



**T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TABANCA GÖVDELERİ İÇİN METAL VE POLİMER KOMPOZİT
MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUSTAFA AKÇAKOCA

OCAK

**TABANCA GÖVDELERİ İÇİN METAL VE POLİMER KOMPOZİT
MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Mustafa AKÇAKOCA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Doç. Dr. Harun AKKUŞ

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2023

Yüksek Lisans Tezi Kabul ve Onay Sayfası

Mustafa AKÇAKOCA tarafından hazırlanan “Tabanca Gövdeleri İçin Metal ve Polimer Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Harun AKKUŞ

Otomotiv Teknolojisi Programı, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan : Prof. Dr. Arif GÖK

Endüstriyel Tasarım Anabilim Dalı, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Harun YAKA

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi: 19/01/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezinYüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mustafa AKÇAKOCA

19.01.2023

TABANCA GÖVDELERİ İÇİN METAL VE POLİMER KOMPOZİT
MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Mustafa AKÇAKOCA

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 2023

ÖZET

Günümüzde tabanca gövdelerinin dizaynı ve üretimi yapılırken; çalışma mekanizmaları sebebiyle yüksek aşınmaya, dinamik yüklere ve korozyona maruz kaldıklarından üretiminde yüksek mukavemetli, korozyon aşınımı yüksek malzemeler tercih edilmektedir. Bu özellikleri sağlayan çelik, alüminyum alaşımları, polimer kompozit malzemeler vb. çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Bu çalışmada; 9 mm ve 7,65 mm gibi ülkemizde en çok kullanılan kalibrelerdeki tabanca gövdelerinin üretiminde sıklıkla kullanılan 6061 T6 alüminyum alaşımı ile enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilmiş %30 cam elyaf takviyeli PA66 (poliamid66) polimer kompozit malzemeye sertlik ölçme testleri, çekme testleri ve darbe testleri her iki malzeme için de uygulamak suretiyle malzemelerin mekanik özellikleri belirlenmiş ve ağırlık, yoğunluk ile korozyon değerleri ölçülerek tabanca gövdeleri için en uygun malzemeyi seçmek hedeflenmiştir. Söz konusu numunelerin çekme mukavemeti, darbe mukavemeti, sertlik değerleri korozyon direnci, yoğunlukları ve ağırlıkları belirlendi. Deney çalışmasında kullanılan polimer kompozit malzeme, alüminyum malzemenin yaklaşık % 55 daha hafif olduğu gözlemlendi. Diğer taraftan alüminyum malzemenin çekme mukavemeti, darbe mukavemeti ve yoğunluk değerinin polimer kompozit malzemenin daha yüksek olduğu belirlendi. Deneyler sonucunda; metalik malzemenin, polimer kompozit malzemeye göre mekanik olarak üstün özelliklere sahip olsa da tabancalarda olduğu gibi ağırlık faktörünün önemli olduğu alanlarda ağırlık ve korozyon dezavantajından dolayı kullanım amacına uygun optimum malzeme seçimi yapılmıştır.

Sayfa Adedi : 47
Anahtar Kelimeler : Tabanca, Polimer kompozit malzemeler, Alüminyum malzemeler
Danışman : Doç. Dr. Harun AKKUŞ

INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF METAL AND POLYMER
COMPOSITE MATERIALS FOR GUN FRAMES

(M. Sc. Thesis)

Mustafa AKÇAKOCA

AMASYA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2023

ABSTRACT

Today, while designing and producing gun frames; since they are exposed to high wear, dynamic loads and corrosion due to their working mechanisms, high-strength and high-corrosion-wearing materials are preferred in their production. Various materials are used that provide these properties such as steel, aluminium alloys, polymer composite materials etc. In this study; hardness measurement tests, tensile tests and impact tests are applied to the 30% glass fiber reinforced PA66 (polyamide66) polymer composite material produced by injection molding with 6061 T6 aluminum alloy, which is frequently used in the production of gun frames in the most widely used calibers in our country, such as 9 mm and 7.65 mm. The mechanical properties of the materials were determined by applying it to the material and it was aimed to select the most suitable material for the gun frames by measuring the weight, density and corrosion values. Tensile strength, impact strength, hardness values, corrosion resistance, densities and weights of the samples in question were determined. It was observed that the polymer composite material used in the experimental study was approximately 55% lighter than the aluminum material. On the other hand, it was determined that the tensile strength, impact strength and density value of the aluminum material were higher than the polymer composite material. As a result of the experiments; Although the metallic material has more mechanically superior properties compared to the polymer composite material, the optimum material selection suitable for the purpose of use has been selected due to the weight and corrosion disadvantage in areas where the weight factor is important, as in the guns.

Number of pages : 47

Keywords : Gun, Polymer composite materials, Aluminum materials

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Harun AKKUŞ

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince destekleyen, yönlendiren ve yardımını esirgemeyen tez danışmanım Doç. Dr. Harun AKKUŞ'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez çalışması boyunca manevi desteklerinden dolayı ailem ve eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Hafif Silahlar.....	3
2.1.1. Tabanca	6
2.2. Kompozit Malzemeler	8
2.3. Kompozit Malzemelerin Yapısı.....	10
2.4. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması	12
2.4.1. Elyaf (lif, fiber) takviyeli kompozit malzemeler	12
2.4.2. Parçacıklı kompozitler	20
2.4.3. Tabakalı kompozitler	21
2.4.4. Karma (hibrid) kompozitler	21
2.5. Alüminyum	22
2.5.1. Alüminyum alaşımları	23
2.5.2. Alüminyum alaşımlarının mekanik özellikleri	23
2.6. Literatür Özetleri.....	25
2.7. Çalışmanın Amacı.....	26

