

**T.C.
ADYAMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**METAL KUMAŞ İÇERİKLİ KOMPOZİT LEVHALARIN MUKAVEMET
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Kübra GİDEROĞLU

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADYAMAN, 2022

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

METAL KUMAŞ İÇERİKLİ KOMPOZİT LEVHALARIN MUKAVEMET ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Kübra GİDEROĞLU

Adıyaman Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Şerif ÇİTİL
Yıl : 2022

Kompozit malzeme, iki veya daha fazla malzemenin kendi özelliklerinden daha iyi özellikte yeni bir malzeme oluşturmak için bir araya getirilerek oluşturulurlar. Uzay, havacılık, otomotiv, savunma sanayinde enerji tasarrufu sağlaması için, hafif, aşınma direnci yüksek, yoğunluğu düşük, mukavemeti yüksek parça ve bileşenlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada metal ve metal olmayan malzemeleri bir araya getirilerek mukavemeti yüksek, yoğunluğu düşük kompozit malzeme imalatına gidilmiştir. Günümüzde özellikle havacılık ve uzay alanında, insansız hava araçlarında (İHA) veya silahlı insansız hava aracı (SİHA) araçlarında yakıt tasarrufu sağlanması için, yoğunluğu düşük, mukavemeti yüksek malzeme imalatı için çalışmalar devam etmektedir. Dış ve iç aksamdaki kullanılacak malzemelerin yoğunluğu ne kadar düşerse, aracın kalkışında daha az enerji sarf etmesine, uçuş süresi artmasına ve maliyetin düşürülmesine sebep olacaktır. Metal ve metal olmayan malzemeler kullanılarak kompozit malzeme üretimine gidilmiş olup, Al 6061 T4 kumaş ile poliheksametilen adipamit (naylon), monofilament (misina) kumaş malzemeler birleştirilerek üretim gerçekleştirilmiştir. Kumaş malzemeler 300x300 mm ölçülerinde kesilmiş olup, birleşmeleri için FM73 yapısal film yapıştırıcı kullanılmıştır. Oluşturulan matris ve takviye malzemeleri bir kalıba yerleştirilerek 120⁰C sıcaklıkta, 0.28 MPa basınç altında preslenip yapıştırıcının kürleşmesi için 120 dakika bekletilmiştir. Oluşturulmuş olan kompozit plakalar, ASTM D412 (American Society for Testing and Materials) standartına göre kesilerek bulk numuneleri oluşturulmuştur. Numuneler çekme cihazında çekilerek mekanik özellikleri incelenmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonrasında, sırasıyla metal- poliheksametilen Adipamit, metal- monofilament, metal-metal karma kumaşlar ile yapılan kompozit malzemelerin taşıdığı hasar yüklerinin ve yoğunluğun arttığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kompozit malzeme, Metal kumaş, Çekme dayanımı, Yapıştırıcı

ABSTRACT

MSc Thesis

EXAMINATION OF THE STRENGTH EFFECTS OF METAL FABRIC COMPOSITE PLATES

Kübra GİDEROĞLU

Adiyaman University
Graduate Education Institute
Department of Mechanical Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Şerif ÇİTİL
Year : 2022

The composite material, or two more, will be combined to form a new material with better properties than its own. For aerospace industry, light industry, its abrasiveness can be increased in light industry.

In this study, metal and non-metal materials were brought together to produce high-strength and low-strength materials. Today, perhaps in industrial and space, to continue for help from these vehicles from unmanned aerial vehicle (UAV) or unmanned vehicles (UAV), for studies for small, high-strength material studies. How long is the usage time in the exterior and interior parts. Metal and non-metal are made, composite material production⁶¹ can be formed by combining Al T4 with polyxamethylene adipamide (nylon), monofilament. Fabric fabrics are equipped with 300x300 mm hardware and FM73 hardware is used for models. The formed matrix and reinforcing material was placed in a 120⁰ C, pressed by 0.28 MPa and left for 120 minutes for complete curing. The created composite plates are cut according to ASTM D412 (American Society for Testing and Materials) standard and sample samples. Samples can be drawn by examining and comparing mechanical properties. Adipamide has been observed next to the worn loads and transports made with metal-polyhexamethylene, metal-monofilament, metal-metal mixtures.

Keywords: Composite material, Metal fabric, Tensile strength, Adhesive

BEYAN

“Metal kumaş içerikli kompozit levhaların mukavemet etkilerinin incelenmesi” başlıklı tezimde çalışmaların tamamen akademik kurallara ve etik değerlere sadık kalınarak yürütüldüğünü ve yazımda yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ayrıca alıntılardan bilimsel etiğe uygun atıf yaparak yararlanmış olduğumu beyan ederim.

Kübra GİDEROĞLU

imza



TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde bana her konuda yardımcı olan, önerileri ile beni yönlendiren, deneylerin yapılması ve sonuçların değerlendirilmesinde desteklerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Şerif ÇİTİL'e teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışması sırasında yanımda olan değerli mesai arkadaşlarım Ayşe AKIN, Ayşe GÜLER ve A. Enes AYDIK'a teşekkürü bir borç bilirim. Bütün eğitim hayatım boyunca beni maddi manevi destekleyen aileme ve yeğenim Asya ÇELİK'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
BEYAN.....	III
TEŞEKKÜR.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
RESİMLER DİZİNİ.....	VIII
KISALTMALAR.....	IX
1. GİRİŞ	1
1.1. Birleştirme Teknikleri	2
1.1.1. Mekanik Birleştirme	2
1.1.2. Termal Birleştirme	3
1.1.3. Yapıştırıcı ile birleştirme	3
1.1.4. Kohezyon Kuvveti	5
1.1.5. Adezyon Kuvveti.....	6
1.2. Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları.....	7
1.3. Kompozit Malzemelerin Avantajları	8
1.4. Kompozit Malzemelerin Dezavantajları.....	9
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM	16
3.1. Kompozit Levha Üretimi.....	16
3.2. Yapıştırıcı Malzeme	19
3.3. Yüzey Hazırlama.....	20
3.4. Deneysel Yöntem.....	21
4.BULGULAR ve TARTIŞMA.....	23
4.1.Deneysel Sonuçlar	23
5.SONUÇ ve ÖNERİLER.....	29
6.KAYNAKÇA	31
KİŞİSEL BİLGİLER.....	34

TABLO DİZİNİ

Tablo 3.1 Al 6061 T4 fiziksel ve mekanik özellikleri.....	19
Tablo 3.2 Poliheksametilen adipamit fiziksel ve mekanik özellikleri.....	19
Tablo 3.3 Monofilament fiziksel ve mekanik özellikleri.....	19
Tablo 3.4 Al 1050 fiziksel ve mekanik özellikleri.....	19
Tablo 4.1 Al 6061 T4-Al 6061 T4 (Tip-I) gerilme-şekil değiştirme değerleri.....	24
Tablo 4.2 Al 6061 T4-Poliheksametilen (Tip-II) adipamit gerilme-şekil değiştirme değerleri.....	26
Tablo 4.3 Al 6061 T4-Monofilament (Tip-III) gerilme-şekil değiştirme değerleri.....	27
Tablo 4.4 Numune ortalama değerleri.....	28

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Kompozitlerin Sınıflandırılması.....	1
Şekil 1.2 Kaynak, perçin ve yapıştırıcılarla birleştirmede oluşan gerilme yığılmaları.....	4
Şekil 1.3 Otomobilde yapıştırıcı kullanılan kısımlar.....	4
Şekil 1.4 Uçaklarda yapıştırıcı kullanılan kısımlar.....	5
Şekil 1.5 Yapıştırma bağlantısında Adezyon ve kohezyon kuvveti.....	5
Şekil 1.6 Temel hasar modelleri.....	7
Şekil 1.7 Airbus firmasının A-380 modelinde kullanılan kompozit malzemeler.....	8
Şekil 3.1 Al 6061 T4 (Tip-I) kumaş içerikli kompozitin şematik gösterimi.....	17
Şekil 3.2 Poliheksametilen adipamit (Tip-II) kumaş içerikli kompozitin şematik gösterimi.....	18
Şekil 3.3 Monofilament (Tip-III) kumaş içerikli kompozitin şematik gösterimi.....	18
Şekil 3.4 Fm73 film yapıştırıcı (a) ve gerilme şekil değiştirme diyagramı (b).....	20
Şekil 4.1 Al 6061 T4-Al 6061 T4 (Tip-I) gerilme-şekil değiştirme grafiği.....	23
Şekil 4.2 Al 6061 T4-Al 6061 T4 (Tip-I)ortalama gerilme grafiği.....	24
Şekil 4.3 Al 6061 T4-poliheksametilen adipamit (Tip-II) gerilme-şekil değiştirme grafiği.....	25
Şekil 4.4 Al 6061 T4-poliheksametilen adipamit (Tip-II) ortalama gerilme grafiği.....	25
Şekil 4.5 Al 6061 T4-monofilament (Tip-III) gerilme-şekil değiştirme grafiği.....	26
Şekil 4.6 Al 6061 T4-monofilament (Tip-III) ortalama gerilme grafiği.....	27
Şekil 4.7 Tip-I, Tip-II, Tip-III numunelerin ortalama gerilme-şekil değiştirme grafiği.....	28

RESİMLER DİZİNİ

Resim 3.1 Kompozit levha üretimi ve kalıp.....	16
Resim 3.2 Atkı ve çözgü aralıkları.....	16
Resim 3.3 Numune üzerindeki atkı ve çözgü aralıkları.....	17
Resim 3.4 Numune yüzey hazırlama aşamaları.....	20
Resim 3.5 Plaka halinde hazırlanan numuneler.....	21
Resim 3.6 Kalıp içerisine yerleştirilmiş prese hazır numuneler.....	21
Resim 3.7 Çekme cihazı.....	22
Resim 3.8 Çekme testi için hazırlanan numuneler.....	22
Resim 3.9 Çekme cihazında kopan numune.....	22
Resim 4.1 Hasar sonrası deney numuneleri.....	23

SİMGELER VE KISALTMALAR

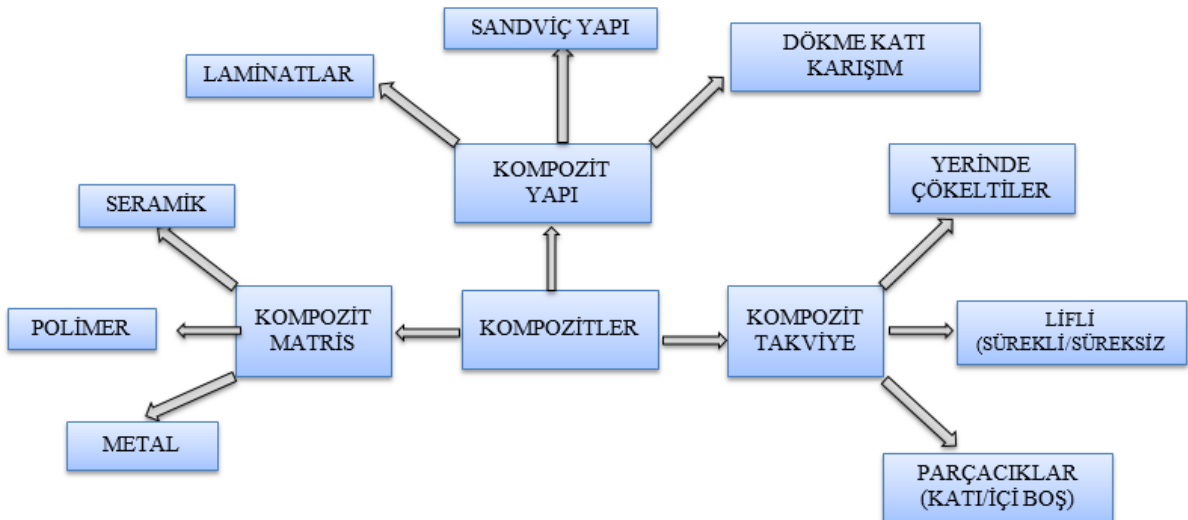
Kısaltmalar

AMK	: Alüminyum Matrisli Kompozit
ASTM	: Amerikan Test ve Malzeme Kurumu
CMC _s	: Seramik Matrisli kompozit
CTP	: Cam Takviyeli Plastik
FEA	: Sonlu Elemanlar Analizi
FEM	: Sonlu Elemanlar Yöntemi
FRP	: Elyaf Takviyeli Plastik
OC	: Owens Corning
MMC _s	: Metal Matrisli kompozitler
MMK	: Metal Matrisli Kompozit
SLJ	: Tek Bindirmeli Bağlantı

