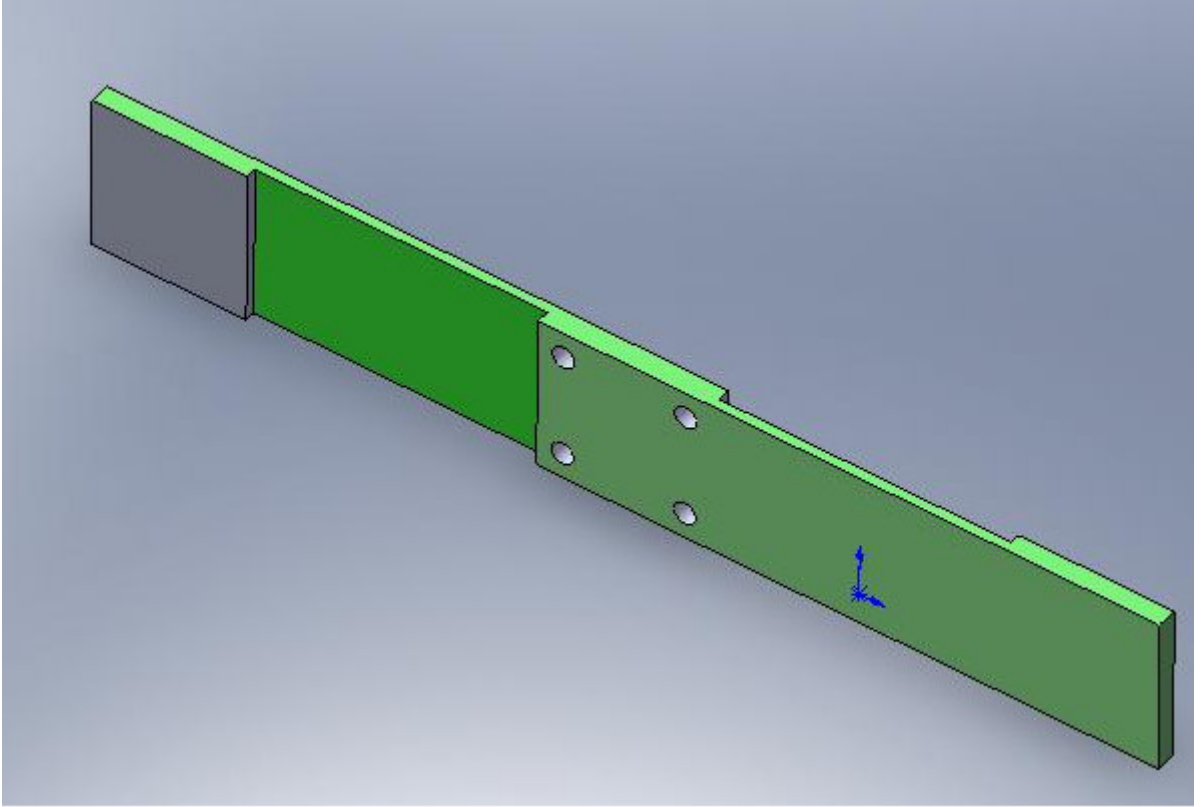
Numune boyutları	Bindirme uzunlukları(M)	Bağlantı tipi
	m=25 mm m=35 mm m=45 mm m=55 mm	Yapıştırma
	m=25 mm m=35 mm m=45 mm m=55 mm	Yapıştırma Perçin
	m=25 mm m=35 mm m=45 mm m=55 mm	Yapıştırma Perçin
	m=25 mm m=35 mm m=45 mm m=55 mm	Yapıştırma Perçin
	m=25 mm m=35 mm m=45 mm m=55 mm	Yapıştırma Perçin
		Çene Payı

Çizelge 5.1 Bindirme uzunluklarına göre deney numunelerinin boyutları

5.3 Yüzey hazırlama

Numuneler Şekil 5.3’de görüldüğü gibi kesildikten sonra yapıştırılacak yüzeyler hazırlanır. Numunelerin yapıştırılacak yüzeyleri aşağıdaki adımlar takip edilerek hazırlandı.

- 1-Numuneler önce çok hassas bir şekilde markalanıp delikleri delindi,
- 2-Yüzeyleri temiz bir bezle silindi,
- 3-Yapıştırma bağlantısı yapılacak olan numunelerin yapışacak olan yüzeyleri çok ince bir zımpara (aşındırıcı) ile zımparalandı,
- 4-Zımparalanan numuneler asetonlu bez ile silinerek yüzeyi temizlendi.
- 5-Son olarak kuru bir bez ile silinerek yapıştırılmaya hazır hale getirildi.



Şekil 5.3 Yapıştırma ve pimli bağlantı deney numunesinin bağlantı şekli

5.4 Numune

5.4.1 Yapıştırma Bağlantılı Numuneler

Yapıştırma bağlantılı numuneler dört farklı bindirme uzunluğuna göre dizayn edilmiştir(Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 Yapıştırma ve Perçin bağlantılı numunelerin boyutları

Bindirme uzunluğu M(mm)	Yapıştırıcı kalınlığı t(mm)	Malzeme kalınlığı h(mm)
25	0,5	2
35	0,5	2
45	0,5	2
55	0,5	2

5.4.2 Perçin bağlantılı numuneler

Perçin bağlantılı numunelerde aynı yapıştırma bağlantılı numuneler gibi dört farklı bindirme uzunluğuna göre dizayn edilmiştir (Çizelge 5.2). Elde edilen yapıştırma ve perçinli bağlantı numuneleri Şekil 5.3’de görüldüğü gibi ayrı ayrı bağlanıp çekme deneyi yapılmıştır.