	Sayfa
3. MATERYAL VE YÖNTEM	27
3.1. Materyal	27
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Ağırlık ölçümü	28
3.2.2. Yoğunluk ölçümü.....	28
3.2.3. Çekme deneyi.....	28
3.2.4. Korozyon deneyi.....	31
3.2.5. Sertlik deneyi	32
3.2.6. Darbe deneyi	33
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	35
4.1. Malzemelerin Ağırlık Ölçümü.....	35
4.2. Malzemelerin Yoğunluk Değerleri	35
4.3. Çekme Deneyi Sonucu.....	35
4.4. Korozyon Deneyi Sonucu	40
4.5. Sertlik Deneyi Sonucu	41
4.6. Darbe Deneyi Sonucu	42
5. SONUÇLAR.....	43
6. ÖNERİLER.....	44
ÖZGEÇMİŞ	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Malzeme özelliği önem sırası (Karşlı, 2016).....	5
Çizelge 2.2. Metal, seramik ve plastik malzemelerin özelliklerinin karşılaştırılması (Aran,1990).....	8
Çizelge 2.3. Çeşitli cam elyaf sınıflarının fiziksel özellikleri (Prashanth vd., 2017)	15
Çizelge 2.4. Takviye elemanlarının özellikleri (Teknolojik Araştırmalar, b.t.)	16
Çizelge 2.5. Termoplastikler ve termosetler arasındaki karşılaştırma	20
Çizelge 2.6. Alüminyum ve alüminyum alaşımlarının yaşlandırma simgeleri (Demirtaş, 2009).....	24
Çizelge 3.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan polimer kompozit malzeme	27
Çizelge 3.2. Deneysel çalışmalarda kullanılan alüminyum malzeme.....	27
Çizelge 4.1. 6061 T6 alüminyum alaşımı malzeme için çekme testi verileri	36
Çizelge 4.2. PA66+GF30 polimer kompozit malzeme için çekme testi verileri	38
Çizelge 4.3. Alüminyum ve polimer kompozit malzemenin sertlik verileri.....	41
Çizelge 4.4. Alüminyum ve polimer kompozit malzemenin darbe dayanımı verileri....	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Atışlar sonucu hasara uğramış tabanca gövdesi	4
Şekil 2.2. Polimer kompozit esaslı tabanca şematik resmi (Sarsılmaz, b.t.).....	6
Şekil 2.3. Kompozit malzemelerin kesit görünüşü (Agarwal vd., 1980).....	10
Şekil 2.4. Kompozit malzemelerin sınıflandırılması (Teknolojik Araştırmalar, b.t.).....	12
Şekil 2.5. Elyaf takviyeli kompozit malzemelerde liflerin kompozit içerisindeki dizilişi: a) Örgülü elyaf takviyeli, b) Sürekli elyaf takviyeli, c)Yönlenmiş süreksiz elyaf takviyeli, d) Gelişigüzel dağılmış süreksiz elyaf takviyeli kompozitler (Mallick, 2007).....	13
Şekil 2.6. Parçacık takviyeli ve dispersiyonla dayanımı artırılmış kompozitlerin yapısı (Şahin, 2000).....	21
Şekil 3.1. Instron 6800 Serisi Çekme Test Cihazı	29
Şekil 3.2. 6061 T6 alüminyum alaşımı malzeme için çekme testi numunesi	29
Şekil 3.3. PA66+GF30 polimer kompozit malzeme için çekme testi numunesi	30
Şekil 3.4. Çekme deneyi öncesi 6061 T6 alüminyum alaşımlı malzeme	30
Şekil 3.5. Çekme deneyi öncesi PA66+GF30 polimer kompozit malzeme.....	31
Şekil 3.6. Tuz püskürtme testi cihazı	32
Şekil 3.7. Sertlik deneyi numunesi	33
Şekil 3.8. Emco Test Dura Scan G5 Serisi sertlik test cihazı	33
Şekil 3.9. Darbe testi numunesi	34
Şekil 3.10. Instron darbe test cihazı	34
Şekil 4.1. Ağırlık ölçümleri yapılan tabanca gövdeleri	35
Şekil 4.2. 6061 T6 alüminyum alaşımı malzeme için gerilme-% uzama grafiği.....	36
Şekil 4.3. PA66+GF30 polimer kompozit malzeme için gerilme-% uzama grafiği.....	37
Şekil 4.4. PA66+GF30 polimer kompozit malzeme için kuvvet-birim uzama grafiği...	37

Şekil	Sayfa
Şekil 4.5. Çekme deneyi sonrası 6061 T6 alüminyum alaşımlı malzeme	39
Şekil 4.6. Çekme deneyi sonrası PA66+GF30 polimer kompozit malzeme.....	39
Şekil 4.7. 6061 T6 malzemenin korozyon testi öncesi ve sonrasına ait görsel.....	40
Şekil 4.8. P66+GF30 malzemenin korozyon testi öncesi ve sonrasına ait görsel.....	41
Şekil 4.9. Darbe deneyi sonrası PA66+GF30 ve 6061 T6 alüminyum malzemeleri.....	42



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, yanda açıklamaları verilmek üzere aşağıda listelenmiştir.

Simgeler	Açıklama
ρ	malzemenin yoğunluğu
m	malzemenin kütlesi
V	malzemenin hacmi
μm	mikrometre
Al	alüminyum
Mg	magnezyum
Si	silisyum
Zn	çinko
Fe	demir
Cu	bakır
Mn	manganez
Cr	krom
Ti	titanyum
$^{\circ}\text{C}$	santigrat derece
%	yüzde
Na	sodyum
Cl	klor
HV	vickers

Kısaltmalar	Açıklama
<i>PVC</i>	Polivinil klorür
<i>PC</i>	Plokarbonat
<i>PS</i>	Polistiren
<i>GTT</i>	Geri tepmesiz top
<i>PA66</i>	Poliamid 66
<i>gr</i>	Gram
<i>PPTA</i>	Poli-para-fenilen-tereftalamidin
<i>PA66 + GF30</i>	%30 cam elyaf ile güçlendirilmiş Poliamid 66 ihtiva eden polimer kompozit malzeme
<i>mm³</i>	Milimetre küp
<i>mg</i>	Miligram
<i>kN</i>	Kilo newton
<i>dk</i>	Dakika
<i>cm³</i>	Santimetre küp
<i>MPa</i>	Megapaskal
<i>N</i>	Newton
<i>J</i>	Joule

1. GİRİŞ

Katı malzemeler üç temel sınıflandırmaya ayrılmıştır: Metaller, seramikler ve polimerler. Bu şema temel olarak kimyasal yapıya ve atomik yapıya dayanmaktadır ve bazı ara maddeler olmasına rağmen çoğu malzeme bir veya başka bir gruba girer. Ek olarak, yukarıdaki üç temel malzeme sınıfından ikisinin veya daha fazlasının kombinasyonları olan kompozitler vardır. Aşağıda bu malzeme türleri ve temsili özelliklerin kısa bir açıklaması sunulmaktadır. Diğer bir sınıflandırma, yüksek teknoloji uygulamalarında kullanılan gelişmiş malzemelerdir. Örneğin; yarı iletkenler, biyomalzemeler, akıllı malzemeler ve nanomühendislik malzemeleri.

Metaller: Bu gruptaki malzemeler, nispeten küçük miktarlarda bir veya daha fazla metalik elementten (demir, alüminyum, bakır, titanyum, altın ve nikel gibi) ve sıklıkla metalik olmayan elementlerden (örneğin karbon, nitrojen ve oksijen) oluşur. Metaller ve alaşımlarındaki atomlar çok düzenli bir şekilde dizilmiştir ve seramikler ve polimerlere kıyasla nispeten yoğundur.

Seramikler: Seramikler, metalik ve metalik olmayan elementler arasındaki bileşiklerdir; bunlar çoğunlukla oksitler, nitrürler ve karbürlerdir.

Polimerler: Bilinen plastik ve kauçuk malzemeleri içerir. Birçoğu kimyasal olarak karbon, hidrojen ve diğer metalik olmayan elementlere dayalı organik bileşiklerdir. Ayrıca, karbon atomlarından oluşan bir omurgaya sahip olan, genellikle zincir benzeri doğada çok büyük moleküler yapılara sahiptirler. Yaygın ve tanınan polimerlerden bazıları polietilen, naylon, polivinil klorür (PVC), polikarbonat (PC), polistiren (PS) ve silikon kauçuktur. Bu malzemeler tipik olarak düşük yoğunluklara sahiptir. Ancak mekanik özellikleri genellikle metalik ve seramik malzemelere benzemez. Bu, diğer malzeme türleri kadar sert veya güçlü değildirler.