1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler, iki veya daha fazla bileşenin daha iyi özelliklere sahip olan yeni bir malzeme üretmek için bir araya getirilmesidir. Birçok mühendislik uygulamasında, hafiflik, darbelere karşı dayanıklılık, ısı direnç yüksekliği, korozyon direnci gibi özelliklerinden dolayı kullanılan malzemelere karşı alternatif olarak tercih edilmektedir. [1]

Bir kompozit için malzemede süreksiz bileşen takviye olarak isimlendirilir ve takviyeyi çevreleyen sürekli yapı ise matris olarak isimlendirilir. Uygulama aşamasında kompozit malzeme bir matris malzemesi ve temel amacı matrisin dayanıklılığını ve rijitliğini arttırmak için eklenen bir takviye malzemesi içermektedir. Kompozit malzemelerin kullanılan geleneksel bileşenlere göre birçok avantajı bulunmaktadır. Birçok kompozit malzeme hafif malzemelerden oluşmasına rağmen mekanik özellikleri oldukça iyidir. Bu nedenle, kompozit malzeme özgül mukavemet ve modül değerleri de fazlasıyla yüksektir. Çok fazla ısı iletkenlik, korozyon direnci ve hava şartlarına karşı dayanıklıdır. Uygun şartlardaki matris ve takviye elamanı ile çok iyi sonuçlar elde edilmektedir. Kompozitlerin sınıflandırılması şekil 1.1 de görülmektedir. [2]



Şekil 1.1 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Metal matrisli kompozitler (MMK), belirli özelliklere ulaşmak için farklı malzeme kombinasyonları ve malzeme tasarlanmasına olanak sağlayan çok çeşitli matrisler ve takviye türlerine sahiptir. Alüminyum matrisli kompozitler (AMK), düşük yoğunluk ve yüksek yapısal özelliklerin tercih edilmesinden dolayı en fazla gelişim gösteren kompozit türü olmaktadır. [3]

Kompozit malzemeler temel olarak geleneksel malzemelerin bir takım özelliklerinin bir veya birden fazlasını daha güçlü hale getirmek amacıyla yapılmaktadır. Bunlar;

- Mukavemet
- Korozyon dayanımı
- Isıl dayanım
- Elektrik iletkenliği
- Ses iletkenliği
- Ağırlık
- Estetik görünüm
- Ücret

olarak sınıflandırılabilir. [4]

1.1. Birleştirme Teknikleri

Birleştirme teknikleri aşağıdaki gibi 3 ana başlık altında toplanabilir.

- Mekanik Birleştirme; cıvata, vida, perçin
- Termal Birleştirme; pirinç lehim veya lehim
- Kimyasal Birleştirme; yapıştırıcı.

1.1.1. Mekanik Birleştirme

Bu prosedür ile oluşturulan birleştirmede malzeme üzerinde delik olması gerekmektedir. Mukavemet açısından boşluk oluşturulan bölgede zayıflama meydana gelecektir. Delik açılmış olan bölgeye yük uygulandığında, bağlantı noktaları zayıf olduğu için daha fazla gerilmeye maruz kalmaktadır. Birleştirilmiş malzemenin mukavemetli olması için daha güçlü parçalar tercih edilmelidir. Bu şekilde de bağlantı alanında ağırlık artışı ekonomik artış meydana gelmektedir.

1.1.2. Termal Birleştirme

Bu birleştirme yönteminde aynı olan malzemelerin lehim veya kaynak yöntemi kullanılarak ısı ile işlem ile birleştirilmesidir. Bu yöntem daha sonra sökülebilir bir birleştirme değildir. Termal birleştirme işlemi esnasında yüksek sıcaklık meydana gelmektedir ve tercih edilmeyen gerilmelere neden olmaktadır. Bu nedenle parçalarda yorgunluk ve metal özelliklerinde değişimler oluşmaktadır.

1.1.3. Yapıştırıcı ile birleştirme

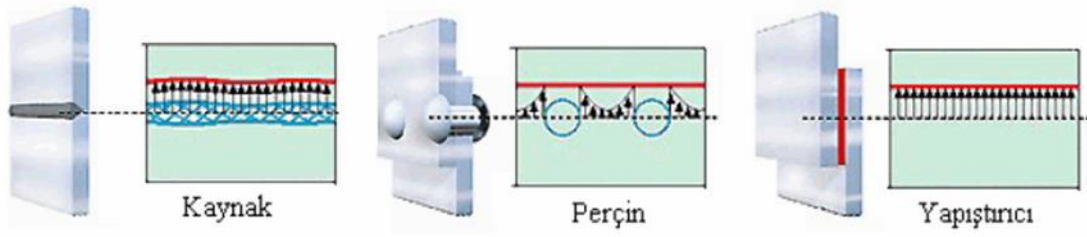
Aynı veya birbirinden daha farklı kriterlere sahip malzemelerin en az iki tanesinin birbirine adhezyon gücü ile güçlü bir şekilde birbirine bağlanması işlemidir.

Avantajları:

- Metal ve polimer gibi farklı parçaları birleştirebilme,
- Homojen gerilme dağılımı,
- Ana malzemelerin özelliklerini koruma,
- Sızdırmazlık malzemesi olarak tercih edilebilir,
- İnce metal malzemeler güçlü bir şekilde birleştirebilir,
- Bağlantılara çok iyi dinamik-yorulma dayanımı sağlama,
- Ekonomik olarak tercih edilen,
- Farklı ve karmaşık geometrileri birleştirme,
- Korozyon mukavemeti geliştirilebilir,
- Hafiflik,
- Titreşimi azaltma.

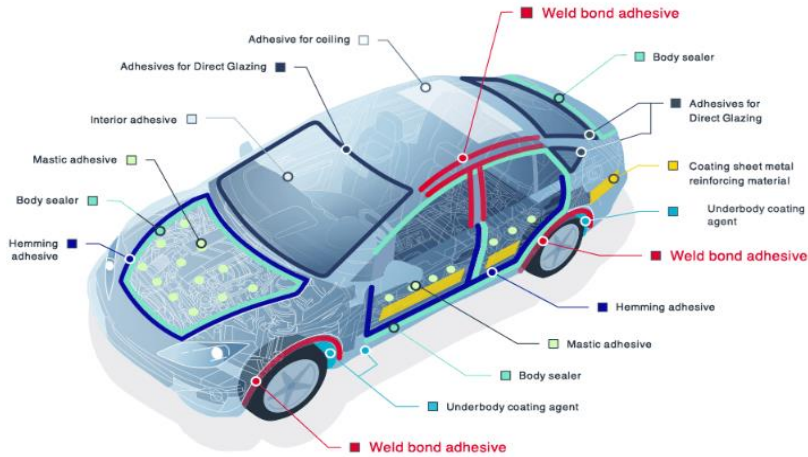
Dezavantajları:

- Uzun süreli kullanımı için bazı yüzey işlemleri ihtiyacı,
- Yapıştırıcıların üst çalışma sıcaklık değerleri sınırlıdır,
- Çekme ve kayma olaylarında dayanım ve tokluk değerleri daha düşüktür.[5]

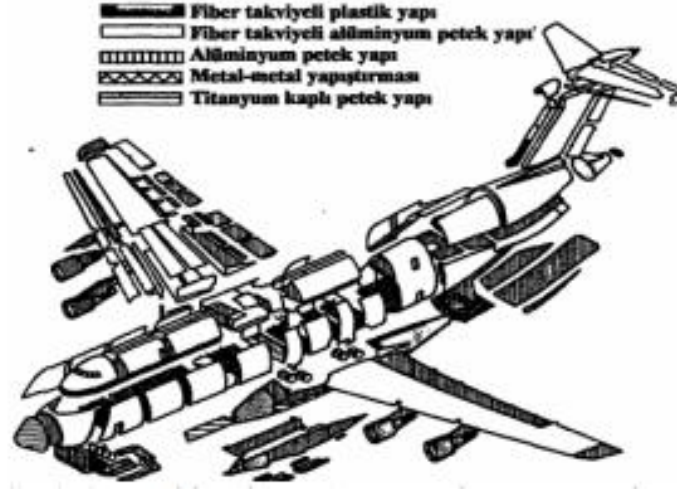


Şekil 1.2 Kaynak, perçin ve yapıştırıcılarla birleştirmede oluşan gerilme yığılmaları [6]

Yapıştırma bağlantılarının bu şekilde olan avantajları ile hafiflik, daha az alan kaplama ve birbirinden farklı malzemeleri bir araya getirme özellikleri gösterilmektedir. Yapıştırıcı ile birleştirme, geleneksel birleştirme yöntemlerine göre kolay oluşu, maliyet düşüklüğü, hafif oluşu ile malzemeleri birleştirme yöntemleri arasında yaygınlaşmasına olanak sağlamaktadır. İlaveten gerilme yığılmalarını giderdiği (Şekil 1.2) korozyona karşı mukavemetli ve yorulma kullanım süresi daha fazla olduğu için kompozit elemanlarda oluşan hasarın tamir edilmesinde kullanılabilir. Bu yüzden otomotiv, uzay, havacılık alanlarında fazlaca kullanılmaktadır. Uçak ve otomotiv konstrüksiyonlarında kullanılan ve yapıştırıcı kullanılarak üretilen parçalar (Şekil 1.3 ve Şekil 1.4) görülmektedir. [7]



Şekil 1.3 Otomobilde yapıştırıcı kullanılan kısımlar [6]



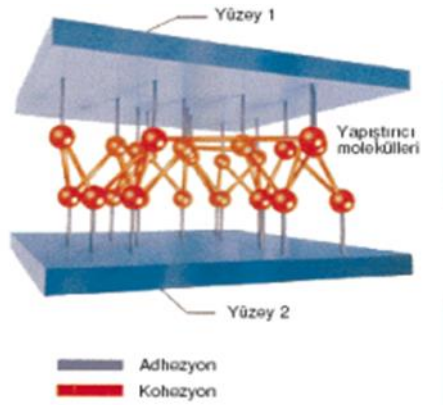
Şekil 1.4 Uçaklarda yapıştırıcı kullanılan kısımlar [7]

1.1.4. Kohezyon Kuvveti

Yapıştırıcıyı beraber tutan moleküller arasındaki kuvvettir. Kohezyona etki eden kuvvetler;

- Moleküllerin kendi içindeki çekim kuvveti (Van der Waals kuvveti)
- Polimer moleküllerin kendi içinde tutulması.

olarak sınıflandırılabilir. [8]

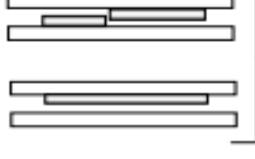


Şekil 1.5 Yapıştırma bağlantısında Adezyon ve kohezyon kuvveti [5]