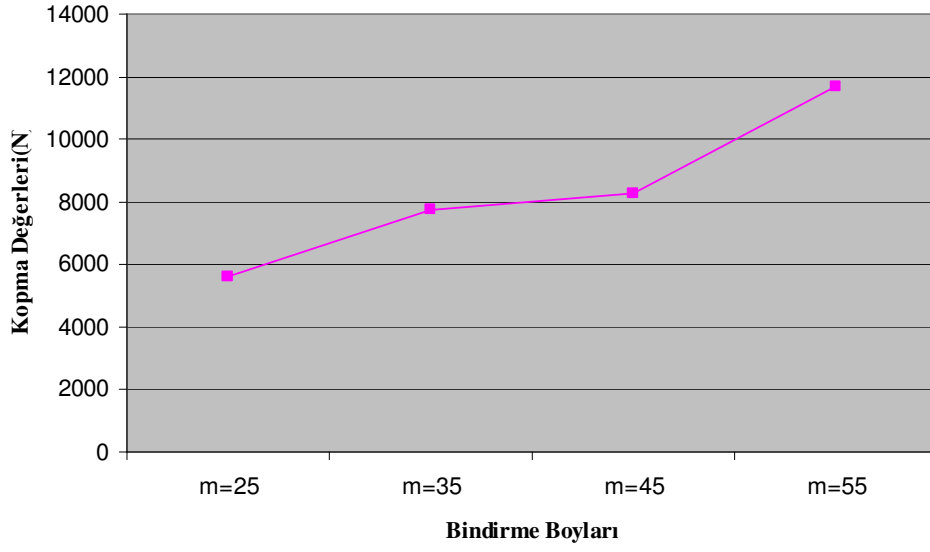
6. DENEYSEL SONUÇLAR ve GRAFİKLER

Değişik ebatlarda kompozit plakaların Çizelge 5.1 deki gibi kesilip önce düz yapıştırma yapıp sonra delik delinip arası cam elyaf ve reçine ile takviye edilip çekme deneyleri yapılmış ve ortaya çıkan sonuçlar bize göstermiştir ki yapıştırma bağlantılarında hasarlı olan bölgelere cam elyaf ve reçine takviyesi mukavemet artışına çok büyük etki etmektedir. Bunun sebebi Şekil 4.3 b’de görüldüğü gibi bindirmeli yapıştırma şeklinde yapıştırılan kısmın uç kısmında eğilmeden dolayı açılmalar olmakta ve bu açılma uç kısmında yapıştırıcı kısmında çatlaklara neden olmaktadır ve bu çatlakta yapıştırılan bölgenin kopmasına neden olmaktadır. Atılan lif ise bu açılmayı önlemektedir.

Perçinli bağlantılarında ise aynı ebatlardaki numuneler hazırlanarak perçin bağlantısı yapılmış ve çekme deneyine tabi tutulmuştur.

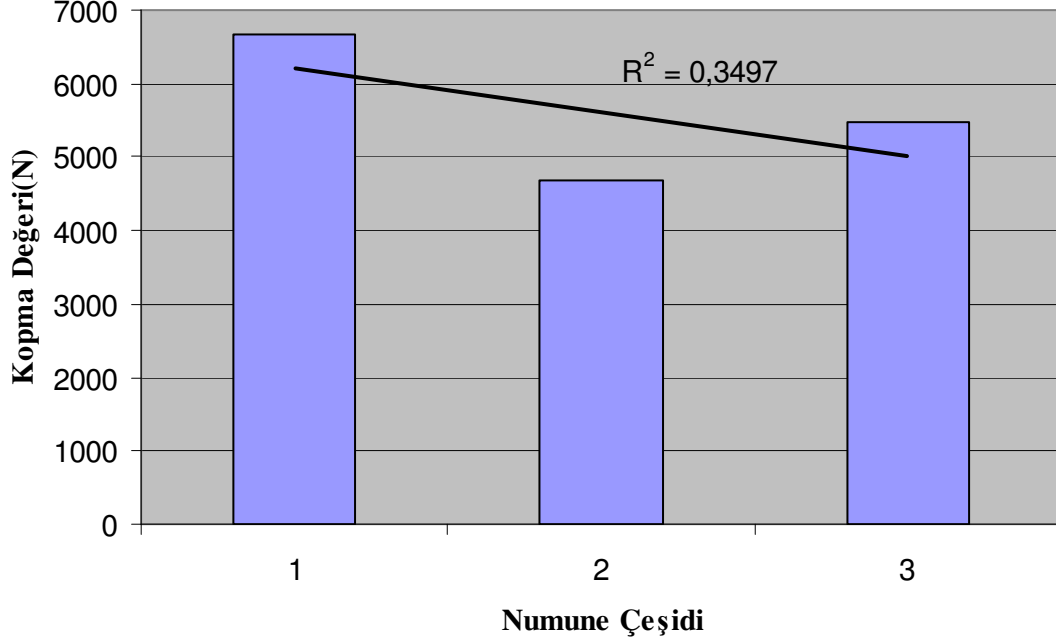
Şekil 6.1’de perçin bağlantılı kompozitlerde kopma değerleri gösterilmiştir. Bindirme uzunluğu arttıkça kopma mukavemetide artmaktadır. Buradan anlaşılacağı gibi perçin bağlantılarında perçinler arası mesafe ne kadar çok olursa perçin dayanımı o nisbette artar. Şekil 6.1’deki grafik her bindirme için üç farklı numunenin değerlerinin ortalaması alınarak elde edilmiştir. Bunlar Şekil 6.2; Şekil 6.3; Şekil 6.4 ve Şekil 6.5 ‘de ayrı ayrı verilmektedir.

PERÇİN BAĞLANTILI KOMPOZİTLER



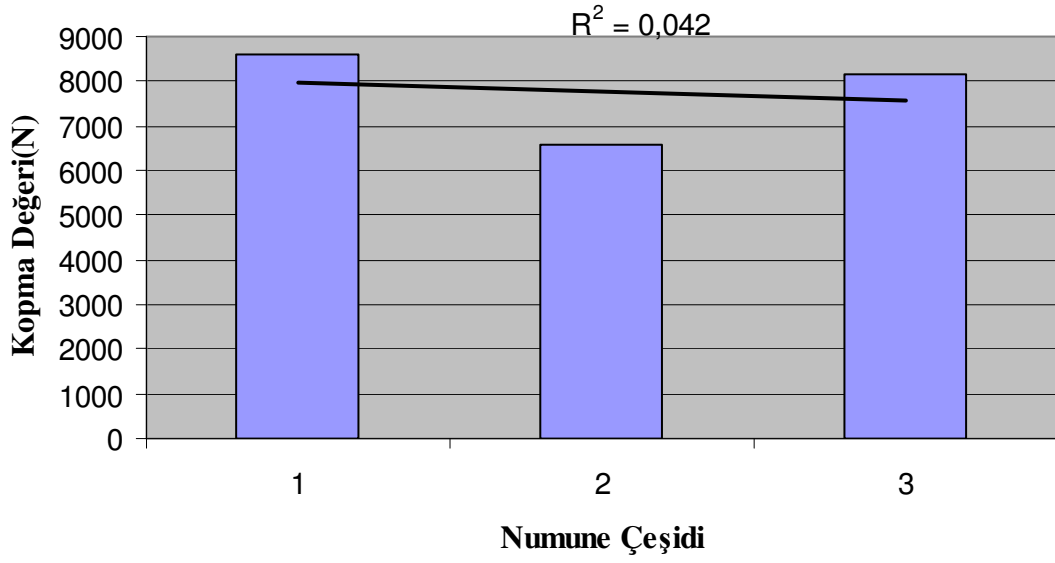
Şekil 6.1 Perçin bağlantılı kompozitlerin kopma değerleri