Kompozitler: Bir kompozit, iki veya daha fazla ayrı malzemedan oluşur. Bir kompozitin tasarım amacı, herhangi bir tek malzeme tarafından sergilenmeyen özelliklerin bir kombinasyonunu elde etmek ve ayrıca bileşen malzemelerin her birinin en iyi özelliklerini bir araya getirmektir. Farklı metal, seramik ve polimer kombinasyonlarıyla temsil edilen çok sayıda kompozit türü mevcuttur. Ayrıca, doğal olarak oluşan bazı malzemeler de kompozit

olarak kabul edilir. Örneğin, ahşap ve kemik. Bununla birlikte, tartışmalarımızda ele aldıklarımızın çoğu sentetik (veya insan yapımı) kompozitlerdir.

Gelişmiş Malzemeler: Yüksek teknoloji uygulamalarında kullanılan malzemelere gelişmiş malzemeler denir. Örnekler arasında elektronik ekipman (kamaralar, CD/DVD oynatıcılar, vb.), bilgisayarlar, fiber optik sistemler, uzay araçları, uçaklar ve askeri roketler sayılabilir. Bu gelişmiş malzemeler tipik olarak özellikleri geliştirilmiş geleneksel malzemelerdir.

Hafif silahlar sınıfında yer alan tabancalar sivil insanların ve özellikle de yurt içinde kolluk kuvvetlerinin sıklıkla kullandığı silahlardır. Son yıllarda gelişen teknoloji ve artan rekabet koşulları tabancalardan beklenen özellikleri artırmaktadır. Bu kapsamda yaşanan gelişmeler tabanca ana parçaları ile balistik öneme haiz parçaları için malzeme seçimini kritik hale getirmiştir.

Bu çalışmada, tabancaların gövdelerinin üretiminde kullanılan 6061 T6 alüminyum alaşımı ve cam elyaf ile güçlendirilmiş Poliamid 66 ihtiva eden polimer kompozit malzemenin oda sıcaklığında çekme testi, darbe testi ve sertlik ölçme testlerini uygulamak ve malzemelerin üretim hızı, üretim maliyeti, korozyon direnci, yoğunlukları ile ağırlıklarını da göz önünde bulundurmak, suretiyle malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenerek tabancaların gövdesi için en uygun malzemeyi seçmek hedeflenmiştir. Ayrıca, her iki malzeme için avantaj ve dezavantajlar belirlendiğinden üreticiler ve kullanıcılar için uygun malzeme seçimine yönelik teknik bir veri oluşturulmak amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Hafif Silahlar

Geçmiş zamanlarda, silahlarla ilgili birçok tanımlama yapılmış olsa da sadece ateşli silahların silah tanımı içerisinde yer aldığı bilgisi edinilmiştir. Fakat günümüzde 6136 sayılı Ateşli Silahlar ve Bıçaklar ile Diğer Aletler Hakkında Kanundaki silah tanımında ateşli, ateşsiz, kimyasal, biyolojik ve nükleer gibi bir ayrım yapılmaksızın, canlıları öldüren, yaralayan etkisiz bırakan ya da hasta eden ruhsata tabi araç ve aletlere silah denilmiştir (T.C. Resmi Gazete, 15 Temmuz 1953, sayı:8458).

Çapları 20 mm'den küçük silahlar ile çapları 20 mm'den büyük olan roketatar, havan, geri tepmesiz top gibi piyadenin destek silahlarına hafif silah denir.

Hafif Silahlar; tabanca, makineli tabanca, piyade tüfekleri, keskin nişancı tüfekleri, makineli tüfekler, roketatarlar, bombaatarlar, havan ve geri tepmesiz toplar (GTT) olarak sınıflandırılır.

Tabanca ve tüfeklerde kullanılan ahşap malzemelerin yerini polimer malzemelere bırakmasıyla başlayan süreçte, hafif silah endüstrisindeki gelişmelerle beraber metal parçaların yerini polimer kompozit malzemeler almaya başlamıştır. Hafif silahlarda polimer kompozit kullanılmasıyla beraber hafiflik, yüksek spesifik dayanım, düşük maliyet ve korozyon direnci gibi özelliklerine katkı sağlamıştır (Eryıldız ve Eker, 2015; Arıcasoy, 2006). Silah parçalarında kullanılan malzemelerden istenen özellikler aşağıda belirtilmiştir.

Silah parçaları yüksek gerilimler ve yükler altında çalıştığı için uygulanan yüke bozulmadan cevap verebilmesi için yüksek mukavemet değerlerine ve büyük gerilme altında küçük şekil değiştirme istenildiği için yüksek elastisite modülüne sahip olması gerekmektedir (Karslı, 2016).



Şekil 2.1. Atışlar sonucu hasara uğramış tabanca gövdesi

Silahlar yüksek şiddetli ve tekrarlı darbe yükleri altında çalıştığından dolayı silahın parçalarına ait malzemelerin çarpmaya ve kırılmaya karşı direnç gösterirken çarpışma enerjisini absorbe edebilmesi gerekir. Bu özellik yüksek darbe dayanımı (yüksek tokluk) olarak adlandırılır (Karşlı, 2016).

Silahın seri atışları sonucunda silaha ait parçalar aşınmakta olup bu durumun sonucunda silahın isabetlilik oranı azalmaktadır. Bu durumun iyileştirilebilmesi için malzemelerin yüksek aşınma direncine sahip olması gerekmektedir (Karşlı, 2016).

Silahların farklı iklim şartlarında kullanıldığı düşünüldüğünde yüksek ve düşük sıcaklıkta kararlı olması beklenir. Bu durum malzemenin boyutsal ve mukavemet açısından yüksek kararlılığı ile sağlanabilmektedir (Karşlı, 2016).

Silahlar seri atışlar sonucunda yüksek sıcaklık değerlerine ulaştığında, silaha ait parçalar çok azda olsa genişir ve soğuma durumunda ise eski hallerini alırlar. Sıcaklık direnci yüksek olan malzemeler çok daha az genişmeye maruz kaldığından bu malzemeler tercih sebebidir (Tabanca ve Tüfek, b.t.).

Metalik gövdeli silahlarda görülen yaygın sorunlardan biride korozyondur. Birçok aşındırıcı sıvıya maruz kalan gövde yüzeylerinde aşınma meydana gelmekte ve malzemenin özelliğini yitirmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle seçimi yapılacak malzemenin yüksek korozyon direncine sahip olması gerekmektedir (Karşlı, 2016).

Silahların taşınması ve kullanımı sırasında yüksek ergonomik özelliği arandığından dolayı yüksek şekillendirilebilirlik ve düşük yoğunluklu malzeme seçilmelidir (Karşlı, 2016).

Her üründe olduğu gibi silahlarında düşük maliyetli olarak üretilmesi istenir. Bu sebepten dolayı daha düşük üretilme ve işlenme yeteneğine sahip malzemeler tercih edilmelidir (Tabanca ve Tüfek, b.t.).