1.1.5. Adezyon Kuvveti

İki kesit arasında, bağ oluşturarak ya da iki malzemenin iç içe geçmesi ile oluşan, bir arada tutunabilmesi için ihtiyaç duyulan kuvvettir. Yapıştırıcı, kesitlerdeki pürüzlü kısımlara tam değme gerçekleştiremezse, bu moleküller arasındaki kuvvet epeyce düşük olacaktır. Bu yüzden yapıştırıcının alan pürüzlerine tam olarak temas etmesi, bütün alanı ıslatması gerekir. Bu yüzden yapıştırıcının kuvveti hem alanın ıslatılmasına hem de alanın yapışma hususi kriterlerine bağlıdır. Kesitte olan kirlerde ıslatmayı olumsuz yönde etkilemektedir. [5]

Temel hasar modellerinin belirlenmesi, yapıştırıcı ile oluşturulan bağlantıya güç uygulandığında hasar tiplerinin sınıflandırılmasına ve mekanik test verilerinin daha iyi bilinmesine olanak sağlar. Temel hasar tipleri (Şekil 1.6) aşağıda gösterilmiştir. Karakterize edilmiş hasar tiplerine bakılarak, farklı bindirme şartlarında yapıştırma bağlantılarının ya da yapıştırıcının mekanik kriterleri öğrenilebilmektedir. Birden fazla malzeme veya parçanın yapıştırıcı ile bir arada oluşturulduğu yapıştırma bağlantılarında çoğunlukla iki çeşit hasar modeliyle (adhezyon kohezyon) karşılaşılır. [9]

	Hasar Tipleri	Tanımlanma Şekli
Yapıştırılan Malzeme	 Yapıştırılan malzemelerin biri veya ikisinde de hasarın oluşması	YH
	 Kohesiv yapıştırılan malzeme hasarı	KYH
	 Kalkma (Delemantasyon) yoluyla hasar	DH
Yapıştırıcı	 Kohezyon hasarı	KH
	 Özel kohezyon hasarı	ÖKH
	 Adhezyon hasarı	AH

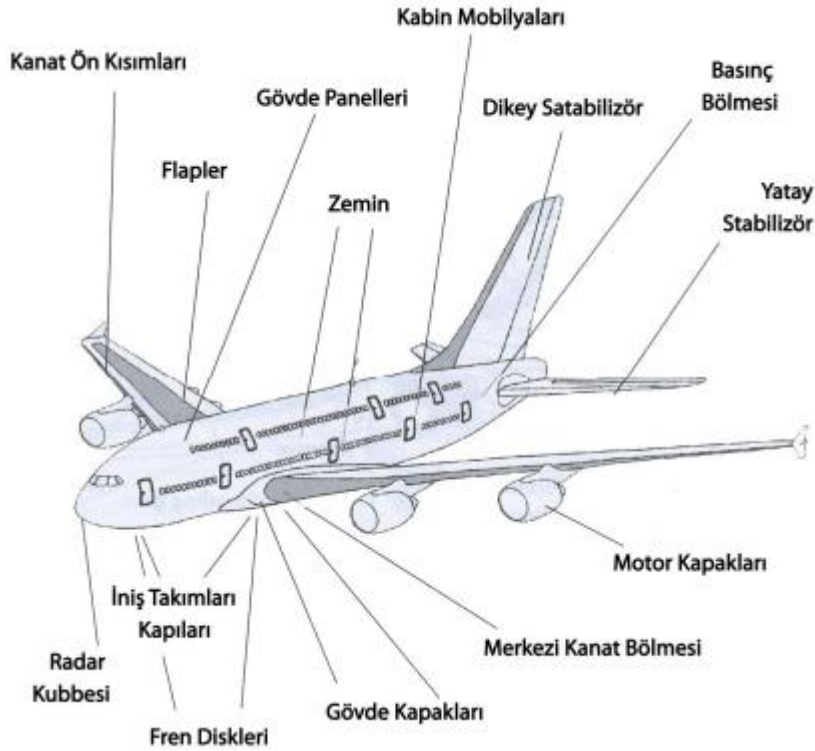
Şekil 1.6 Temel hasar modelleri [9]

1.2.Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları

Kompozit malzemeler günümüzde hemen hemen bütün sektörlerde tercih edilmeye başlamıştır. Bu sektörler aşağıda açıklanmıştır;

- Havacılık ve savunma sanayi uçak gövdesinde, vb
- Deniz ulaşımı tekne gövdesi, yat, basamaklar, yelken direkleri, vb
- Kara ulaşımı; kabinler, toplu taşıma oturakları, vb
- Otomotiv kaporta, dikiz aynaları, pedallar, far gövdesi, gösterge panelleri, vb
- Spor su kayağı, tenis raketleri, vb
- Sağlık tıbbi cihazlar, tekerlekli sandalye, vb
- Müzik keman, gitar, vb
- Yapı küvet, lavabo, taşıyıcı konstrüksiyon, vb
- Enerji, rüzgar türbinleri, enerji iletim kabloları, vb
- Tanklar ve basınçlı kaplar su tankları çeşitli kaplar, vb

alanlarda ve daha birçok farklı sektörde tercih edilmektedir. [1]



Şekil 1.7 Airbus firmasının A-380 modelinde kullanılan kompozit malzemeler [25]

1.3. Kompozit Malzemelerin Avantajları

Kompozit malzemeler olarak iyi çalışma özelliği, hafif olması, yüksek ısıya dayanımı gibi durumların gerekli olduğu alanlar için üretilmektedir. Kompozit malzemelerin diğer avantajları aşağıda gibi gösterilebilir:

- Kompozit malzemeler farklı uygulama yerlerinde mekanik ve fiziksel kriterlerinden, birçok metalin yerine tek başına tercih edilebilmektedir.
- Kompozit malzemelerin çekme ve eğilme dayanımları çok fazladır.
- Kompozit malzemelerin özgül dayanımları çok fazladır (yoğunluk-dayanım oranı). Özgül dayanım değerlerinden ötürü daha hafif yapıya sahiptirler. Bu avantajları nedeniyle hava araçlarının ve otomotiv sektöründe daha hızlı gidebilmelerine olanak sağlamaktadır.
- Yorulma dayanımları daha yüksektir, alüminyum ve çelik alaşımlara göre bazı karbon/epoksi kompozitler %40'lara kadar daha iyi yorulma dayanımına sahip olabilmektedir.
- Kompozit malzemeyi oluşturan malzemeler ısı iletim katsayısı düşük olarak seçildiği sürece, ısıya daha çok dayanıklı, yüksek sıcaklıklarda çalışabilen kompozit malzemeler üretilmektedir. Bu şekilde olan uygulamalar için daha çok seramik matrisli kompozitler tercih edilmektedir.
- Geleneksel malzemelerle yapılamayan kompleks parçalar, perçin yada kaynak yapılmaksızın kompozit malzemeler ile elde edilebilmektedir.

Kompozit malzemelerin yukarıda belirtilen özellikleriyle farklı malzeme gruplarına göre avantajlı duruma gelebilmeleri için matris ve takviye malzemelerinin ara yüzey bağlarının güçlü olması gerekmektedir. Ara yüzey bağlarının güçlü olması ise matrisin ıslatabilirlik özelliğine bağlıdır.

1.4. Kompozit Malzemelerin Dezavantajları

Kompozit malzemeler birçok avantaja sahip olmalarına rağmen bazı dezavantajlarından dolayı diğer malzemelerin kullanım açısından göstermiş olduğu hızlı gelişim ve yayılımı gösterememişlerdir. Kompozit malzemelerin bazı önemli dezavantajları aşağıda gösterilmiştir:

- Bazı kompozit malzemeler anizotropiktir. Yöne bağımlı olduklarından farklı doğrultularda farklı mekanik özellik gösterebilirler.
- Malzeme içerisinde kalacak hava kabarcıkları ve çatlamlar yorulmayı olumsuz yönde etkilemektedir.

- Kompozit malzemeler üzerinden kolay işlem yapılamamaktadır. (delik açma, kesme vb)
- Kompozit malzemelerin kopma esnasındaki uzamanın az olması, kullanım alanlarını daraltmaktadır.
- Polimer matrisli kompozitlerin üretim anında sağlığı olumsuz yönde etkileyecek zehirli ve kansorejen gazlar salgılanabilmektedir.
- Kompozit malzemelerin geri dönüşümü konvansiyonel malzemelere göre daha azdır. [25]



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kompozit malzemelerin geçmişi çok eski dönemlere dayanmaktadır. İlk insanlar hayvansal ve bitkisel lifleri kırılgan ve dayanıksız malzemelerle bir araya getirmişlerdir. Mezopotamyalılar ve Mısırlar kompoziti ilk kullanan uygarlıklardır. Mezopotamyalılar, ahşap çitaları organik reçinelerle birleştirerek yonga levha (plywood, sunta) yapmışlardır. MÖ 1500’lü dönemlerde yaşayan insanlar evlerinin dayanıklılığını arttırmak için toprak su karışımının içine saman eklemişlerdir ve “kerpiç” yapmışlardır. İlerleyen dönemlerde ise MS 1200’lü senelerde Moğollar “bambu ağacı, ipek, sığır tendonları, sığır boynuzları ve çam reçinesi” kullanarak kompozit yayları oluşturmuşlardır. Bu yaylar son derece kuvvetli ve nişan konusunda başarılı olmuşlardır.

Modern kompozit çağı gözlemlendiğinde, 1870-1890 yıllarında yapılan kimyasal devrim kompozit gelişiminin seyrini değiştirmiştir. Bu yıllarda ilk sentetik reçineler, polimerizasyon işlemi uygulanarak moleküllerin çapraz birleştirilmesiyle sıvıdan katı hale getirilmiştir. Üretilen ilk reçineler;

- “Selüloit
- Melamin
- Bakolit “

Reçineleridir.

Kompozit endüstrisinin en önemli yılları olarak kabul edilen 1930’lar reçine için yeni bir dönemin başlaması olmuştur. Günümüzde şuan da kullanılan reçinelerin gelişimi bu yıllarda başlamıştır. 1936 senesine bakıldığında Carleton Ellis, ilk doymamış poliestere reçinesini, 1938 senesinde ise Pierre Castan ilk epoksi reçinenin patent sahibi olmuştur. Owens 1935’te Corning ile birleşerek, Owens Corning (OC) adıyla ilk elyaf fabrikası kurulmuştur. Yapılan cam takviye malzemeli reçineler ile dayanıklı ve daha hafif ürünler üretilmeye başlanmıştır. Oluşturulan kompozit cam takviyeli plastik (CTP) veya Fibre Reinforced Plastic (FRP) endüstrisinin başlangıcı olarak kabul görmüştür. 2. Dünya savaşı döneminde meydana gelen değişik ihtiyaçlar kompozit CTP endüstrisinin araştırma aşamasında çıkıp üretim aşamasına ilerletmiştir. Askeri savunma uygulamalarında daha sağlam ve hafif malzemeler gerekiyordu.

1940 yılları 1. Nesil Kompozit Çağı olarak isimlendirilir. Bu dönemlerde kompozit malzemeler ihtiyaç dahilinde kullanılarak ilk kompozit tekne gövdesinin (1946) ve ilk kompozit otomobil gövdesi (1947) üretilmiştir.

1960 yılları 2. Nesil veya “Yüksek Performans Kompozit”(post sputnik) çağı olarak kabul edilmiştir. Dönemin ilk başlangıcında, Dr. Akio Shindo ilk karbon elyaf üretimi için patent almıştır. Bu sayede üretim seviyesi artmış ve ticari dönemlere gelinmiştir. Bu şekilde kompozit malzemelerin ağırlığı azalmış sağlamlığı arttırılmıştır. Bu şekilde uzay, otomotiv, denizcilik ve spor malzemeleri üretiminde hızlı bir gelişme süreci yaşanmaya başlamıştır.