PERÇİN 25X30



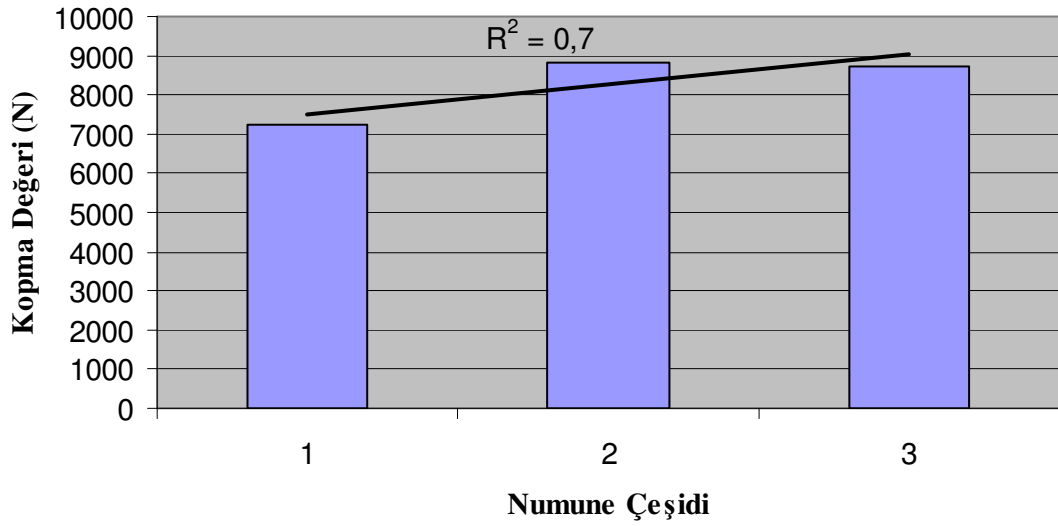
Şekil 6.2 m=25 mm bindirme uzunluğundaki numelerin çekme deney sonuçları

PERÇİN 35X30



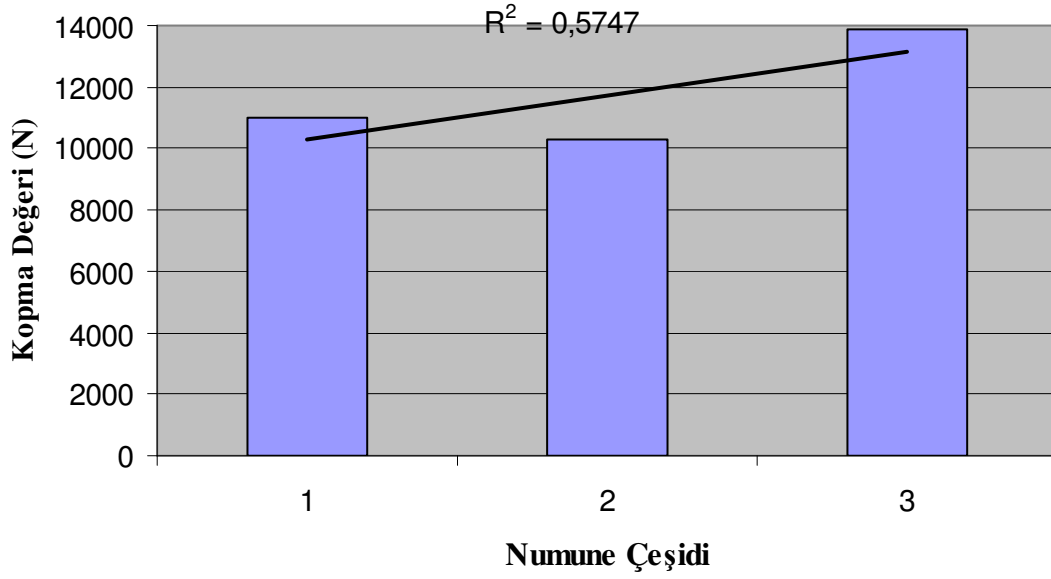
Şekil 6.3 m=35 mm bindirme uzunluğundaki numuların çekme deney sonuçları

PERÇİN 45X30



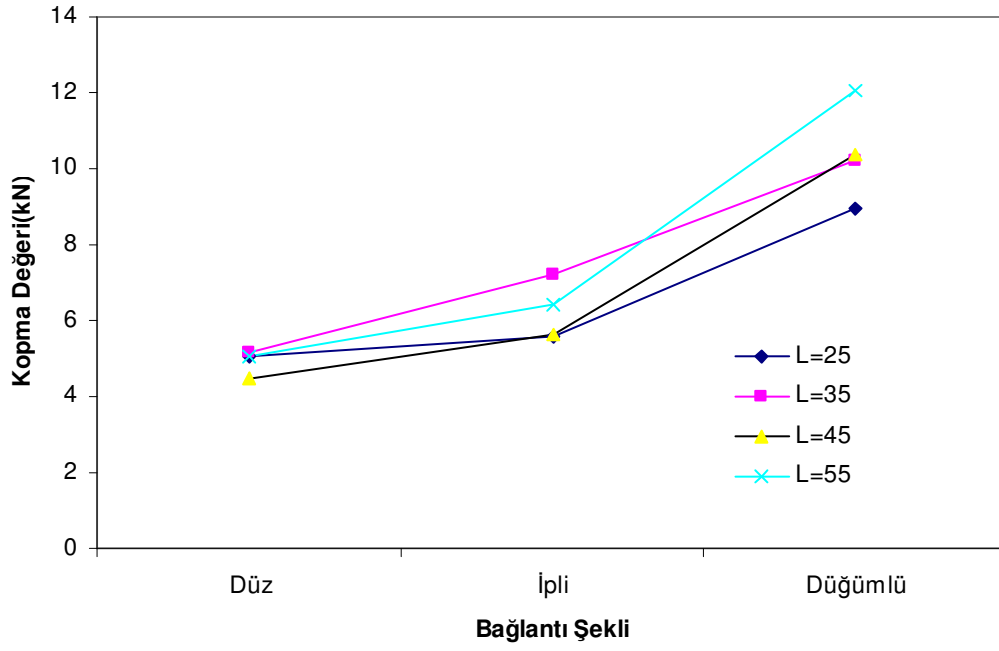
Şekil 6.4 m=45 mm bindirme uzunluğundaki numuların çekme deney sonuçları