Silah üreticilerinin optimum performansa sahip silahı imal edebilmeleri için bu parametreleri en uygun oranda sağlayacak olan malzemeyi kullanmaları gereklidir. Bu parametreler öncelik sırasına göre belirlenerek kullanılacak malzeme seçilmelidir. Bu önceliklerin belirlenmesi için hazırlanan malzeme özelliği önem sırası tablosu aşağıda Çizelge 2.1’de belirtilmiştir (Karşlı, 2016).

Çizelge 2.1. Malzeme özelliği önem sırası (Karşlı, 2016)

	MUKAVEMET	ELASTİSİTE MODÜLÜ	DARBE DAYANIMI	MALİYET	AŞINMA DİRENCİ	SERTLİK	SICAKLIKTAKARARLILIK	SU EMME DİRENCİ	KOROZYON DİRENCİ	YOĞUNLUK
MUKAVEMET		+	-	-	-	-	-	-	-	-
ELASTİSİTE MODÜLÜ	-		-	-	-	-	-	-	-	-
DARBE DAYANIMI	+	+		-	-	-	-	-	-	-
MALİYET	+++	+++	+++		+++	++	+++	++	++	+
AŞINMA DİRENCİ	+	+	+	-		-	-	-	-	-
SERTLİK	++	++	++	-	++		++	-	-	-
SICAKLIKTAKARARLILIK	++	++	+	-	+	-		-	-	-
SU EMME DİRENCİ	++	++	+++	-	+	+	+		-	-
KOROZYON DİRENCİ	+++	+++	++	-	+	+	++	+		-
YOĞUNLUK	+++	+++	++	-	++	++	++	+	+	
TOPLAM	17 +	18 +	14 +	0	11 +	6 +	10 +	4 +	3 +	1 +

Silah parçaları yapımında kullanılacak malzeme özelliği önem sırası, karşılaştırmalı bir sorunda çok sayıdaki alternatifi birden fazla kritere göre belirleyen yani önem derecesine göre niceliksel olarak sıralayan bir teknik olan analitik hiyerarşi yöntemiyle yüksekten düşüğe doğru; elastisite modülü, mukavemet, darbe dayanımı, aşınma direnci, sıcaklıkta kararlılık, sertlik, su emme direnci korozyon direnci, yoğunluk, maliyet şeklinde elde edilmiştir.

2.1.1. Tabanca

Hafif ve ateşli silahlar grubunda yer alan tabanca ise yukarda adı geçen 6136 sayılı Ateşli Silahlar ve Bıçaklar İle Diğer Aletler Hakkında Yönetmeliğine göre “Tam otomatik olmamak şartıyla, namlu uzunluğu fişek yatağı hariç 30 cm’yi ve tüm uzunluğu 50 cm’yi geçmeyen, dumanlı veya dumansız barut veya bu neviden bir patlayıcı ve itici güç ile gülle, mermi, saçma veya füze ile gaz ya da diğer nesneleri atabilen, belli bir çapta namluya uygun imal edilmiş ateşli silahlara tabanca” denir (T.C. Resmi Gazete, 15 Temmuz 1953, sayı:8458). Şekil 2.2’de polimer kompozit esaslı tabanca şematik resmi görülmektedir.



Şekil 2.2. Polimer kompozit esaslı tabanca şematik resmi (Sarsılmaz, b.t.)

Son yıllarda gelişen malzeme teknolojisi ile ortaya çıkan polimer kompozit esaslı tabancalar, kullanıcılarına hafiflik, neme karşı dayanıklılık, düşük maliyet, düşük geri tepme, taşıma kolaylığı gibi avantajlar sağlamaktadır. Şekil 2.2’de görülen tabancanın; alt gövde, kabza, şarjörün alt kısmı, gez, arpacık, tetik ve tabancanın üst kapağı altında bulunan bazı küçük parçalar polimer kompozit esaslı malzemelerden üretilmiştir (Karşlı, 2016).

Polimer kompozit esaslı tabanca gövdelerinde kompozit malzeme olarak genellikle cam elyaf ile güçlendirilmiş poliamid 66 (PA66) malzeme kullanılmaktadır. Tabanca gövdeleri tekrarlı ve yüksek darbelere maruz kaldığından dolayı %25-30 cam elyaf ihtiva eden PA66 malzeme kullanılırken diğer parçalarında %15-25 cam elyaf ihtiva eden PA66 malzeme kullanılmaktadır (Karşlı, 2016).

Klasik tabancalara alt gövde ağırlıkları olarak bakıldığında çelik tabanca gövdeleri ortalama 400 gr, alüminyum tabanca gövdeleri ortalama 200 gr, polimer kompozit gövde (%30 cam elyaf ihtiva eden PA66 malzeme) yaklaşık 120 gr ağırlığındadır. Buna bağlı olarak çelik gövdeli tabancalar ortalama 1200 gr, alüminyum alaşımlı tabancalar ortalama 1000 gr iken polimer kompozit esaslı tabancalar yaklaşık 750 gr’lık ağırlığa sahiptirler (Eryıldız ve Eker, 2015; Arıcasoy, 2006).

Polimer kompozit esaslı tabanca gövdelerinin avantajları:

- Hafiflik: Alüminyum ve çelik gövdeli tabancalara göre kompozit gövdeli tabancalar daha hafiftirler. Bu özellik onlara rahat taşınabilirlik özelliği kazandırmıştır.
- Basınç absorbe yeteneği: Kompozit gövdeler tabancanın ateşlenmesi ile oluşan geri tepme kuvvetini malzeme yapısından ötürü küçük miktarda da olsa absorbe ederek kullanıcıya rahatlık sağlar.
- Korozyon direnci: Kompozit gövdeler genellikle açık hava maruziyeti, kimyasal işleme uygulamaları ve diğer zorlu ortamlar için uygun malzeme seçimidir.
- Düşük maliyet: Metal gövdeler talaşlı imalat ile üretilirken, kompozit gövdeler plastik enjeksiyon ile daha düşük maliyetlerle daha hızlı bir şekilde üretilir. (Tabanca ve Tüfek, b.t.)

Polimer kompozit esaslı tabanca gövdelerinin dezavantajları:

- Yüksek namlu şahlanması: Kompozit gövdeli tabancaların hafif olmaları avantaj sayılırken seri tabanca atışlarında düşük ağırlıklarından dolayı metal gövdeli tabancalara göre yüksek namlu şahlanması görülmektedir.
- Düşük isabet: Yüksek namlu şahlanması görüldüğünden seri atışlarda hedefi vurmada zorluklar yaşanabilmektedir.
- Düşük ısı direnci: Tabancalar seri atışlarda ısınır ve tabanca gövdesinde genleşmeler meydana gelir. Polimer gövdeli tabancalar soğuduğunda malzeme yapısından dolayı eski şeklini alamayarak ve gövde üzerinde yamulmalar meydana gelir. Bu durum tabancanın çalışamaz hale gelmesine neden olabilir. (Tabanca ve Tüfek, b.t.)

2.2. Kompozit Malzemeler

Malzemeler; metaller, seramikler ve plastikler olmak üzere üç ana gruba ayrılırlar. Bu grupların birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Çizelge 2.2’de metaller, seramikler ve plastiklerin bazı özelliklerinin karşılaştırılması bulunmaktadır. Bu üç ana grubun dışında yapısı ve özelliği birbirinden tamamen farklı iki veya daha fazla malzemenin çeşitli işlemlerden geçirildikten sonra birleştirilip daha dayanıklı ve daha dirençli yeni bir malzeme üretilmesi işlemine kompozit, ortaya çıkan yeni malzemeye kompozit malzeme denir (Aran, 1990).