3.Nesil Kompozit Çağı olarak kabul edilen 1970 ve 1980’lerde üretilen aramid elyafı yeni ve gelişmiş takviye malzemeleriyle nesil reçineler üretilmiştir. Metal matris (MMCs) ve seramik matris (CMCs) kompozitler öncelikli olarak yüksek sıcaklık, kimyasal yeterlilik alanında parlak bir döneme girildi ve birden fazla yeni uygulama alanının açılmasına olanak sağladılar. Otomotiv alanında bu dönemde kompozit malzeme kullanılmaya başlanmıştır.

1990-2000’li yıllar 4. Nesil Kompozit Çağı olarak kabul edilmiştir. Bu dönemde inşaat sektöründe fazlasıyla ilgi görüp kullanılmaya başlanmıştır. Kompozit malzeme maliyetlerinin az olması plastik ve metal gibi geleneksel malzemelerle rekabet edilecek konuma ulaşmıştır. Mühendisler, endüstriyel tasarımcılar her türlü alanda kullanmaya başlamışlardır. Yapı, elektrik elektronik, ulaşım alanlarında, her ilerleyen günde üretim seviyesi daha da artan kompozit malzemeler tasarlanmaya başlanmıştır. Bu olayın neticesinde tüketiciler evde, arabada, etraflarında gördükleri birçok alanda daha fazla kompozit ürünlerle karşılaşmaya başlamışlardır. [10]

Çolak F (2006), bu çalışmada çift yönlü cam elyaf kumaş takviyeli kompozitin eksenel bindirme altında kırılma dayanımını gözlemlemiştir. Deney sonuçlarında beklenen sonuçları elde etmiştir. Kırılma şekilleri açılara göre küçükten büyüğe doğru sıralandığını gözlemlemiştir. Beklenen şekilde en düşük eksenel yük 0° de olduğunu gözlemlerken, en yüksek yükün 75° de olduğunu tespit etmiştir. Aynı oranda kırılma özelliklerine bakıldığında çatlak boyu en büyük olanda en az eksenel yük olurken, 5 mm olan başlangıç çatlak boyunda daha fazla eksenel yük oluştuğunu gözlemlemiştir. Deney sonuçlarında yapılan numune kompozit malzemelerin farklı sektörlerde kullanılabilir olduğunu gözlemlemiştir. [11]

Gündoğan ve diğerleri (2009), otomobil, denizcilik, yapı endüstrisinde kullanılacak

el yatırma tekniği ile ürettikleri üç boyutlu dokuma yapıların, mekanik dirençlerini belirleyebilmek için çekme testi ile mukavemet etkilerini analiz etmişlerdir. Kumaş reçine birleşimi ile oluşturdukları yapıların çekme mukavemetini tespit etmişlerdir.

Daha sonrasında poliüretan köpüğü ekleyip elde ettikleri kompozit yapıların çekme mukavemeti ve modülü tespit edip karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. [12]

Saraç İ ve diğerleri (2018) bu çalışmada, yapıştırıcı ile oluşturulan bağlantılarda kullanılan nano partikülün davranışını deneysel olarak analiz etmişlerdir. Nano partiküllerin tek bindirmeli bağlantılarda statik ve yorulma mukavemeti üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yapıştırıcı ile karıştırmak için üç tip nano partikül kullanmışlardır ve en yüksek ortalama hasar yükü, epoksi yapıştırıcıda ağırlıkça %4 nano- Al_2O_3 ve nano- SiO_2 ilavesinin yapıştırıcı bağlantıların yorulma mukavemetini arttırdığını gözlemlemişlerdir. [13]

Aytaş H (2017), bu çalışmada bükümlü ipliklerin yapısal parametreleri sabit tutularak, ipliklerin üzerinde oluşacak aşınma davranışının etkisini göstermiştir. Kompozit ipte kullanılmış olan metal tellerin çap farklılıkları, kütle kaybı değerlerinde bir artış olduğunu gözlemlemiştir. Kompozit ipliklerde ilk bileşen olarak daha kalın metal telleri kullanarak elde edilmiş olan yeni kompozitin mukavemet değerlerinin yükseldiğini ispat etmiştir. Elde etmiş olduğu kompozit iplikler ile; hazır elbiseler, teknik elbiseler, dekorasyon, moda aksesuarları gibi alanlarda kullanılabileceğini sonuçlandırmıştır. [14]

Sülü İ (2017), bu çalışmada sonlu elemanlar yöntemini kullanarak çift tesirli birleştirme ile birleştirilmiş kompozit malzemenin analizini yapmıştır. Hasar yüklerini tespit edebilmek için sonlu elemanlar analizini yapmıştır. Kayma gerilmeleri ve Von-Mises gerilmelerini, yapıştırıcı üzerinde oluşan x,y,z yönlerindeki hasar yüklerinden tespit etmiştir. Yapıştırarak birleştirdiği kompozit parçalar için en ideal şartları belirlemiştir. Kompozit malzemeye oryantasyon açısının, bindirme boyutunun, yapıştırıcı tabakanın etkilerini incelemiştir. [15]

Var C (2020), bu çalışmada karbon örme kumaşın çeşitli dokuma kumaşlar ile kombinasyonunu inceleyerek çekme ve eğilme testlerini yapmıştır. Melez kompozitlerin eğilme yükleri altındaki mukavemeti, karbon kumaş takviyesi literatürde belirlenmiş olan eğilme dayanımı değer aralığında kaldığını gözlemlemiştir. Karbon dokuma takviyeli kompozitler içeren hibrit kompozitlerin daha düşük bir eğilme dayanımına sahip olduğunu test etmiştir. Sayısal aralığın altında bir eğilme mukavemetine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Karbon kumaşlarda tüm hibrit kompozitlerin eğilme modüllerini

belirlemiştir. Hibrit kompozitte çekme yükü altındaki mekanik davranışı incelemiştir. Eğilme mukavemetine benzer şekilde güçlendirilmiş kumaşların daha fazla katmana sahip olduğunu gözlemlemiştir. Düşük çekme mukavemetine sahip olduğu sonucuna varmıştır. Tüm hibrit kompozitlerin çekme mukavemeti örme ve dokuma yapılar kullanılan hibrit kompozitlerden daha yüksek olduğunu saptamıştır. [16]

Özel A ve diğerleri (2004), bu çalışmada eğilme momentine maruz kalan Tek Bindirmeli Bağlantının (SLJ) elasto-plastik gerilme analizi, 2B doğrusal olmayan Sonlu Elemanlar Analizini (FEA) kullanarak incelemişlerdir. Çok farklı mekanik davranışlara sahip, sert ve esnek iki yapıştırıcı ile yapıştırılan sertleştirilmiş çelikte oluşan SLJ'lerin analizini yapmışlardır. Geometrik parametrelerin SLJ'lerin performansı üzerindeki etkisini belirlemek için her bir yapıştırıcı için dört farklı yapıştırma kalınlığı ve bindirme uzunluğu kullanmışlardır. Analizin doğrulanması için FEA sonuçları deneysel sonuçlarla karşılaştırmış ve yapıştırıcı kalınlığının her iki yapıştırıcı ile birleşim mukavemeti üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu gözlemlemişlerdir. SLJ'nin esnek yapıştırıcı ile taşıdığı yük, artan bindirme uzunluğu ile arttığını gözlemlemişlerdir. [17]

Özkan İ (2019), kumaş yapısında metal tel uygulaması ve sıra yönü çekme mukavemetinde önemli bir fark bulunmadığını gözlemlemiştir. İlk olarak, uygulamış olduğu voltaj için, düşük voltaj dövülebilir tel kırma kırılmakta olduğunu ve devam testleri için yük metalik ipliklerin diğer bileşenlerinde sürüklendiğini gözlemlemiştir. Sıra ve çubuklardaki kumaşlar için kullanılabilir yönde yüzde uzama değeri olduğunu görmüştür. Metal içerikli kompozit kumaşlar için belirlenen kopma ve uzama miktarlarını kumaşların teknik etkiler doğrultusunda kullanılabilir olması durumunda karşılaştıkları yükler doğrultusunda görevlerini doğru bir şekilde yapabilecekleri sınırlar olduğunu göstermiştir. [18]

Çitil Ş (2018), bu çalışmada çekme yüküne maruz bırakılan eğrisel yüzeyli bindirme bağlantılarında aynı özellikteki (Tip-I, AA2024-T3- AA2024-T3) ve farklı özellikteki (Tip-II, AA2024-T3- ST37) yapıştırma bağlantı modelini oluşturmuştur. Deneysel ve nümerik olarak incelemeler yapmıştır. Eğrisel bindirme bağlantılarına çekme yükü uygulayarak bağlantının mukavemeti üzerinde etkilerini incelemiştir. Ek olarak Tip-I ve Tip-II yapıştırma bağlantılarının bindirme uzunluğuna ve parça kalınlığına bağlı olarak çekme mukavemeti üzerinde oluşan etkilerini de belirlemiştir. [19]

Karaoğlu İ (2020), takviye malzemesi olarak kullandıkları örme kumaşların yapısında bulunan yatırım ipliğinin kompozit ürün darbe dayanımına karşı etkilerini araştırmıştır. Takviye kumaşın sıra ve çubuk doğrultusundaki daha fazla eğilme kuvvetine

karşı dayanımını gözlemlemiştir. Takviye malzemesi olarak yatırımlı örme kumaş takviye elemanının kullanılması darbe dayanımını olumsuz etkilediğini sonuçlandırmıştır. Örme kumaş takviye malzemesi darbe dayanımını olumsuz etkilemiş olsa bile darbe sonrası bası dayanımının yüksek olduğunu gözlemlemiştir. [20]

Çitil Ş (2012), bu çalışmasında kapakları dışarıda ortası boş ve ara elemanlı bağlantılara kıyasla, ortası boş yapıştırma bağlantılarının daha fazla yük çektiğini gözlemlemiştir. Kapak kalınlığı arttıkça şekil değiştirmenin azaldığını gözlemlemiştir, bu şekilde gerilmenin arttığını taşınan yükün azaldığı sonucuna varmıştır. Bu çalışmada amaç olarak hasarlı bölgenin tamir edilmesini ortası boş ve dolu olarak klasik ve kapakları gömülü çift takviyeli yapıştırma bağlantısının deneysel ve nümerik olarak gerilme analizini yapmış ve mekanik davranışlarını incelemiştir. [5]

Çitil Ş ve diğerleri (2017) bu çalışmada, ara parçalı ve ara parçasız bağlantılarda yamalar arası bölgeyi modelleyip bunun dayanım üzerindeki etkisini sayısal ve deneysel olarak incelemişlerdir. Yama kalınlığı, bindirme uzunluğu, bağ kalınlığı ve boşluk uzunluğunun aralıklı ve aralıksız bağlantıların mukavemeti üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Sonuçlara göre; ara parçanın ara parçası olmayan çift bantlı bağlantıların daha arıza yüküne sahip olacak şekilde bindirmeli bağlantının mukavemeti üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını göstermişlerdir. Ayrıca, artan yama kalınlığı ile kopma yükünün azaldığı ve artan yapışma kalınlığı ile arttığını gözlemlemiştir. [21]