PERÇİN 55X30



Şekil 6.5 m=55 mm bindirme uzunluğundaki numuların çekme deney sonuçları

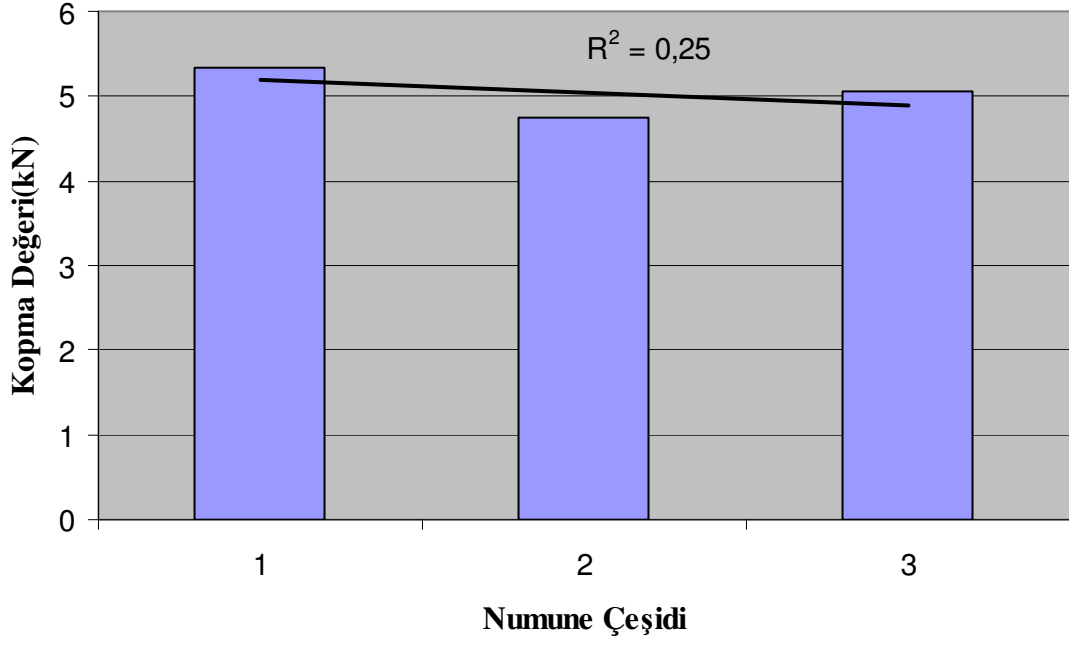
Şekil 6.6 'da yapıştırma bağlantılı kompozit parçaların farklı bindirme boyları ve farklı bağlantı şekillerine göre mukavemet değerleri verilmektedir. Bunlar sırasıyla düz yapıştırıcılı, tek ipli yapıştırıcılı ve düğümlü ipli yapıştırıcılı olarak sınıflandırılabilir. Bu numunelerde kendi aralarında üç farklı numunelerden değerler alınarak grafik oluşturulmuştur.



Şekil 6.6 Yapıştırma bağlantılı kompozitlerin kopma değerleri

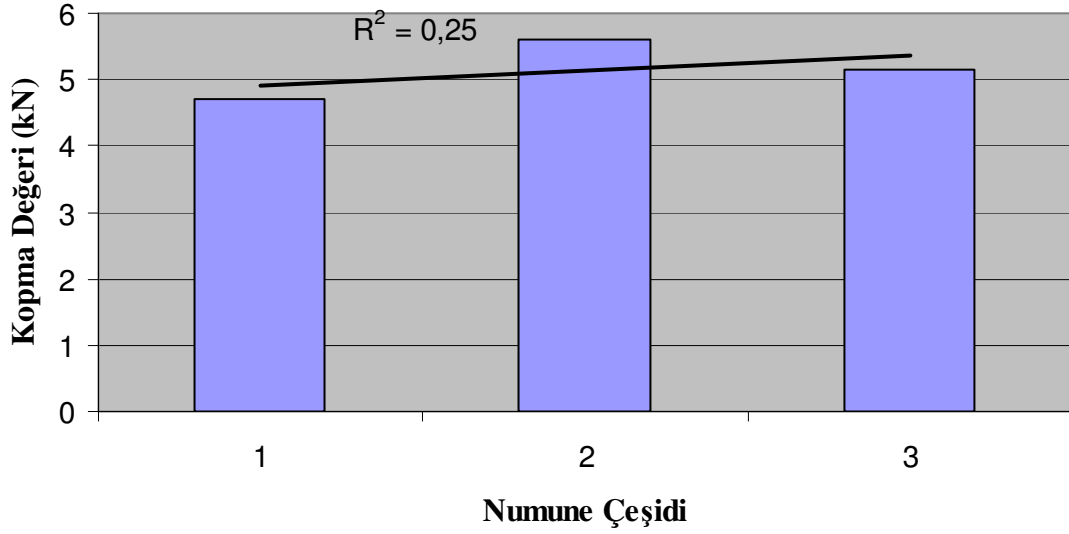
Düz bağlantılı kompozit parçaları ile ipli bağlantılı kompozitler arasında belirgin bir fark olduğu gibi ipli bağlantılı kompozitler ile düğümlü ipli bağlantılı kompozitler arasındada dayanım olarak ciddi bir fark vardır. Fakat bindirme boylarındaki artış aynı oranda mukavemet artışıyla orantılı olarak artmamaktadır. Burada mukavemeti en çok arttıran özellik kompozit numunelere açtığımız deliklerin arasına cam elyafı ve yapıştırıcının yapıştırılmasıdır.

DÜZ 25X30



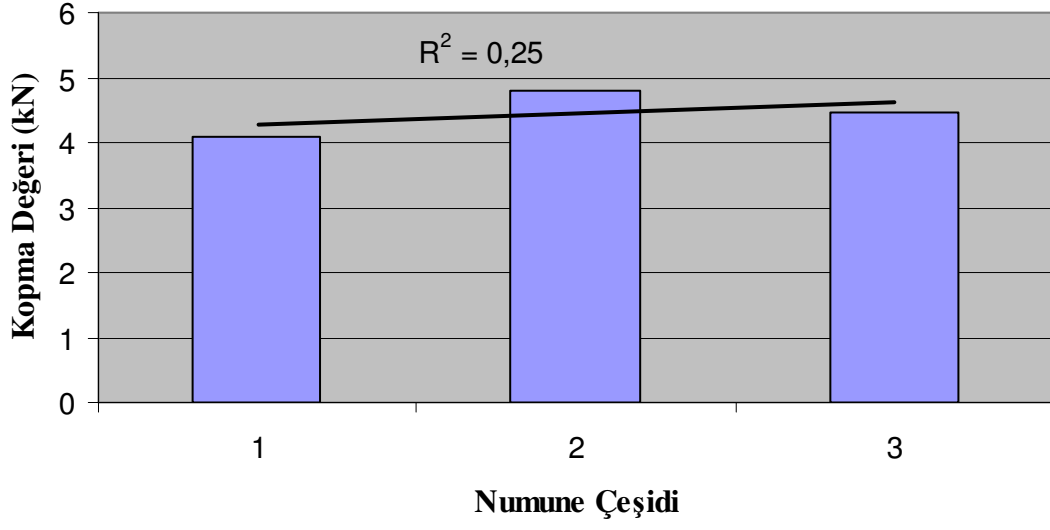
Şekil 6.7 m=25 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri

DÜZ 35X30



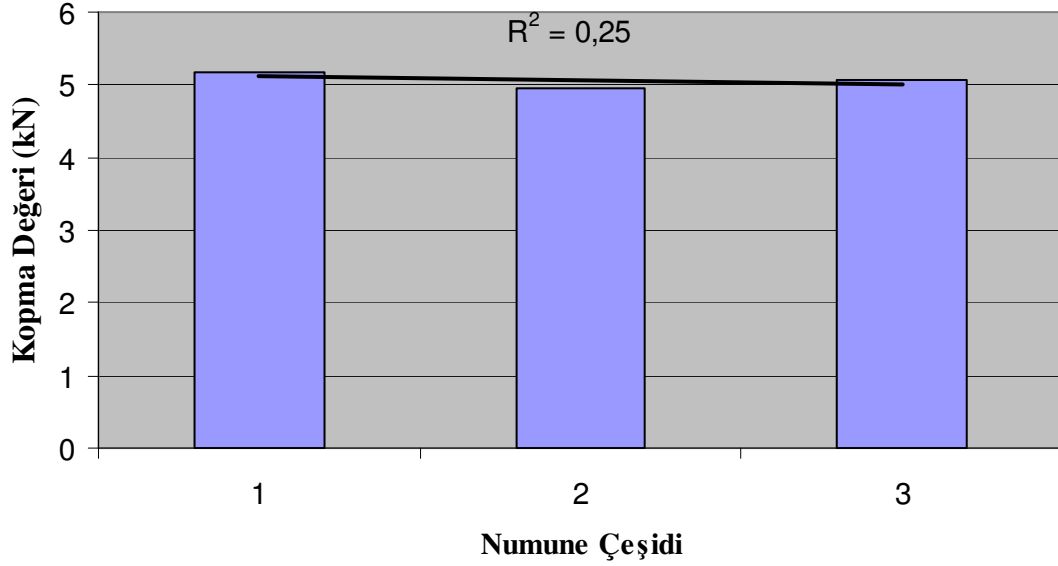
Şekil 6.8 m=35 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri

DÜZ 45X30

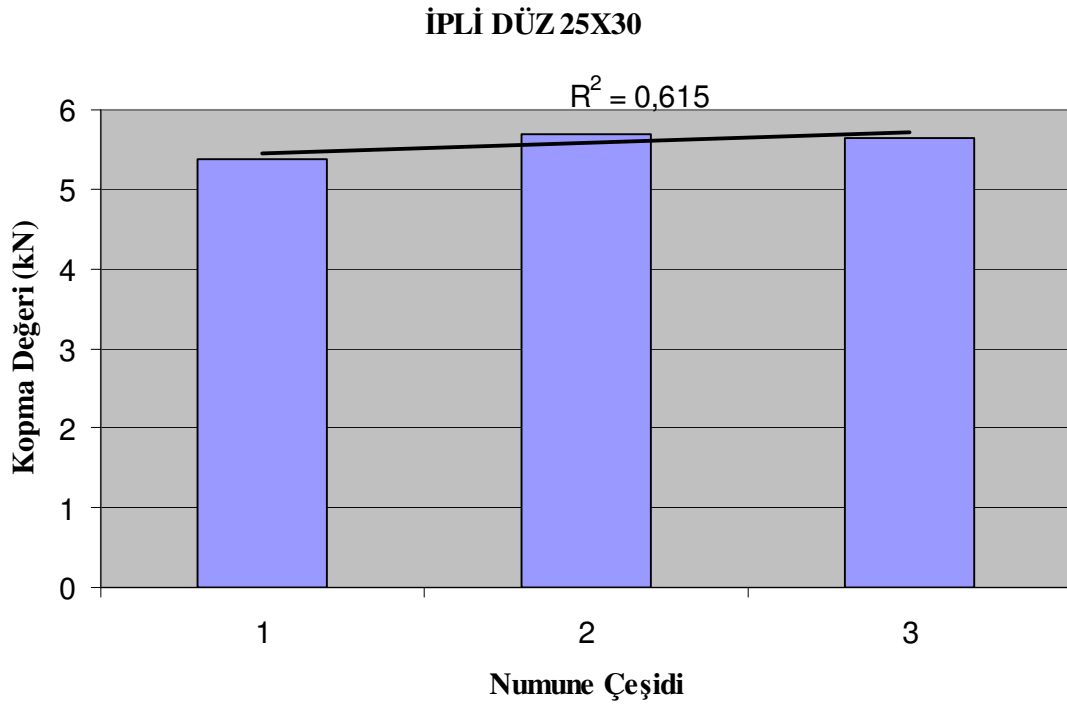


Şekil6.9 m=45 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri

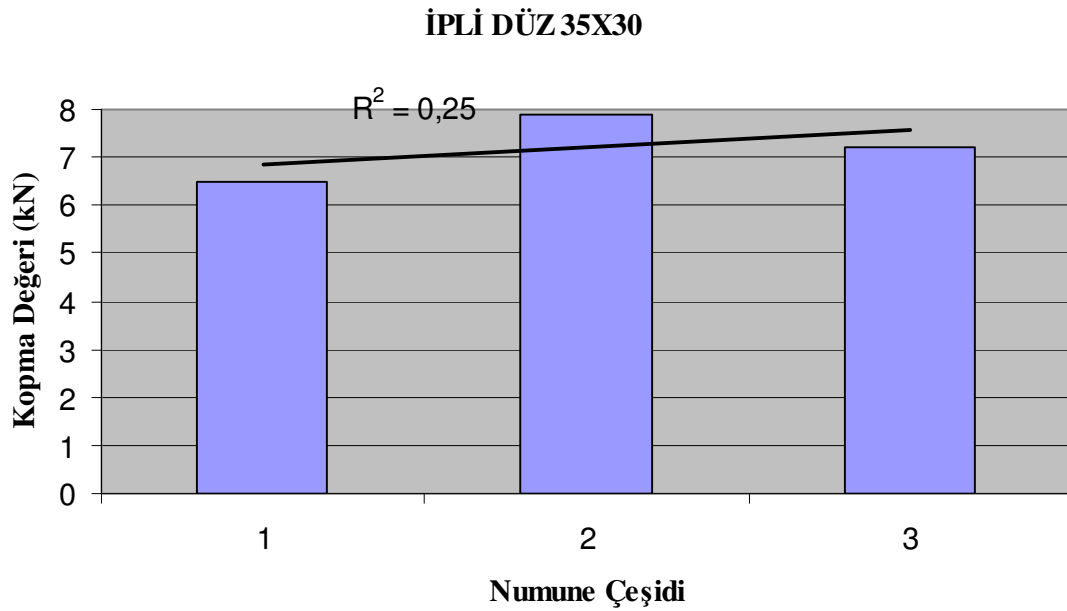
DÜZ 55X30



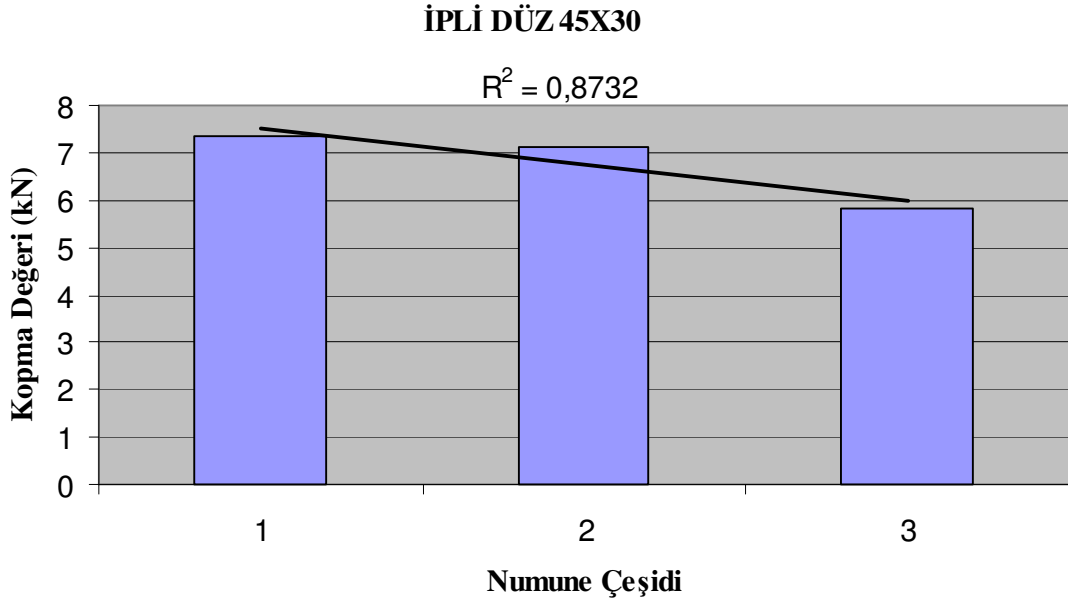
Şekil 6.10 m=55 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri



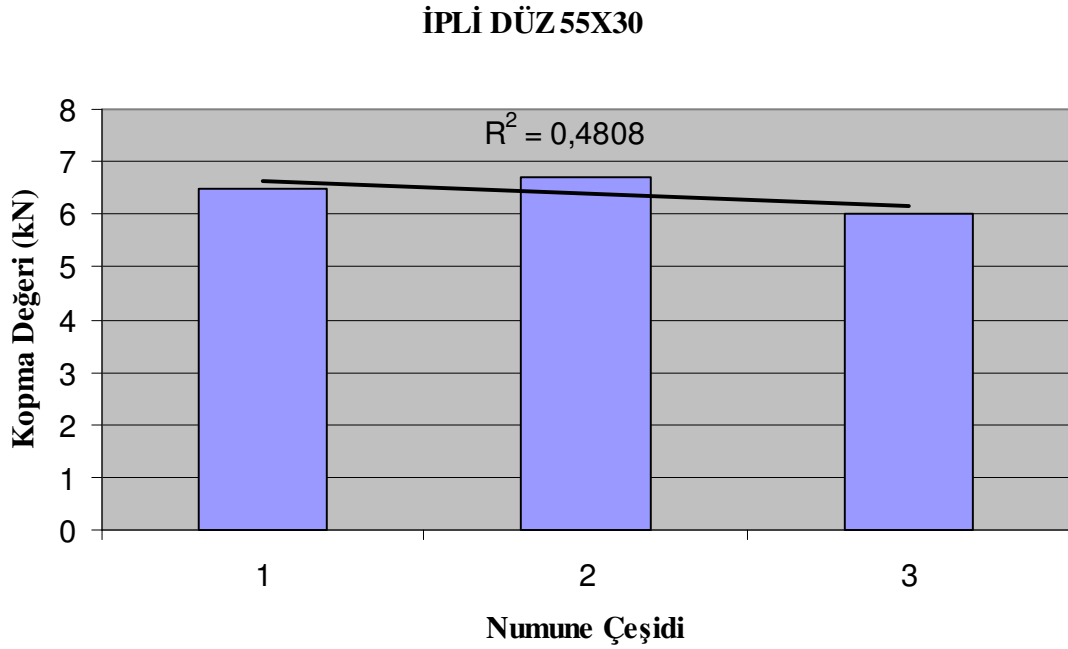
Şekil 6.11 m=25 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri



Şekil 6.12 m=35 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri

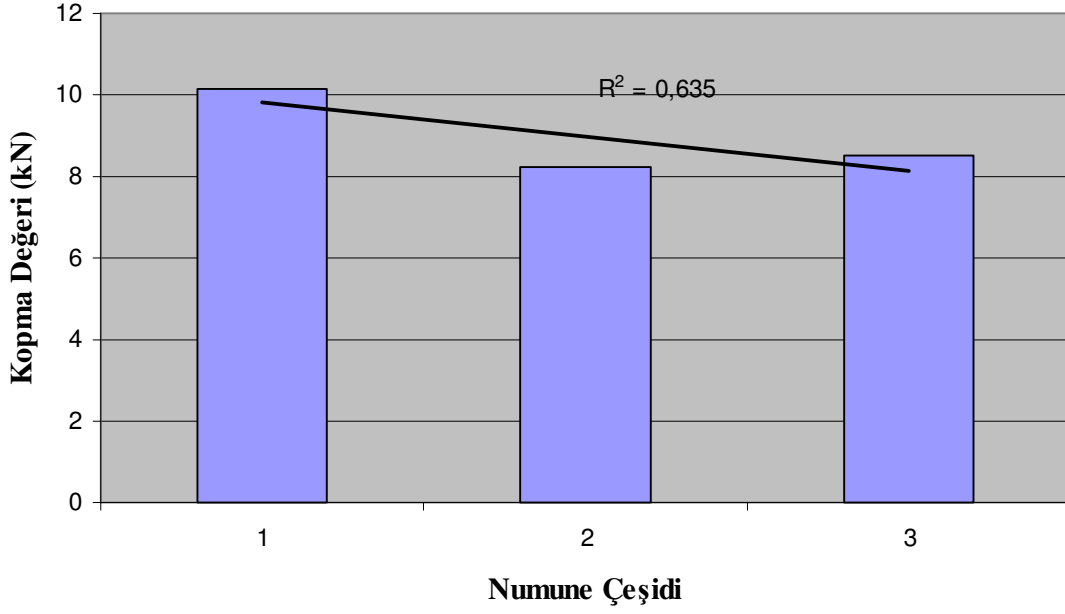


Şekil 6.13 $m=45$ mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri



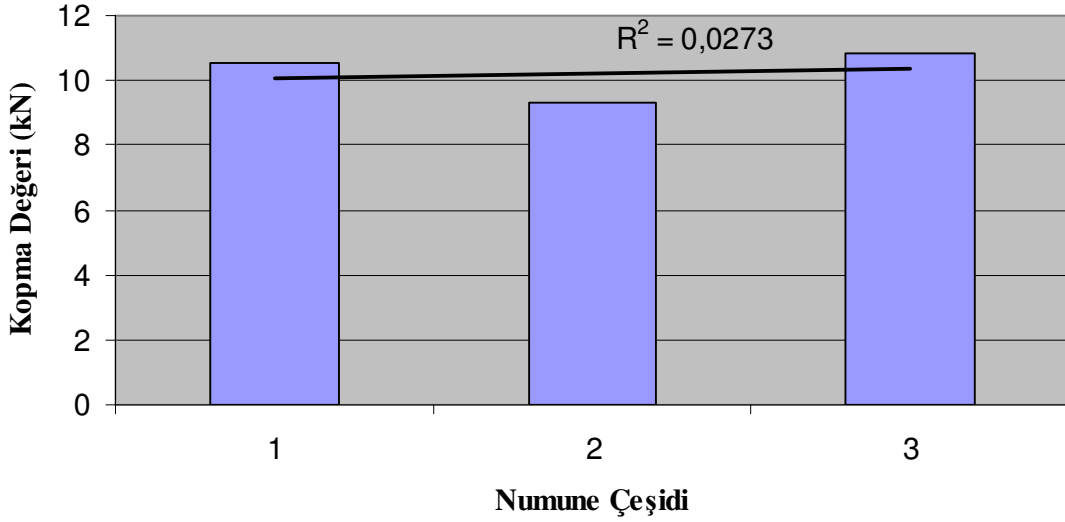
Şekil 6.14 $m=55$ mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri

İPLİ DÜĞÜMLÜ 25X30



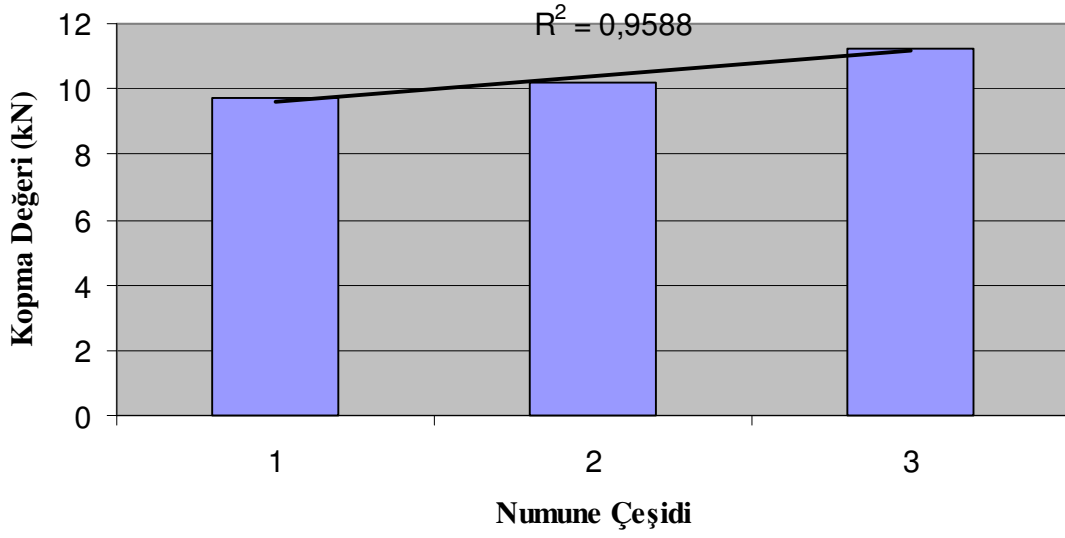
Şekil 6.15 m=25 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri

İPLİ DÜĞÜMLÜ 35X30



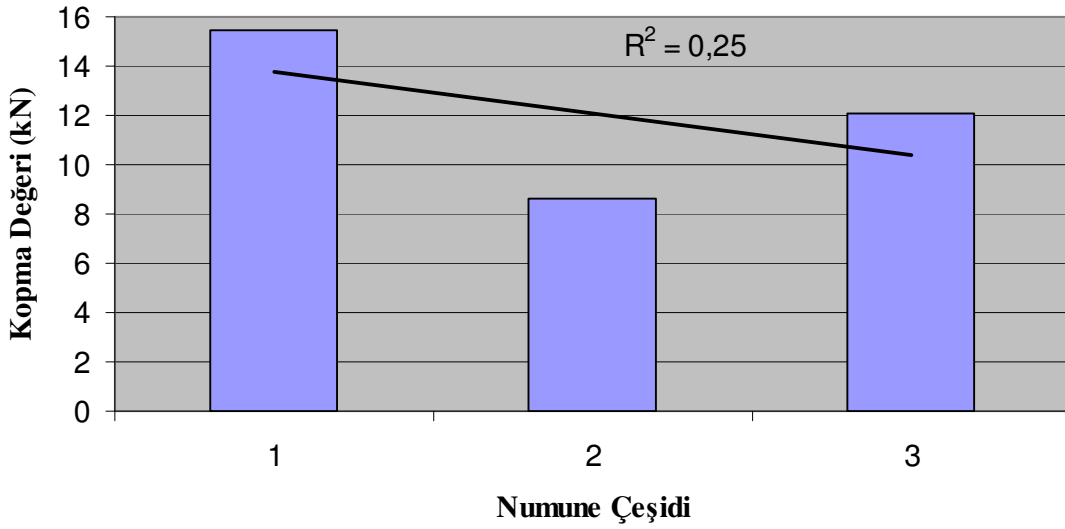
Şekil 6.16 m=35 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri

İPLİ DÜĞÜMLÜ 45X30



Şekil 6.17 m=45 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri

İPLİ DÜĞÜMLÜ 55X30



Şekil 6.18 m=55 mm olan kompozit plakanın yapıştırıcı bağlantılı kopma değerleri

6.1 Deney Numunelerinin Resimleri

Hasara uğramış kompozit plakaların yapıştırma ve perçin bağlantılı resimleri aşağıda verilmiştir. Hem deney deney öncesi hemde deney sonrası resimlerde anlaşıldığı gibi lifli ve düğümlü tamirat bize grafiklerde görüldüğü gibi ciddi bir dayanım vermektedir.



Resim 6.1 Lifli ve düğümlü kompozit tamiratı



Resim 6.2 Lifli ve düğümlü kompozit kopmuş hali



Resim 6.3 Sadece lifli kompozit tamirati



Resim 6.4 Sadece lifli kompozitin kopmuş hali



Resim 6.5 Pimli bağlantılı kompozit tamirati



Resim 6.6 Pimli bağlantılı kompozitin kopmuş hali

7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Alternatif bir bağlantı yöntemi olan yapıştırıcı giderek hayatımızın her alanına girmiş ve her ortamda kullanılmaktadır. Bununla beraber tasarımcının elinde sağlıklı veriler bulunmamaktadır. Yapıştırıcının en fazla kullanıldığı ortamlarda tasarımcılara sağlıklı veri sunmak için yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Günümüzde düşük özgül ağırlığa karşılık yüksek mukavemet ve korozyona dayanıklılığı, iyi şekillenebilme özelliği ve yorulmaya karşı iyi dayanımı nedeniyle kompozit malzemeler metal malzemelere nazaran daha fazla tercih edilmektedir. Fiber takviyeli kompozit malzemeler uçaklarda, uzay araçlarında, otomobillerde, spor malzemelerinde, mimari tasarımlarda yaygın olarak kullanılmaktadır .