Çizelge 2.2. Metal, seramik ve plastik malzemelerin özelliklerinin karşılaştırılması (Aran,1990)

Malzeme Grubu	Yoğunluk	Dayanım	Tokluk	Isıl Kararlılık	Biçimlen dirme	Birleştirme
Metaller	Orta Yüksek	Orta	İyi	Orta	Orta	Orta
Seramikler	Düşük Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	Kötü	Kötü
Plastikler	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	İyi	İyi

En iyi özellik gösteren malzemelerin bir araya gelmesiyle oluşan kompozit malzeme geleneksel malzemelere göre birçok avantajları bulunmaktadır. Kompozit malzemeler hazırlanırken aşağıda belirtilen özelliklerin biri veya birkaçının oluşturulması amaçlanmıştır.

- Dayanım
- Yorulma direnci
- Aşınma direnci
- Korozyon direnci
- Kırılma tokluğu
- Yüksek sıcaklıktaki özellikleri
- Isıl iletkenlik
- Elektrik iletkenliği
- Akustik iletkenlik
- Rijitlik
- Ağırlık
- Fiyat
- Estetik görünüm (Aran, 1990)

1900'lü yılların başında geliştirilmeye başlanılan sentetik plastiklerin ardından, 1930'lu yılların sonunda plastik malzemelerin özellikleri diğer malzemeler ile kıyaslanabilir duruma gelmeye başlanmıştır. Kolay şekillendirilebilir olması, korozyona karşı dirençli olması, metallere göre düşük yoğunlukta olması ve yüksek yüzey kalitesi plastiğin yükselmesindeki en önemli özellikleridir. Ancak plastik malzemelerin sertlik ve darbe dayanımı gibi özelliklerinin yetersiz olması başka malzemeler geliştirilmesine ortam hazırlamıştır. Bu

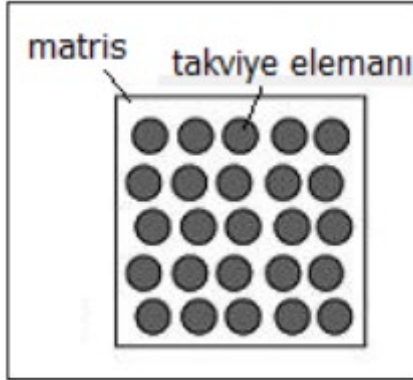
durum ise 1950’li yıllarda polimer kompozit malzemelerin geliştirilmesiyle giderilmeye çalışılmıştır (Arıcasoy, 2006).

Günümüzde bu malzemeler yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Havacılık sanayi, denizcilik sanayi, spor araçları, savunma sanayi, sağlık, ulaşım, otomotiv, müzik aletleri, yapı sektörü gibi farklı uygulama alanlarında kompozit malzemeler kullanılmaktadır.

Savunma sanayi alanında kullanılmak üzere üretilen kompozit malzemelerden istenilen özellikler; kolay şekillendirilebilme, yüksek mukavemet/yoğunluk oranı, renklendirilebilme, korozyona ve kimyasal etkilere karşı mukavemet, elektriksel özellikler ve titreşim sönümleyebilmeleridir (Eryıldız ve Eker, 2015).

2.3. Kompozit Malzemelerin Yapısı

Kompozit malzemeler Şekil 2.3’deki gibi takviye elemanı ve matris malzemesinden oluşur.



Şekil 2.3. Kompozit malzemelerin kesit görünüşü (Agarwal vd., 1980)

Takviye Elemanı: Bir kompozit malzemede takviye elemanının asıl işi yükü taşıyarak matrisin rijitliği ve dayanımını artırmaktır.

Matris: Bir kompozit fiber sisteminin gömülü olduğu homojen ve yekpare bir malzemedir. Tamamen süreklidir. Matris, takviyeleri bir katı halinde bir arada tutmak ve bağlamak için bir ortam sağlar. Takviyeleri çevresel hasarlardan korur, yük aktarmaya hizmet eder ve bitiş, doku, renk, dayanıklılık ve işlevsellik sağlar.

Kompozit malzemelerin avantajları:

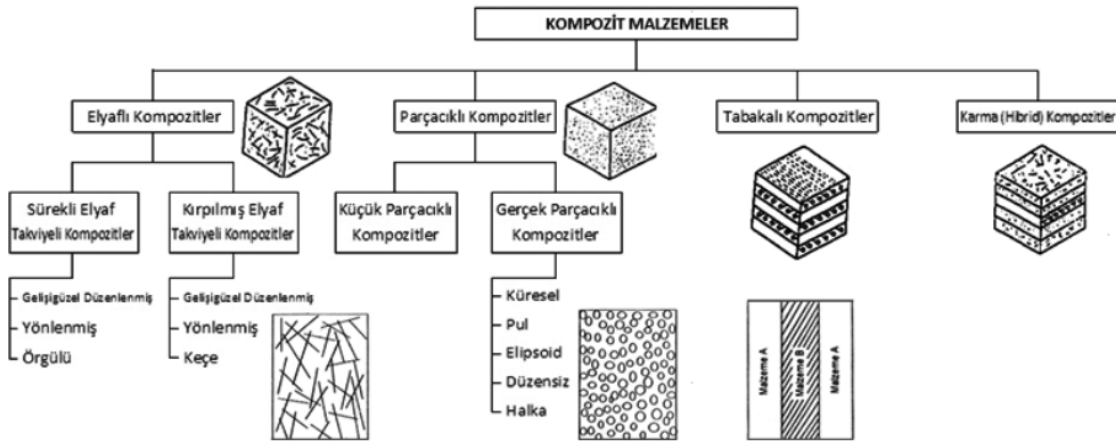
- Yüksek mukavemet
- Hafiflik
- Tasarım esnekliği
- Yüksek dielektrik direnci
- Korozyon dayanımı
- Kalıplama kolaylığı
- Yüzey uygulamaları
- Şeffaflık özelliği
- Beton ve demir yüzeylere uygulama imkanı
- Yüksek sıcaklık dayanımı
- Tamir edilebilir özelliği
- Kimyasallara, korozyona ve hava şartlarına dayanıklılık (Ekinci, 2018).

Kompozit Malzemelerin Dezavantajları:

- Pahalı olması
- Üretim zorluğu
- Lamine edilmiş kompozitlerin özellikleri her zaman ideal değildir, kalınlık yönünde düşük dayanıklılık ve katlar arası düşük dayanıklılık özelliği bulunmaktadır.
- Üretim yönteminin kaliteli olması, üretilen malzemenin kaliteli olmasına nedendir..
- Genelde kırılğan (gevrek) olduklarından dolayı kolay zarar görürler (Ekinci, 2018).