Sülü İ (2018), bu çalışmasında çekme yüküne maruz bırakılan çift bindirme bağlantı (DLJ) ile birleştirmiş olduğu kompozit parçaları 3 boyutlu sonlu elemanlar yöntemi (FEM) ile analizini yapmıştır. Sonuçlarında kompozit malzemeleri için farklı fiber oryantasyon açılarına sahip karbon-epoksi (T700) ve yapıştırıcı olarak DP410 kullanmıştır. Hasar yükleriyle ilgili varsayımlarda bulunabilmek için sonlu elemanlar analizi (FEA) yapmıştır. Analiz sonuçlarına göre, bindirme genişlikleri, uzunlukları, açıları ile yapışkan tabakanın etkilerini araştırmıştır. En verimli sonuçları aldığı parametreleri, çift bindirme bağlantı ile yapıştırılarak hazırlanan kompozit parçalar için olduğunu belirlemiştir. [22]

Aydın M (2013), bu çalışmasında birbirinden farklı kalınlıktaki ve uzunluktaki malzemelere, iki farklı yapıştırıcı kullanarak mekanik davranışlarını incelemiştir. Kullanılan FM73 ve SBT 9244 yapıştırıcıların biri yüksek dayanımlı diğeri daha esnek özellikler göstermektedir. Yapıştırıcıların performans özelliklerini belirleyebilmek için farklı yüklemeler uygulayarak deneylerini gerçekleştirmiştir. Farklı yükleme durumları için gerilme-şekil değiştirme davranışlarını incelemiştir. [23]

Çitil Ş (2012), bu çalışmasında gömülü yamaların hasar yükü ve stres dağılımı

üzerindeki etkilerini deneysel ve sayısal olarak incelemiştir. Dört farklı kalınlıktaki AA 2024-T3 alüminyum, yapıştırıcı 0,4 0,8 ve 1,2mm yay çeliği yama kalınlıklarında ve 20, 40, 60mm bindirmeli çift yama uzunluğunda yapmıştır. Sonlu elemanlar modelini doğrulamak için deneyler yapmıştır. Sonuçlarına göre, hem yapışma hem de yama kalınlığının yanı sıra örtüşme uzunluğunun kırılma yükü ve stres dağılımı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. [24]

Şahin A (2011), bu çalışmada sentetik köpüklerin yapıştırıcı ile bağlantılarını incelemiştir. Yapıştırıcı olarak metakrilat ile bağlantı tipi olarak tek taraflı bindirme bağlantısı yapmıştır. Sabit sıcaklıkta belirli sürelerde tıtarak deneylerini gerçekleştirmiştir. Kesme yükü altında test edilen bağlantı mukavemeti; metal köpüklerin, metal köpükler ve alüminyum plakalar ile yapıştırma bağlantılarında yeterli bağlantı dayanımının sağlanabileceğini gözlemlemiştir. Deneysel sonuçlara göre alüminyum köpük malzemenin alüminyum plakalara daha güçlü yapışması ve yüksek sıcaklıkta tutma süresi arttıkça yapıştırıcı bağlantısının dayanımında azalma gözlemlemiştir. [26]

Bu çalışmada, metal ve metal olmayan malzemeler bir araya getirilerek mukavemeti yüksek, yoğunluğu daha düşük kompozit malzeme imalatına gidilmiştir. FM73 yapısal yapıştırıcı ile birleştirilmiş olan, Al 6061 T4, Poliheksametilen Adipamit ve Monofilament ile numuneler oluşturulmuştur. Oluşturulan numuneler çekme yüküne maruz bırakılarak mekanik özellikleri incelenmiştir. Yapılan deneyler sonrasında elde edilen veriler göstermiştir ki; sırasıyla metal- poliheksametilen Adipamit metal- monofilament, metal-metal karma kumaşlar ile yapılan kompozit malzemelerin taşıdığı hasar yüklerinin ve yoğunluğu arttığı gözlemlenmiştir.

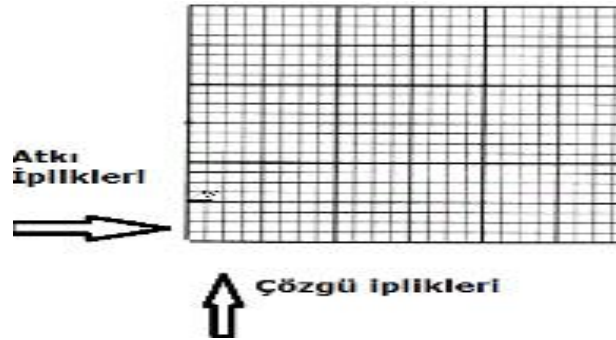
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Kompozit Levha Üretimi

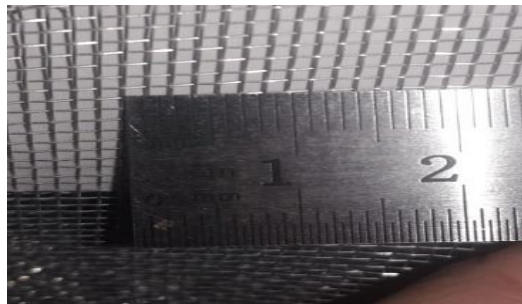
Bu çalışma esnasında takviye elemanı olarak, alüminyum (AL 6061 T4) kumaş, poliheksametilen adipamat kumaş (naylon), monofilament (misina) kumaş kullanılmıştır. Matris malzemesi olarak FM73 yapısal film yapıştırıcı tercih edilmiştir. Al 6061 T4 içerikli kumaş ile diğer malzemeler matris malzemesiyle birleştirilerek kompozit malzeme imal edilmiştir. Takviye elemanları 300x300 mm boyutlarında kesilmiş olup, 400x400 plakalara arasına konulmuştur, 4 mm kalınlığında numune elde etmek için plakalar arasına çubuklar yerleştirilmiştir (Resim 3.1). Daha sonra kesilmiş olan matris ve takviye elemanları katman katman yerleştirilmiş olup, matris elemanının küreleşmesi için 120⁰C sıcaklıkta, 0.28 MPa basınç altında 120 dakika boyunca bekletilmiştir. Takviye elemanları atkı ve çözgü özellikleri 1 cm²'lik alan için 7 atkı 7 çözgüden oluşmaktadır. (Resim 3.2, Resim 3.3)



Resim 3.1 Kompozit levha üretimi ve kalıp



Resim 3.2 Atkı ve çözgü



aralıkları [29]

Resim 3.3 Numune üzerindeki atkı ve çözgü aralıkları

Takviye malzemeleri, alüminyum kumaş (Al 6061 T4), Poliheksametilen adipamit (naylon) ve Monofilament (misina), 0-90⁰ oryantasyon açılarına sahip Ø 0.1 mm kalınlıkta iplerden üretilmiş olup, düz örgü kumaş şeklinde üretilmiş olup, kumaş kalınlığı 0.3 mm'dir.

Her bir katman için;

- 8 kat FM73 yapısal film yapıştırıcı
- 4 kat Alüminyum kumaş (Al 6061 T4)
- 3 kat ara malzeme (her numune için farklı monofilament, poliheksametilen, Al 6061 T4 kumaş)
- 2 kat Al 1050 (folyo) kullanılmıştır. (Şekil 3.1, Şekil3.2, Şekil3.3)

Al 1050
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 1050

Şekil 3.1 Al 6061 T4 Kumaş içerikli kompozit malzemenin (Tip-I) şematik gösterimi

Al 1050
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Poliheksametilen Adipamit kumaş
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Poliheksametilen Adipamit kumaş
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Poliheksametilen Adipamit kumaş
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 1050

Şekil 3.2 Poliheksametilen Adipamit kumaş içerikli kompozit malzemenin (Tip-II) şematik gösterimi

Al 1050
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Monofilament kumaş
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Monofilament kumaş
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Monofilament kumaş
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 6061 T4
FM73 yapısal film yapıştırıcı
Al 1050

Şekil 3.3 Monofilament kumaş içerikli kompozit malzemenin (Tip-III) şematik gösterimi

Tablo 3.1 Al 6061 T4 fiziksel ve mekanik özellikleri [27]

Özellikler	Değer
Yoğunluk	2,7 g/cm ³
Ergime noktası	660,32°C
Kaynama noktası	2519°C
Çekme dayanımı	145 MPa
Gerilme dayanımı	241 MPa
Brinell sertliği	65 MPa
Akma dayanımı	110 MPa (min)
Elastikiyet modülü	689000 MPa

Tablo 3.2 Poliheksametilen adipamit fiziksel ve mekanik özellikleri [28]

Özellikler	Değer
Yoğunluk	1,15 g/cm ³
Erime noktası	190-350°C
Çekme dayanımı	70 MPa

Tablo 3.3 Monofilament fiziksel ve mekanik özellikleri [30]

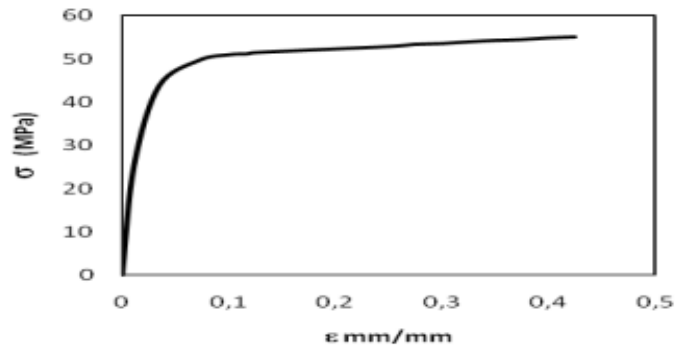
Özellikler	Değer
Yoğunluk	1,13 g/cm ³
Çekme dayanımı	65 MPa

Tablo 3.4 Al 1050 fiziksel ve mekanik özellikleri [27]

Özellikler	Değer
Yoğunluk	2,7 g/cm ³
Çekme dayanımı	28 MPa
Kopma Uzaması	%39
Gerilme Direnci (max)	76 MPa

3.2. Yapıştırıcı Malzeme

CYTEC FM73 OST; -55°C ve 82°C aralığındaki sıcaklıklarda en iyi performansı sağlayan epoksi temelli 0.2 mm kalınlığında yapısal bir film yapıştırıcıdır. Yapıştırıcıyı kürleştirebilmek için 0.28 MPa basınç altında, 120 dakika boyunca ile 120°C de bekletilmesi uygun görülmüştür. Şekil 3.4 de, gerilme-şekil değiştirme verileri ve rulo hali gösterilmiştir. [5]



(a)

(b)

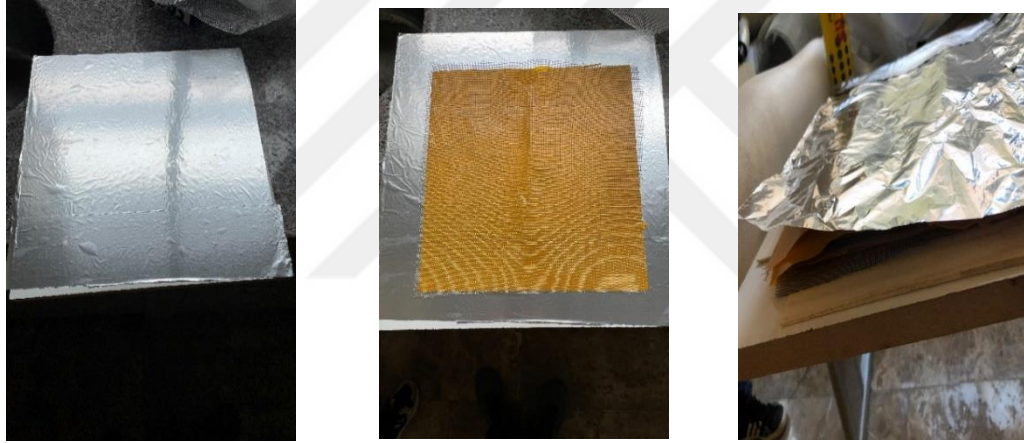
Şekil 3.4 FM73 film yapıştırıcı (a) ve gerilme şekil değiştirme diyagramı (b) [5]