- Fiber takviyeli kompozitle bağlanan yapılar birbirleriyle veya metallerle birleşimleri perçin ve yapıştırma bağlantılarla yapılmaktadır. Bağlantı yüke maruz kaldığında pim bağlantı noktaları gerilme yığılmaları nedeniyle büyük problemler oluştururlar. Bunun için tasarımcılar bağlantı noktalarının yüke az maruz kalmasına özen gösterirler. Tabiki bu her zaman mümkün olmamaktadır. Bütün perçin bağlantı noktaları zayıf nokta olduğundan, konstrüksiyon mukavemeti perçin bağlantının mukavemetine bağlıdır. Bunun için bu bağlantıların tasarımı iyi bir şekilde yapılmalıdır.

- Pim bağlantılar, özel yüzey işlemlerine gerek kalmadan hasarsız olarak kolayca çözülebilir. Fakat deliklerde gerilme yığılmaları oldukça fazladır. Hasar muayenesi kolaydır. Buna karşın yapıştırıcı birleştirmeler düşük gerilme konsantrasyonuna maruz kalır. Muayenesi kolay değildir. Bağlantı yapılırken yüzeyi hazırlamak oldukça güçtür. Ayrıca çevre şartlarından etkilenir.

- Yapıştırma bağlantılarının durabilitesini değerlendirmek için bu bileşenlerin dış yüklere, mekanik yada çevresel faktörlere karşı nasıl tepki vereceğinin iyi anlaşılması gerekir. Yapıştırma bağlantıların performansı ve durabilitesi, bunların dışında malzeme ve yapıştırıcı özelliklerine, malzeme ve yapıştırıcı arasındaki fiziksel- kimyasal iç etkileşime, bağlantı şartlarına, bağlantı geometrisine, bağlantıdaki artık gerilmelere ve

yapıştırma hattındaki hatalara bağlıdır. İyi bir yapışma ve optimum bağlantı performansı verecek yapıştırıcı-malzeme kombinasyonu için yukarıdaki faktörlerin hesaba katılması gerekir

- Deneyler hem pimli hemde yapıştırma bağlantılı yapılmıştır. Çünkü bu kadar yaygın olarak kullanılan kompozit malzemelerin kullanım yerlerine göre en uygun bağlantı seçilebilmesi için deney sonuçlarını iyi incelemek ve hasar bölgesinin ne tür bir tamiratla iyileştirilmesine karar verebilmek için hem perçinli hem de yapıştırılmalı bağlantı yapılmıştır.

- Deney sonuçlarında elde edilen verilere göre aynı boyutlardaki malzemelerin hasarlı bölgelere cam elyaflı lifler atılarak reçineyle takviyesi sonucu bölgedeki mukavemet değerleri pimli bağlantıya nazaran daha yüksek çıkmıştır. Şekil 6.6 ' da düz yapıştırılmalı plakalara nazaran lifli bağlantının mukavemet değerleri daha yüksek çıkması ve hatta aradaki lifleri düğüm şeklinde atarsak iki katından daha fazla mukavemet göstermesi bize hasarlı bölgeye lif atmamız gerektiğini göstermektedir.

- Yapıştırma yoluyla birleştirilecek parçaların bağlantı şekilleri özel olarak tasarlanmalıdır. Gerilme ve yükleri düşünmeksizin yapıştırma bağlantısını tasarlamak hatalıdır

- Kesme yükleri yapıştırılan alanın tümüne düzgün etki etmez. Bu tür yüklemelerde yapışma alanının tamamının etki altında olması bağlantı ömrünü arttırarak ekonomiklik sağlar. Mümkün olduğu yerlerde bağlantılar yükün büyük bir kısmı kesme yükü olarak iletilebilecek şekilde oluşturulmalıdır.

- Yüzey pürüzlülüğü de yapıştırma bağlantılarının mukavemetine önemli derece etki eder. Yapıştırıcının pürüzler arasına girip sertleşmesi bir şekil bağı meydana getirir. Bu nedenle, yapıştırılacak yüzeylerin çok parlak olmaması gerekir. Ancak pürüzlerin mukavemete ne derece etkidiğini tayin etmek zordur. İleri ki çalışmalarda liflerin malzemesi ve konfigrasyonu değiştirilmek koşuluyla yeni çalışmalar yapılabilir.

8. KAYNAKLAR

- Adams, R.D., and Wake, W.C., 1984, "Structural Adhesive Joint in Engineering".
Elsevier.Science Publisher, London
- Bağda, E., 1976, "Polimer Kimyası", M.E.Sungur Kaymak Mini Kitap Sarayı, Ankara
- Brandon, D., and Kaplan, W.D., 1997, "Joining Processes."John Wiley and
Sons, 290, Chichester, England
- Deryaguin, B. V., 1948, " Research", 8, 70.
- Fowkes, F. M., 1972, "Journal of Adhesion", 4, 155.
- Gutowski, W., 1991, " Fundamentals of Adhesion", L. H. Lee (Ed.), Plenum Pres, New
York.
- Huntsberger, J. R., 1981, " Treatise on Adhesion and Adhesives", Vol. 5, R. L. Patrick
(Ed.), Marcel Dekker, Inc., New York.
- Jennings, C. W., 1972, " Journal of Adhesion ", 4, 25.
- Kayacan, R., 1988, " Yapıştırma ve metal bağlantılar için yapıştırıcı kullanımı", Yüksek
Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul
- Kemball, C., 1961, "Adhesion , D. D. Eley (Ed.) ", Oxford University Pres, London.
- Kinloch, A. J., 1987, " Adhesion and Adhesive Science and Technology", First Edition,
Chapman and Hall.
- Loctite Global Tasarım El Kitabı, 1998. Erasmusdruck GmbH, Mainz, Germany

McBain, J. W., and Hopkins, D. G., 1925, “ Journal of Physical Chemistry”,29, 188.

Mittal, K. L., 1976, “Journal of Vacuum Science and Technology”, 13, 19.

Parvatareddy, H., 1997, “ Durability of polyimide adhesives and their bonded joints for high temperature application”, Ph. D. These, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.

Petrie, E.M, 1975, “ Handbook of Plastics and Elastomers”, McGraw-Hill, New York.

Sharpe, L. H., and Schonhorn, H., 1963, “Chemical Engineering News”, 15, 67.

Skinner, S. M., Savage, R. L., and Rutzler, J., 1953, “Journal of Applied Physics ”, 24, 439

TAI (Turkish Aerospace Industries) Eğitim Notları

Venables, J. D., McNamara, D. K., Chen, J. M., Sun , T. S, and Hopping, R. L., 1979, “Applied Surface Science”, 3, 18.

Voyutskii, S. S., 1963, “ Autohesion and Adhesion of High Polymers”, Wiley Interscience , New York.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Zakir POLAT
Doğum Yeri	Erzurum/İspir
Doğum Tarihi	10.10.1981
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dili	İngilizce
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)	
Lise	Orhangazi Anadolu Teknik Lisesi/ 2000
Lisans	Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği
Yüksek Lisans	
Bilim Makine A.Ş	2004–2005
Gümüş Makina	2005-