2.4. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Bugüne kadar geliştirilen kompozit malzemelerin çoğu, mukavemet, sertlik, tokluk ve yüksek sıcaklık performansı gibi mekanik özellikleri geliştirmek için üretilmiştir. Ortak bir mukavemet mekanizmasına sahip olan kompozitleri bir arada incelemek doğaldır. Mukavemet mekanizması büyük ölçüde takviye elemanının geometrisine bağlıdır. Bu nedenle, kompozit malzemeleri temsili bir takviye elemanının geometrisine göre sınıflandırmak oldukça uygundur. Şekil 2.4, kompozit malzemeler için yaygın olarak kabul edilen bir sınıflandırma şemasını temsil etmektedir. Matris malzeme ise genel olarak yapısına göre sınıflandırılmakla birlikte; polimer, metal ve seramik matrisli olabilirler (Agarwal vd., 1980).



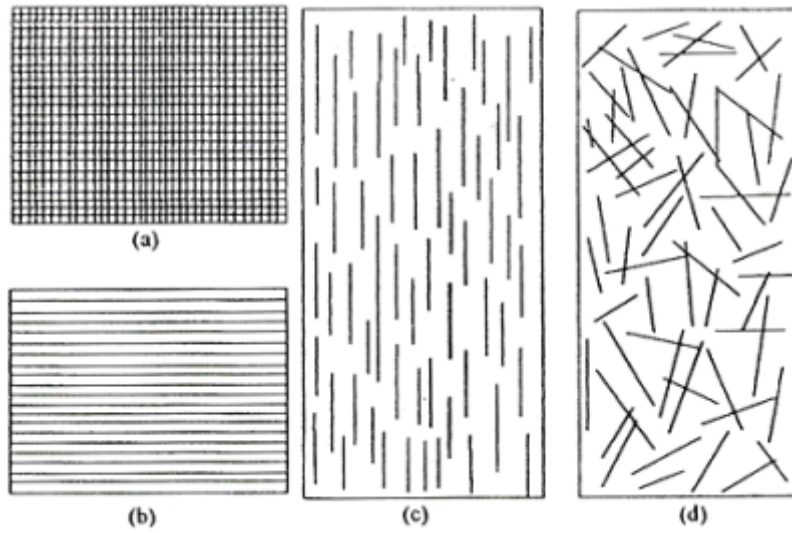
Şekil 2.4. Kompozit malzemelerin sınıflandırılması (Teknolojik Araştırmalar, b.t.)

Bu sınıflandırma ile ilgili olarak, bir parçacığın ayırt edici özelliği, doğası gereği lifsiz olmasıdır. Küresel, kübik, dörtgen veya diğer düzenli veya düzensiz şekillerde olabilir, ancak yaklaşık olarak eş eksenlidir. Bir lif, uzunluğunun enine kesit boyutlarından çok daha büyük olmasıyla karakterize edilir. Parçacık takviyeli kompozitlere bazen parçacıklı kompozitler denir. Elyaf takviyeli kompozitler anlaşılır bir şekilde elyafli kompozitler olarak adlandırılır (Agarwal vd., 1980).

2.4.1. Elyaf (lif, fiber) takviyeli kompozit malzemeler

İlave materyallerin (lif dağılımı, yönlenme, tip ve miktar) özellikleriyle doğru orantılı elyaf takviyeli kompozit malzemeler oluşturulmaktadır. Bunun yanında arayüz bağlarının yapısı

ve ara yüzde gerçekleşen yük aktarım mekanizmaları da önemlidir. Bu tür malzemelerde cam, karbon, aramid, bor gibi sentetik elyaflar ile sisal, jüt, kenaf, bambu, pamuk gibi doğal elyaflar takviye fazı olarak kullanılır. Reçine (matris) malzemesi olarak genellikle termoplastik ve termosetler kullanılmaktadır. Termosetler ucuz ve kolay üretilebilirlikleri nedeniyle termoplastiklere göre daha çok tercih edilmektedirler. Epoksi, polyester, vinilester, fenolik reçineler yaygın olarak kullanılan termosetlerdir. Polietilen, poliamid, polioksimetilen, polikarboant, polisitiren ve polivinil klorür sıklıkla kullanılan termoplastiklerdir (İlhan ve Feyzullahoğlu, 2019). Elyaf takviyeli kompozit malzemelerde liflerin kompozit içerisindeki dizilişi Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Elyaf takviyeli kompozit malzemelerde liflerin kompozit içerisindeki dizilişi: a) Örgülü elyaf takviyeli, b) Sürekli elyaf takviyeli, c) Yönlendirilmiş süreksiz elyaf takviyeli, d) Gelişigüzel dağılmış süreksiz elyaf takviyeli kompozitler (Mallick, 2007).

Liflerin ve Matrisin İşlevleri

Plastiklerin elyaflarla takviye edilmesiyle kompozit bir malzeme oluşturulur. Kompozit davranışın iyi bir şekilde anlaşılması için, bir kompozitte liflerin ve matris malzemelerinin rolleri hakkında iyi bir bilgiye sahip olunmalıdır. Liflerin ve matris malzemelerinin önemli işlevleri aşağıda anlatılmaktadır (Mazumdar, 2001).

Bir kompozitteki liflerin ana işlevleri şunlardır:

- Yüğü taşımak için: Yapısal bir kompozitte, yükün %70 ila 90'ı lifler tarafından taşınır.
- Kompozitlerde sertlik, mukavemet, ısı kararlılık ve diğer yapısal özellikleri sağlamak.
- Kullanılan elyafın cinsine göre elektriksel iletkenlik veya izolasyon sağlamak (Mazumdar, 2001).

Lifler, bir matris malzemesi veya bağlayıcı olmadan kendi başlarına çok az işe yararlar. Bir matris malzemesinin önemli işlevleri şunlardır.

- Matris malzemesi lifleri birbirine bağlar ve yükü liflere aktarır. Yapıya sağlamlık ve şekil verir.
- Matris, lifleri izole eder, böylece her bir lif ayrı ayrı hareket edebilir. Bu, bir çatlağın yayılmasını durdurur veya yavaşlatır.
- Matris, iyi bir yüzey kalitesi sağlar ve net şekilli veya net şekle yakın parçaların üretimine yardımcı olur.
- Matris, takviye liflerine kimyasal saldırı ve mekanik hasara (aşınma) karşı koruma sağlar.
- Seçilen matris malzemesine bağlı olarak süneklik, darbe dayanımı vb. gibi performans özellikleri de etkilenir. Sünek bir matris, yapının tokluğunu artıracaktır. Daha yüksek tokluk gereksinimleri için termoplastik bazlı kompozitler seçilir.
- Hata modu, kompozitte kullanılan matris malzemesinin türünden ve bunun fiberle uyumluluğundan büyük ölçüde etkilenir (Mazumdar, 2001).