3.3. Yüzey Hazırlama

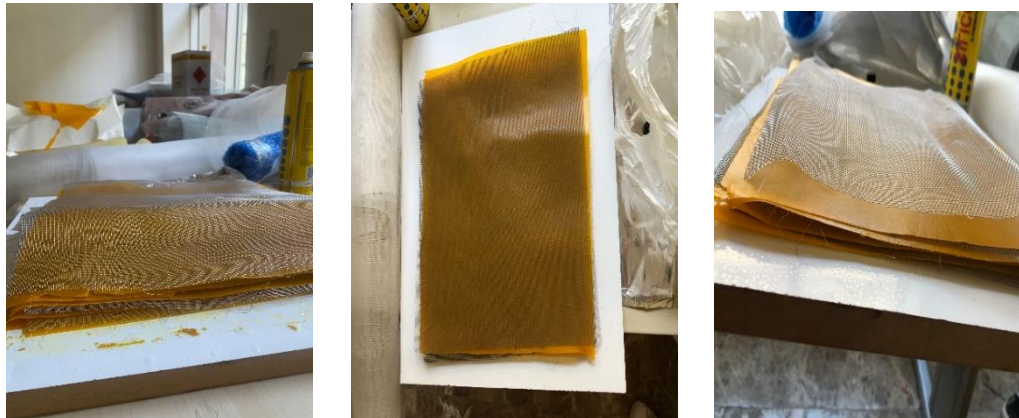
Yüzey hazırlamanın ana amacı numune parçaları üzerindeki her türlü kirlerin arındırılması ve yapıştırılacak yüzey alanında bütün kısımların kullanılmasıdır. Olabilir en iyi yapışmayı elde edebilmek için yüzeydeki toz, kir, yağ ve diğer bütün kalıntıların arındırılması gerekmektedir.

Yapıştırma öncesi yüzey hazırlama işlemleri;

- Kesilen numuneler soğuk musluk suyu ve toz deterjan ($C_{12}H_{25}OSO_3Na$) ile yıkanmıştır.
- Kurutma makinesi ile kurutularak aseton (C_3H_6O) ile tekrar temizlenmiştir.
- Tekrar kurutularak yapıştırılmaya hazır hale getirilmiştir.



Resim 3.4 Numune yüzey hazırlama aşamaları



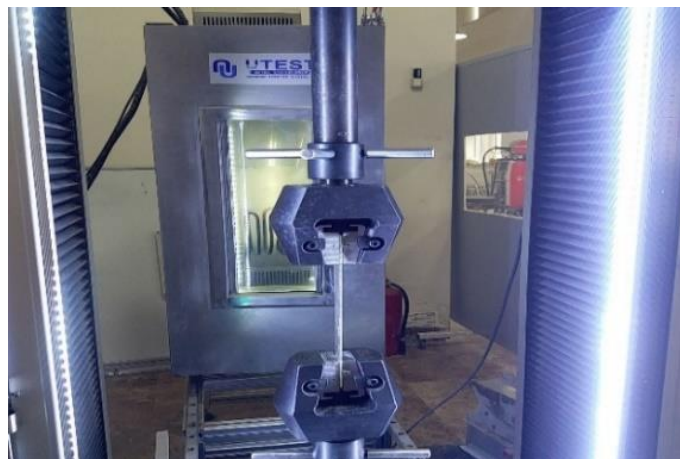
Resim 3.5 Plaka halinde hazırlanan numuneler**Resim 3.6** Kalıp
prese hazıriçerisine yerleştirilmiş
numuneler**3.4. Deneysel
Hazırlamış**

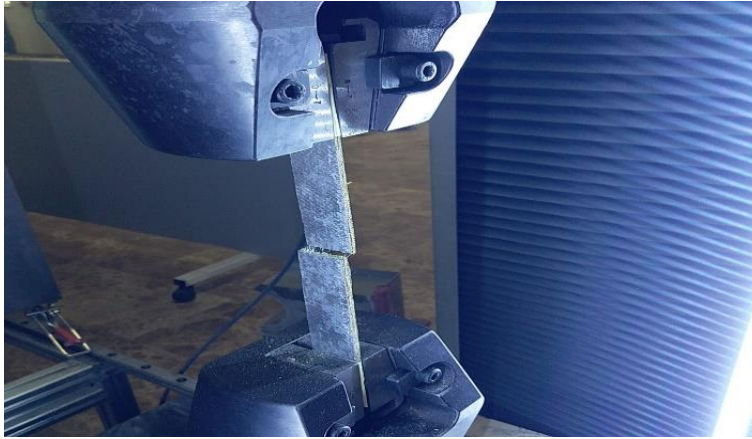
halindeki kompozit
Üniversitesi Makine
100 kN kapasiteli
Equipment (Resim
çekme deneyleri yapılmıştır. Çekme cihazında çekilebilecek şekilde her iki ucundan (Resim 3.8) bant ile sarılmıştır. Numune boyutları ASTM D412 standartlarına göre oluşturularak, üçer adet bulk numuneleri elde edilmiştir ve çekme testine hazır hale getirilmiştir.

Yöntem

olduğumuz levha
malzemeleri, Adıyaman
Laboratuvarında bulunan
Utest Material Testing
3.7) çekme cihazı ile

çekme cihazında çekilebilecek şekilde her iki ucundan (Resim 3.8) bant ile sarılmıştır. Numune boyutları ASTM D412 standartlarına göre oluşturularak, üçer adet bulk numuneleri elde edilmiştir ve çekme testine hazır hale getirilmiştir.

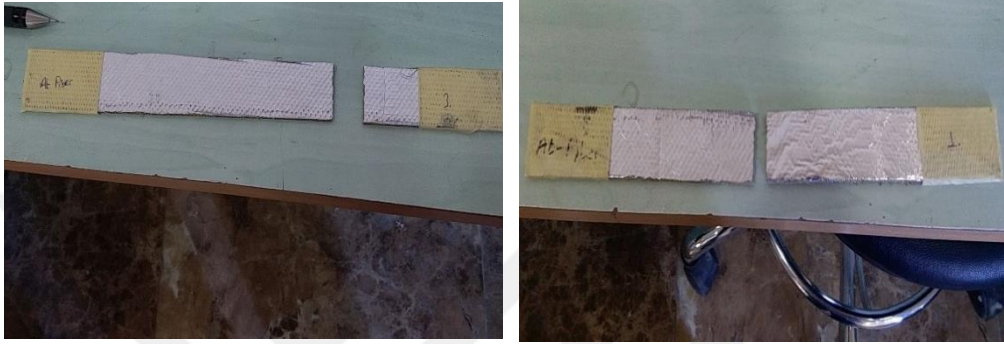


Resim 3.7 Çekme cihazı**Resim 3.8 Çekme testi için hazırlanan numuneler****Resim 3.9 çekme cihazında kopan numune**

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

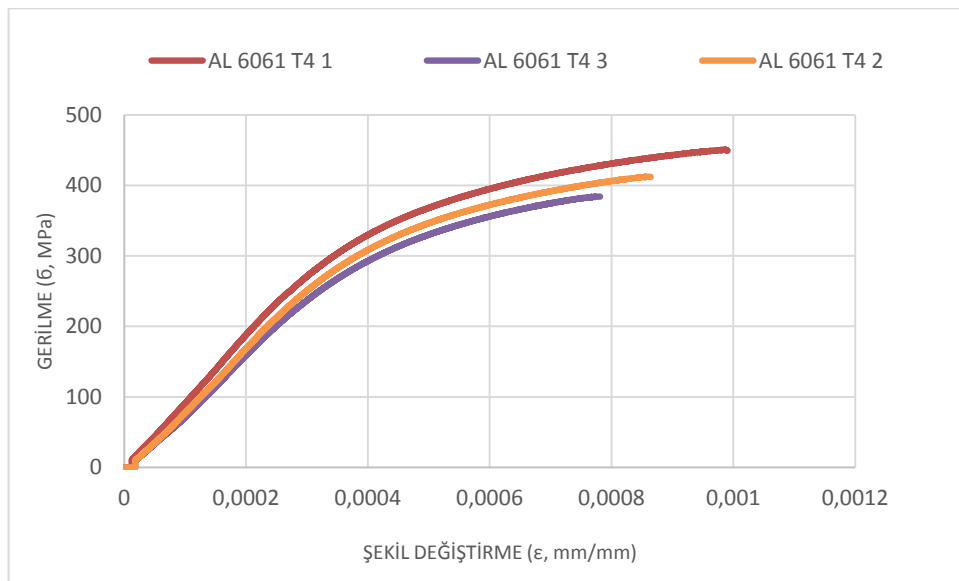
4.1. Deneyel Sonuçlar

Hazırlanan üçer adet bulk numunelerinin boyutları uzunluk 260 mm, genişlik 25 mm ve kalınlık 4 mm olacak şekilde üretilmiştir. Üretilen deney numuneleri daha sonra çekme testine tabi tutulmuştur. Çekme deneyi sonuçlarına göre hasar bölgesinin genellikle orta kısımlarda olduğu (Resim 4.1) gözlemlenmiştir.

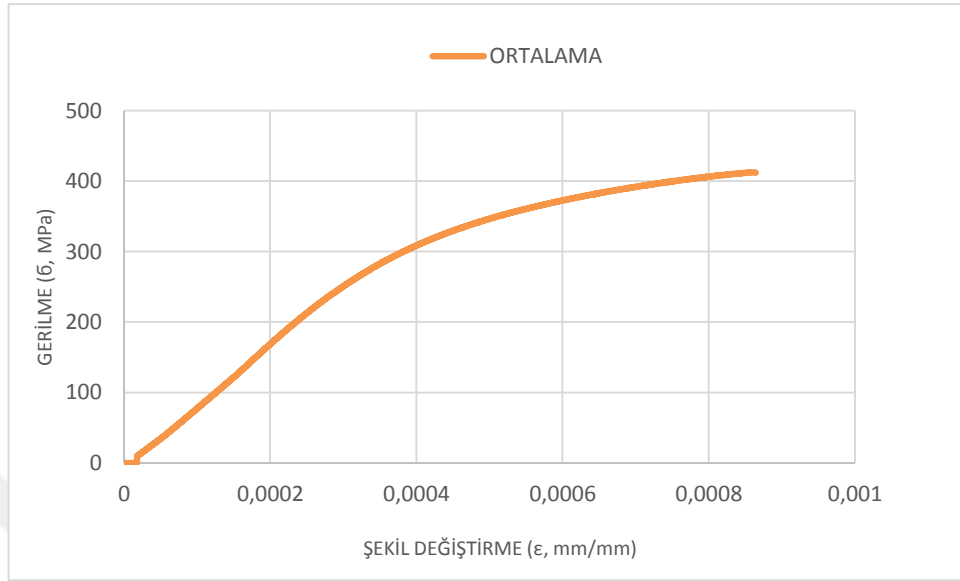


Resim 4.1 Hasar sonrası deney numuneleri

Deney sonuçlarına göre, Al 6061 T4-Al 6061 T4 kumaş içerikli kompozit malzemenin (Tip-I) gerilme-şekil değiştirme değerleri aşağıdaki Şekil 4.1 de gösterilmiştir. Al 6061 T4-Al 6061 T4 kumaş içerikli kompozit malzeme (Tip-I), yoğunluk olarak diğer üretilen malzemelere göre kıyaslandığında en yüksek yoğunluğa sahip malzemedir.



Şekil 4.1 Al 6061 T4- Al 6061 T4 (Tip-I) gerilme-şekil değiştirme grafiği



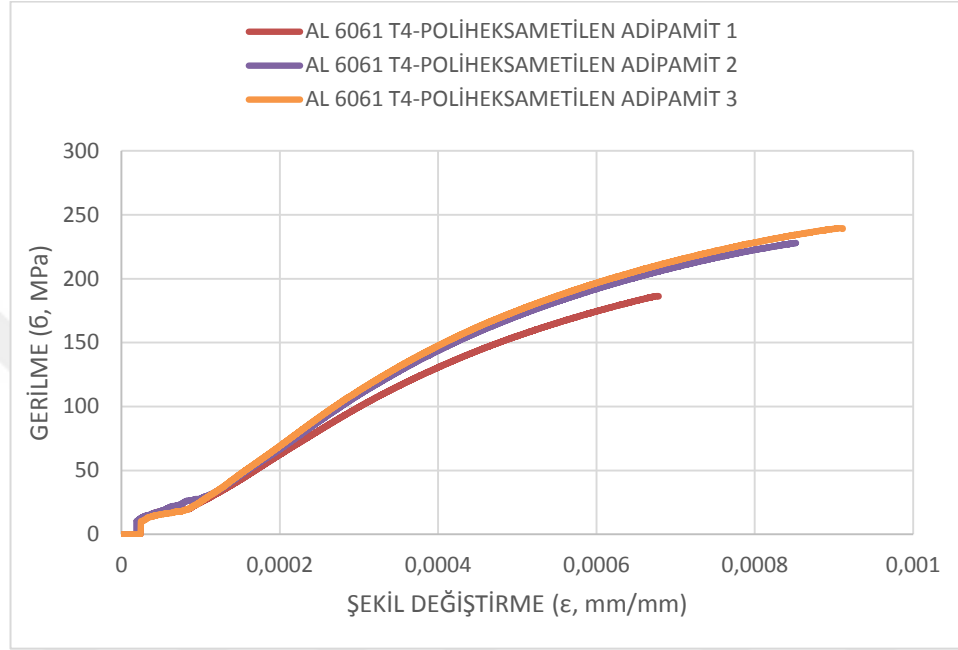
Şekil 4.2 Al 6061 T4- Al 6061 T4 (Tip-I) ortalama gerilme-şekil değiştirme grafiği

Tablo 4.1 Al 6061 T4- Al 6061 (Tip-I) T4 gerilme-şekil değiştirme değerleri

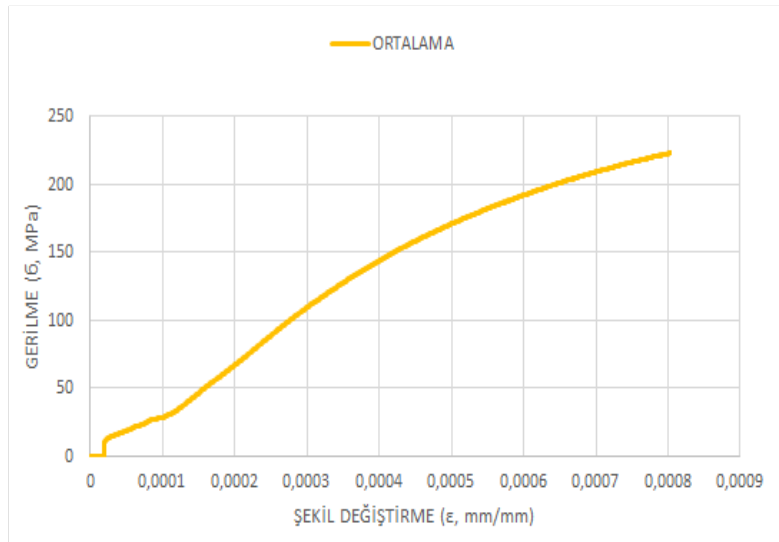
AL 6061 T4- AL 6061 T4 (Tip-I)	ÇEKME DAYANIMI (σ, MPa)	ŞEKİL DEĞİŞTİRME (ε, mm/mm)
1.NUMUNE	449.51	0.0009
2.NUMUNE	412.31	0.00081
3.NUMUNE	384.1	0.00078
ORTALAMA	415.3	0,00083

Al 6061 T4- Al 6061 T4 içerikli kompozit malzemenin gerilme değerlerine karşılık gelen şekil değiştirme değerleri yukarıdaki Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Tablo 3.1’de Çekme dayanımı 241 MPa olan Al 6061 T4 için, oluşturulan kompozit malzemede 415.3 MPa olduğu gözlemlenmiştir. Akma noktası 110 MPa arasındayken oluşturulan kompozit malzeme 231.19 MPa olduğu gözlemlenmiştir.

Al 6061 T4-Poliheksametilen adipamit içerikli kompozit malzemenin (Tip-II) gerilme-şekil değiştirme değerleri Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Al 6061 T4-Poliheksametilen adipamit malzemenin (Tip-II) yoğunluğun diğer iki numunenin yoğunluk değerinin arasında kalmıştır.



Şekil 4.3 Al 6061 T4-Poliheksametilen adipamit (Tip-II) gerilme-şekil değiştirme grafiği



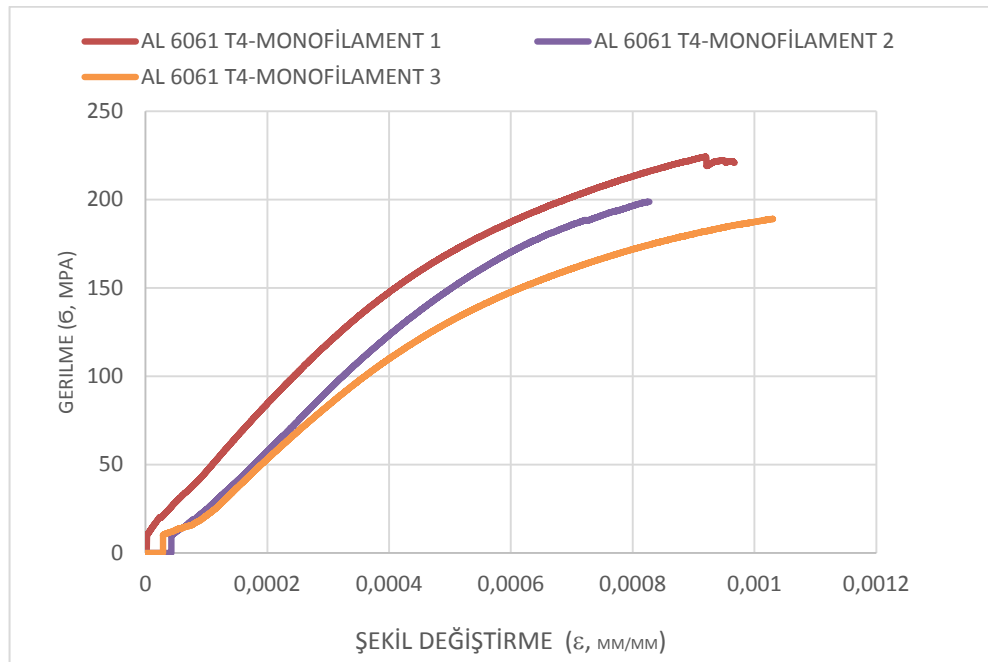
Şekil 4.4 Al 6061 T4-Poliheksametilen adipamit (Tip-II) ortalama gerilme-şekil değiştirme grafiği

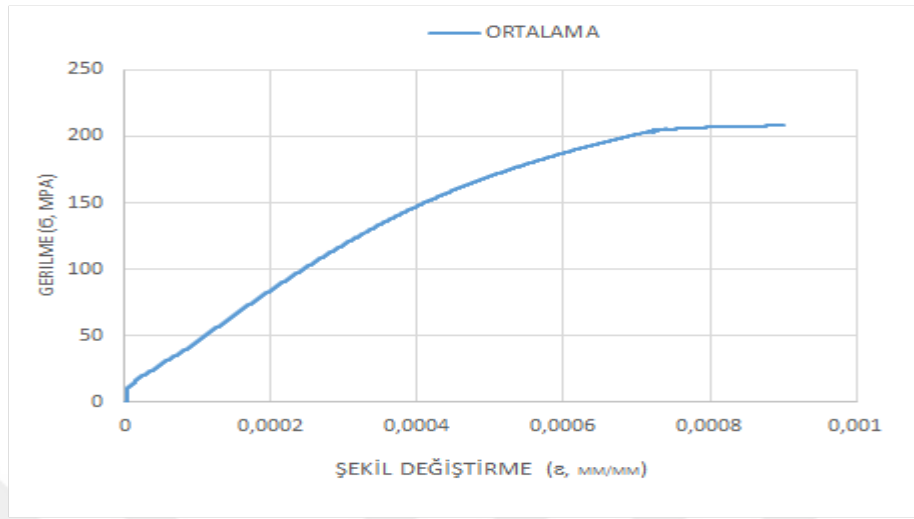
Tablo 4.2 Al 6061 T4-Poliheksametilen adipamit (Tip-II) gerilme-şekil değiştirme değerleri

ALÜMİNYUM-POLİHEKSAMETİLEN ADİPAMİT (Tip-II)	ÇEKME DAYANIMI (σ, MPa)	ŞEKİL DEĞİŞTİRME (ε, mm/mm)
1.NUMUNE	239.5	0,00068
2.NUMUNE	228.9	0,00084
3.NUMUNE	185.7	0,0009
ORTALAMA	218.03	0,0008

Al 6061 T4-Poliheksametilen adipamit (Tip-II) içerikli kompozit malzemenin gerilme değerlerine karşılık gelen şekil değiştirme değerleri yukarıdaki Tablo 4.2 de gösterilmiştir. Poliheksametilen adipamitin çekme dayanımı Tablo 3.2 de 70 MPa iken Al 6061 T4 ile oluşturulan kompozit malzemedede bu değerin 218.03 MPa yükseldiği gözlemlenmiştir.

Al 6061 T4-Monofilament kumaş içerikli kompozit malzemenin (Tip-III) minimum gerilme değerlerinin olduğu aşağıdaki şekil 4.5 de gösterilmiştir. Yoğunluk olarak da en düşük yoğunluğa sahip malzemedir.