Takviye elemanları

Takviye elemanları kullanım amacına ve takviye malzemesinin cinsine göre çeşitlilik göstermektedir. Sıklıkla kullanılan takviye türleri;

Cam elyaf

Elyaf takviyeli kompozitlerin mekanik davranışları, öncelikle elyaf mukavemetine, matris mukavemetine ve elyaf/matris arasındaki ara yüzey yapışma kuvvetine bağlı olan gerilme transferini sağlamak için doğal yeteneklerine bağlıdır. Cam elyaflar, elyaf takviyeli kompozitlerin mekanik ve tribolojik özelliklerini geliştirmek için uzunlamasına, dokuma hasır, kıyılmış elyaf ve kıyılmış elyaf matı gibi çeşitli biçimlerde kullanılmıştır. Bununla birlikte, bu tür kompozitlerin özellikleri, kompozit hazırlama sırasında serilen liflerin doğasına ve yönüne bağlıdır. Cam elyaf, en yaygın kullanılan polimer takviyelerinden biridir ve tüm elyaf takviyeli kompozitlerin yaklaşık %90'ı cam elyafından yapılmıştır. Bunların en eskisi ve en popüler E-cam'dır. Diğer cam elyaf türleri arasında A-cam veya alkali cam, C-cam veya kimyasal dirençli cam ve yüksek mukavemetli R-cam ve/veya S-cam bulunur. Laboratuvar koşullarında cam elyafları yaklaşık 7000 N/mm²'lik çekme gerilimlerine karşı koyabilirken, ticari cam elyafları 2800 ila 4800 N/mm²'ye ulaşır (Prashanth vd., 2017). Cam elyafların sınıfları ve fiziksel özellikleri Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Çeşitli cam elyaf sınıflarının fiziksel özellikleri (Prashanth vd., 2017)

Cam Elyafların Sınıfları	Fiziksel Özellikleri
A-cam	Yüksek dayanıklılık, güç ve elektrik direnci
C-cam	Yüksek korozyon direnci
D-cam	Düşük dielektrik sabiti
E-cam	Daha yüksek mukavemet ve elektrik direnci
AR-cam	Alkali direnci
R-cam	Daha yüksek mukavemet ve asit korozyon direnci
S-cam	Daha yüksek çekme dayanımı

Karbon elyaf

Karbon fiberler, grafit ve kristal olmayan bölgelerden yapılmış yüksek mukavemetli malzemelerin yeni türüdür. Tüm takviye edici lifler arasında, karbon lifleri en yüksek özgül modülü ve mukavemeti sunar. Ek olarak, karbon lifleri yüksek sıcaklıklarda bile çekme mukavemetini koruma özelliğine sahiptir ve nemden bağımsızdır. Karbon fiberler, cam ve diğer organik polimer fiberlerin aksine stres altında mutlaka kırılmazlar. Karbon fiberler

ayrıca nispeten düşük termal genişleme katsayısı ile yüksek elektriksel ve termal iletkenlik sunar. Karbon fiberlerin bu özelliği, onları havacılık, elektronik ve otomobil sektörlerindeki uygulamalar için ideal kılar. Karbon fiberler maksimum 7 Gpa'lık bir kuvvet sunar, eksenel basınç mukavemeti, gerilme mukavemetlerinin % 10-60'ı ve enine basınç mukavemeti, eksenel basınç mukavemetlerinin % 12-20'sidir (Prashanth vd., 2017).

Aramid elyaf

En çok kullanılan aramid elyaf türü Kevlar'dır. Kevlar, sert bir moleküler yapıya sahip Poli-para-fenilen-tereftalamidin (PPTA) bir aramid elyafıdır. Kevlar elyafları genellikle hafiflik, yüksek mukavemet ve sertlik, hasar direnci ve yorulmaya karşı direncin son derece önemli olduğu yüksek performanslı kompozit uygulamalar için kullanılır. Aramid elyaflar genellikle yüksek darbe dayanımı ile birlikte yüksek mukavemet ve düşük ağırlık gerektiren uygulamalarda kullanılır. Aramid malzemelerin en yaygın uygulamalarından bazıları kurşun geçirmez yelekler, soğutma araçları, gemi gövdeleri ve son zamanlarda sivil yapıların yapısal olarak güçlendirilmesidir. Cam elyaf, karbon elyaf ve aramid takviye elemanlarının karakteristik özellikleri Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4. Takviye elemanlarının özellikleri (Teknolojik Araştırmalar, b.t.)

Malzeme	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
Cam Elyaf	2,54	2410	70
Karbon Elyaf	1,75	3100	220
Aramid Elyaf	1,46	3600	124

Matris malzemeleri

Matris, gerekli şekli oluşturmak için takviyeyi korurken, takviye matrisin tüm mekanik özelliklerini arttırır. Matris, genellikle takviyenin gömüldüğü ve matris boyunca düzgün bir şekilde dağıtılması gereken yekpare bir malzemedir. Matris malzemeleri 3 ana başlık altında toplanırlar;

Seramik matris

Seramik matrisli kompozitler, seramik partiküllerin, liflerin veya başka bir seramiğin matrisiyle bir karışımıdır ve normalde oldukça güçlü bağlanma gösteren, genellikle iyonik, ancak birkaç durumda kovalent olabilen katı malzemeler olarak tanımlanabilir. Seramik matris, seramikler, metaller, camlar ve polimerler ile takviye edilebilir. Seramik bazlı matris malzemeleri, olağanüstü korozyon direncine, yüksek erime noktalarına, üstün basınç dayanımına ve yüksek sıcaklıklarda stabiliteye sahiptir. Seramik matrisler, gaz türbini parçalarındaki pistonlar, kanatlar, rotorlar gibi yüksek sıcaklık uygulamaları için ortak tercihtir. Yüksek sıcaklıklarda hayatta kalabilirler ve aşındırıcı ortamlarda verimli bir şekilde çalışabilirler. Seramik matrisli kompozitlerin yapımında ana hedefler, dayanıklılığı arttırmaktır, çünkü yekpare seramikler kırılgandır ancak yüksek sertliğe ve dayanıklılığa sahiptir. Partiküller ve sürekli liflerle birlikte takviyenin toklukta bir artışa yol açtığı çok açıktır, ancak artış Oksit bazlı veya oksit olmayan ikinci Seramik matrisli kompozitler için daha da önemlidir. Seramik matrisli kompozitlerin en büyük dezavantajı, elyafdaki gerilimi daha düşük seviyelerde sınırlandıran düşük gerilimdeki başarısızlıklardır. Termal genişlemedeki herhangi bir değişiklikten kaynaklanan termal gerilimlerin ayarlanmasına karşı koruma sağlayan oldukça yüksek bir modüle ve daha düşük sünekliğe sahiptir (Sharma vd., 2020).

Metal matris

Metal Matris Kompozitleri, yaygın olarak gelişmiş malzemeler olarak kabul edilmektedir. Metal Matris Kompozitleri, iyi aşınma direnci ve olağanüstü termal iletkenliği kucaklayan gelişmiş mekanik ve termal özellikler açısından geleneksel malzemelerden daha iyidir. Şu anda yaygın matris metalleri alüminyum, bakır, demir, magnezyum, nikel ve titanyum'dur (Sharma vd., 2020).