**Şekil 4.5** Al 6061 T4-Monofilament (Tip-III) gerilme-şekil değiştirme grafiği

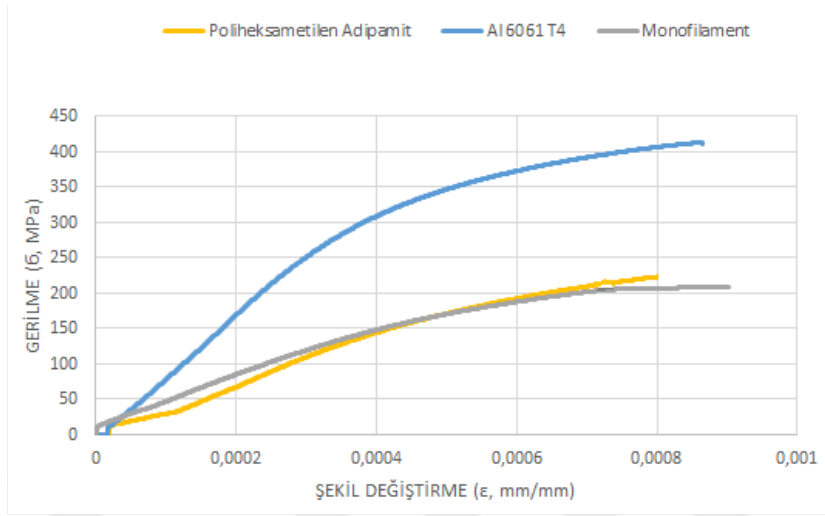


Şekil 4.6 Al 6061 T4-Monofilament (Tip-III) ortalama gerilme-şekil değiştirme grafiği

Tablo 4.3 Al 6061 T4-Monofilament (Tip-III) gerilme-şekil değiştirme değerleri

AL 6061 T4-MONOFİLAMENT	GERİLME (σ, MPa)	ŞEKİL DEĞİŞTİRME (ε, mm/mm)
1.NUMUNE	224.18	0,00089
2.NUMUNE	198.74	0,00082
3.NUMUNE	187.93	0,00103
ORTALAMA	203.61	0,00091

Al 6061 T4-Monofilament içerikli kompozit malzemenin gerilme değerlerine karşılık gelen şekil değiştirme değerleri yukarıdaki Tablo 4.3 de gösterilmiştir. Monofilamentin tek başına çekme dayanımı Tablo 3.3 de 65 MPa iken Al 6061 T4 ile oluşturulan kompozit malzemede 203.61 MPa yükseldiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.7 Tip-I, Tip-II ve Tip-III Numunelerin ortalama gerilme-şekil değişimlerinin karşılaştırılması

Numunelerin ortalamaları olan şekil 4.7 deki grafiğe bakıldığında zaman, en fazla uzamanın poliheksametilen adipamitte olduğu görülmüştür. En fazla hasara uğrayan malzemenin ise Al 6061 T4 olduğu görülmüştür.

Deneyisel sonuçlarla elde edilen verilere bakılarak hesaplanmış olan gerilme değerleri tablo 4.4 de gösterilmiştir. Veriler değerlendirildiğinde yoğunluğu ve gerilme değeri en yüksek olan malzeme Al 6061 T4-Al 6061 T4 içerikli kompozit malzeme olduğu görülmüştür. Al 6061 T4-Monofilament içerikli kompozit malzemenin yoğunluğu ve gerilme değeri en düşüktür. Şekil değiştirmenin bütün numuneler de çok yakın değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 4.4 Numune ortalama değerleri

Malzeme	Ortalama Yoğunluk (g/cm ³)	Ortalama Gerilme (MPa)	Ortalama Şekil değişirme (mm)	Ortalama Elastisite modülü (MPa)	Ortalama Akma Gerilmesi (MPa)
Al 6061 T4-Monofilament	1.56	203.61	0.00091	411889,4	84.8
Al 6061 T4-Poliheksametilen adipamit	1.57	218.03	0.0008	336642.5	107.3
Al 6061 T4-Al 6061 T4	1.84	415.3	0.00083	949424,27	186.74

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada metal ve metal olmayan Al 6061 T4, monofilament, poliheksametilen adipamit malzemelerden oluşturulan kompozit malzemelerin, çekme dayanımları, taşıdıkları hasar yükleri incelenmiştir. Deneysel olarak elde edilen numunelerin karşılaştırılmaları yapılmıştır. Kullanılan malzemelere bağlı olarak mukavemet etkileri, şekil değiştirmeleri ve yoğunlukları incelenmiştir. Araştırma sonuçları göstermiştir ki;

- Deneysel sonuçlara göre her ikisi de metal olan (Tip-I) kompozit malzemede en fazla hasar yükünü çektiği gözlemlenmiştir.
- Tip-I kompozit malzeme maliyet olarak diğer iki malzemeden daha pahalı olup yoğunluğu en fazladır.
- Metal-metal olmayan eşleşmeden Al 6061 T4-Monofilament ile oluşturulan kompozit malzemenin (Tip-III) en düşük hasar yükünü çektiği ve en düşük yoğunluğa sahip olduğu gözlemlenmiştir.
- Yüzde uzama değerleri karşılaştırıldığında tüm elde edilen kompozit malzemelerin birbirine yakın değerlere sahip olduğu gözlemlenmiş olup. Tip-I, Tip-II ve Tip-III kompozit malzemelerin sünek bir davranış sergilediğini gözlemlenmiştir.
- Çekme dayanımı 241 MPa olan Al 6061 T4 kumaş ile oluşturulan kompozit malzemenin 415.3 MPa olduğu gözlemlenmiştir.
- Monofilament kumaşın çekme dayanımı 65 MPa iken Al 6061 T4 içerikli kumaş ile oluşturulan kompozit malzemede bu değer 203.61 MPa olduğu gözlemlenmiştir.
- Poliheksametilen adipamit kumaşın çekme dayanımı 70 MPa iken Al 6061 T4 içerikli kumaş ile oluşturulan kompozit malzemede bu değer 218.03 MPa olduğu gözlemlenmiştir.
- Al 6061 T4 kumaşın yoğunluğu 2.7 g/cm^3 iken, oluşturulan kompozit malzemede yeni yoğunluğun 1.84 g/cm^3 olduğu gözlemlenmiştir. Yeni oluşturulan kompozit malzemede yoğunluğun %31.85 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.
- Monofilament kumaşın yoğunluğu 1.13 g/cm^3 iken, Al 6061 T4 kumaş ile

oluşturulan yeni kompozit malzemede yoğunluğun 1.56 g/cm^3 olduğu gözlemlenmiştir. Yeni oluşturulan kompozit malzemede yoğunluğun %27 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

- Poliheksametilen adipamit kumaşın yoğunluğu 1.15 g/cm^3 iken, Al 6061 T4 kumaş ile oluşturulan yeni kompozit malzemede yoğunluğun 1.57 g/cm^3 olduğu gözlemlenmiştir. Yeni oluşturulan kompozit malzemede yoğunluğun %26.75 oranında arttığı gözlemlenmiştir.



KAYNAKÇA

- [1] K.S. Borazan, “Partikül takviyeli kompozitlerin kırılma tokluğunun belirlenmesi”, Yüksek lisans tezi, Uşak Üniversitesi, 2018.
- [2] B. Esenkaya, “Karbon fiber kompozitlerin vakum infüzyon yöntemi ile üretimi ve balistik özelliklerinin değerlendirilmesi”, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, 2019
- [3] N. Ürkmez, “AlMg₃/SiC_p kompozitlerinin üretimi ve mekanik özelliklerdeki değişimlerin incelenmesi”, Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2004.
- [4] A.İ. Kaya, “Kompozit malzemeler ve özellikleri”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Eylül 2016.
- [5] Ş. Çitil, “Ortası boş ve ara elemanlı çift takviyeli yapıştırma bağlantılarının mekanik özelliklerinin incelenmesi”, Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, 2012.
- [6] <https://www.sunstar.com/healthy-thinking/weld-bonding/> [Erişim tarihi: 03-Haziran-2022]
- [7] M.V. Çakır ve D. Kınay, “Cam elyaf kompozitlerin alüminyum plaka ile yapıştırılması ve yapışmanın mekanik özelliklerinin araştırılması”, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi dergisi. 31, 99-108, 2016.
- [8] S. Aydın, “Yapıştırıcı ile birleştirilmiş prizmatik geçmeli bağlantıların mekanik analizleri”, Doktora tezi, Fırat Üniversitesi, 2012.
- [9] H. Adin, “22222”, Doktora tezi, Fırat Üniversitesi, 2007.
- [10] Ünsal kompozit, “Geçmişten günümüze kompozitin gelişimi”, <http://unsalkompozit.com>. [Erişim tarihi: 11-Nisan-2022]
- [11] F. Çolak, “Üzerinde açılı çatlak bulunan cam-kumaş epoksi kompozitlerde çatlak açısının kırılma davranışına etkisi”, Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, 2006.
- [12] S. Gündoğan, R. Eren, “3 boyutlu dokuma kumaş takviyeli kompozit yapıların çekme mukavemetinin analizi”, dergipark. 14, 1-8, 2009.
- [13] İ. Saraç, H. Aydın, Ş. Temiz, “Farklı partiküller içeren epoksi yapıştırıcı ile yapıştırılan yapıştırıcı bağlantıların statik ve yorulma dayanımının deneysel olarak belirlenmesi”, Kompozitler bölüm B:Mühendislik. 155, 92-103, 2018.
- [14] H. Aytaş, “Metal tel içerikli kompozit iplik özelliklerini etkileyen parametreler üzerine bir çalışma”, Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi, 2017.
- [15] İ.Y. Sülü, “Çift tesirli yapıştırıcı tabaka ile birleştirilmiş kompozit parçaların gerilme analizi”, 20. Ulusak Mekanik Kongresi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 2017.

- [16] C. Var, “Karbon kumaş takviyeli hibrit kompozit yapıların mekanik özelliklerinin araştırılması”, Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, 2020.
- [17] A. Özel, M.D. Aydın, Ş. Temiz, “Bindirme uzunluğu ve yapılma kalınlığının, eğilme momentine maruz kalan yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantıların mukavemeti üzerindeki etkileri”, Yapışma Bilimi ve Teknolojisi Dergisi. 18, 2004.
- [18] İ. Özkan, “Metal içerikli örme kumaşların mukavemet ve uzama özelliklerinin incelenmesi”, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi dergisi. 34, 255-259, 2019.
- [19] Ş. Çitil, “Eğrisel yüzeyli yapıştırma bağlantılarında malzemenin yapıştırıcı üzerine etkisinin incelenmesi”, Dicle Üniversitesi Mühendislik dergisi. 9, 225-234, 2018.
- [20] İ. Karaoğlu, “Örme kumaş takviyelerinin kompozit malzemelerin darbe davranışına etkileri”, Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 2020.
- [21] Ş. Çitil, Y. Ayaz, Ş. Temiz, “Çekme yüküne maruz kalan ara parçalı veya ara parçasız yapıştırıcıyla birleştirilmiş çift bantlı bağlantıların gerilme analizi”, Yapışma dergisi. 93, 5, 2017.
- [22] İ.Y. Sülü, “Çekme yükü altında geçmeli çift bindirme bağlantı ile yapıştırılarak birleştirilen kompozit parçaların mekanik davranışı”, Kaynak dünyası. 62, 403-413, 2018.
- [23] M.D. Aydın, “Yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantısının mekanik özelliklerinin deneysel ve teorik incelenmesi”, Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, 2003.
- [24] Ş. Çitil, Ş. Temiz, H. Altun, A. Özel, “Gömülü yamalı çift kayışlı yapışkan birleşimlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi”, Yapışma Bilimi ve Teknolojisi dergisi. 25, 18, 2012.
- [25] M. Sönmez, “Polimer matrisli kompozitlerin endüstri ürünleri tasarımında önemi ve geleceği: Türkiye’den dört örnek firma üzerine bir inceleme”, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2009.
- [26] A. Şahin, “Kompozit metal malzemelerin tek bindirmeli yapıştırma bağlantılarının kesme mukavemetinin incelenmesi”, Yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi, 2011.
- [27] Matweb,
<https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=d5ea75577b1b49e8ad03caf007db5ba8&ckck=1> [Erişim tarihi: 06-Haziran-2022]

6. KAYNAKÇA

Kübra GİDEROĞLU

- [28] “Naylon mekanik özellikleri” <https://tr.wikipedia.org/wiki/Naylon> [Erişim tarihi: 02-Haziran-2022]
- [29] Ders tekstil, “Atkı ve çözgü” <https://www.derstekstil.name.tr/component/k2/item/537-kuma%C5%9F-analizi.html> [Erişim tarihi: 03-Haziran-2022]
- [30] Mitsubishi gas chemical, “monofilament” <https://www.mgc.co.jp/eng/products/ac/nmxd6/blendfilm/monofilament.html> [Erişim tarihi: 03-Haziran-2022]