Alüminyum alaşımları, iyi biçimlendirme ve birleştirme özellikleri, düşük yoğunluk, mükemmel dayanım ve korozyon direnci nedeniyle çoğunlukla otomobil ve havacılık sektöründe yapısal uygulamalarda kullanılmaktadır. Alüminyum ve alaşımlarının mukavemetini arttırmak için kompozit bir malzeme yapmak üzere seramik parçacıklar dâhil edilir. Titanyum bazlı kompozitler, özellikle yüksek sıcaklık yapıları için bir malzeme olarak geniş bir uygulamaya sahiptir. Titanyum alaşımları, yüksek sıcaklıkta üstün mukavemet ve

iyi korozyon direnci nedeniyle tipik olarak havacılık bileşenlerinde kullanılır. Ancak malzeme pahalıdır. Magnezyum, genellikle elektronik ekipmanlarda, motorlu testere muhafazalarında ve havacılık uygulamaları için dişli kutusu muhafazalarında kullanılan, demir dışı metaller arasında en hafif olanıdır. Bakır kolayca dökülebilir ve şekillendirilebilir. Mükemmel aşınma direncine sahip olan ve elektronikte elektrik kontakları ve elektronik sistemin elemanları olarak kullanılan bakır bazlı kompozit malzemeler. Metal Matrisli Kompozitler, günümüzde potansiyel endüstriyel uygulamalar için aşırı dikkat çekmiştir. Metal Matris Kompozitler birçok endüstride çok çeşitli ileriye dönük uygulamalara sahiptir. Metal Matris Kompozitler alanında yapılan son araştırmalar, olağanüstü mekanik özelliklere sahip kompozitler üretmek için doğru potansiyeli vurguladı. Bu metal matris kompozitler, hem yapısal hem de fonksiyonel uygulamalar için kullanılan pahalı geleneksel alaşımların mükemmel bir ikamesi olabilir. Gelişmiş yapısal uygulamalar için alüminyum matrisli kompozit önerilir (Sharma vd., 2020).

Polimer matris

Polimer matrisli kompozitler mevcut kompozitlerden yaygın olarak kullanılan kompozitlerdir. Polimer matrisli kompozitlerde matris malzemesine kıyasla yüksek mukavemete sahip oldukları için matris genellikle seramik elyaflarla güçlendirilmiştir. Polimer matrisli kompozitlerin özellikleri matrise, takviye elemanına, işlem parametrelerine, mikro yapıya, bileşime ve ara faza dayanmaktadır. Polimer matrisli kompozitler makul fiyatları ve kolay üretim yöntemleri ile tanınırlar. Polimer matrisli kompozit üreticileri, çeşitli üretim prosedürleriyle uygun maliyetli ürünler oluşturabilir. Her üretim süreci, üretilecek ürünün türünü tanımlayan özelliklere sahiptir. Bu uzmanlık, üreticinin tüketici için en iyi seçeneği sunmasını sağlar. Polimer matrisli kompozitler, karbon, cam, çelik ve doğal lifler gibi bir veya daha fazla takviyeli bir matris olarak termoplastik veya termoset plastikten oluşur. Polimerler, uygun şekilde işlenebildikleri için iyi bileşenler üretirler. Hafiflik, polimerlerin önemli bir özelliğidir. Polimer matrisli kompozitler çok çeşitli özellikler sunar. Yüksek mukavemet, yüksek darbe dayanımı, sıkıştırma, yorulma özellikleri, uygun maliyetli üretim ve işleme süreçleri, olağanüstü kimyasal ve korozyon direnci, düşük maliyetli kimyasal inertlik ve iyi mekanik özelliklerde mevcuttur. Uygulama alanları genellikle roket, uçak ve spor ekipmanlarıdır (Sharma vd., 2020). Polimer matrisler, termosetler ve termoplastikler olmak üzere 2 gruba ayrılırlar.

Termoplastikler

Termoplastik malzeme yüksek sıcaklıklarda şekillendirilebilir hale gelirken soğutulduğunda katı bir hal alan plastik polimer malzemedir. Termoplastiklerin çoğu yüksek moleküler ağırlığa sahiptir. Polimer zincirleri, artan sıcaklıkla hızla zayıflayan ve viskoz bir sıvı veren moleküller arası kuvvetlerle birleşir. Bu durumda termoplastikler yeniden şekillendirilebilir ve tipik olarak enjeksiyon kalıplama, sıkıştırma, kalıplama, perdahlama ve ekstrüzyon gibi çeşitli polimer işleme teknikleriyle parça üretmek için kullanılır. Termoplastikler, geri dönüşü olmayan kimyasal bağlar oluşturan termoset polimerlerden (veya "termosetlerden") farklıdır. Kütleme işlemi sırasında Termosetler ısıtıldıklarında erimezler, ancak tipik olarak ayrışır ve soğuduktan sonra yeniden oluşmazlar. En önemli termoplastiklerden bazıları; polietilen [düşük yoğunluklu polietilen) ve yüksek yoğunluklu polietilendir)], polipropilen, poli(vinil klorür), poliamid ve polistiren.

Poliamid

Poliamidler veya naylon, iyi denge özellikleri nedeniyle yüksek performanslı bir mühendislik termoplastik sınıfıdır. Poliamidler, tekrar eden amid bağları içerir, yani $-CO-NH-$. Aynı birimlerin, farklı birimlerle kopolimerlerin yoğunlaştırılmasıyla oluşur.

Naylon, 1928'de DuPont de Nemours tarafından orijinal polimerik malzemelerin tasarımı konusunda kapsamlı bir araştırma programına liderlik etmesi için işe alınan bir kimyager olan Wallace Hume Carothers tarafından keşfedildi. 1935'te PA 66 olarak bilinen formülü geliştirdi:

Poliamidler yüksek sıcaklık ve elektrik direnci sergilerler. Kristal yapıları sayesinde ayrıca mükemmel kimyasal direnç gösterirler. Çok iyi mekanik ve bariyer özelliklerine sahiptirler. Ayrıca bu malzemeler kolaylıkla alev geciktiricili olabilmektedir. Poliamidler, ticarileşen ilk gerçek sentetik elyaf olmuştur.

Cam elyafı ile takviye edildiğinde (kısa veya uzun), sertlikleri metallerle rekabet edebilir, bu nedenle Poliamidler genellikle metal değiştirme projelerinde dikkate alınır. Tüm poliamidler, amid kimyasal grubu nedeniyle nemi emme eğilimindedir. Nem, Poliamidler üzerinde bir plastikleştirici görevi görerek gerilme modülünü azaltır ve darbe direncini ve

esnekliği artırır. Nem alımının da boyutsal değişimler üzerinde büyük bir etkisi vardır; parçalar tasarlanırken bu dikkate alınmalıdır.

Termosetler

Termosetler, iki veya daha fazla bileşen, ortam koşulları altında birbirleriyle kimyasal olarak reaksiyona girdiğinde veya yüksek oranda çapraz bağlı bir ağ oluşturmak için radyasyon veya ısı ile indüklendiğinde oluşur. Termosetlerin oluşumu geri dönüşü olmayan bir süreçtir. Termosetler tipik olarak sert ve katıdır. Isıya maruz kaldıklarında daha yüksek sıcaklık direncine sahip olma eğilimindedirler ve termoplastiklere kıyasla daha yüksek sıcaklıklarda akmaz veya bükülmezler. Termosetler tipik olarak, yüksek yüklere dayanmak için yüksek mukavemet ve sertliğin gerekli olduğu yapısal uygulamalar için kullanılır. Çizelge 2.5'te termoplastiklerin ve termosetlerin özelliklerini karşılaştırılmıştır.

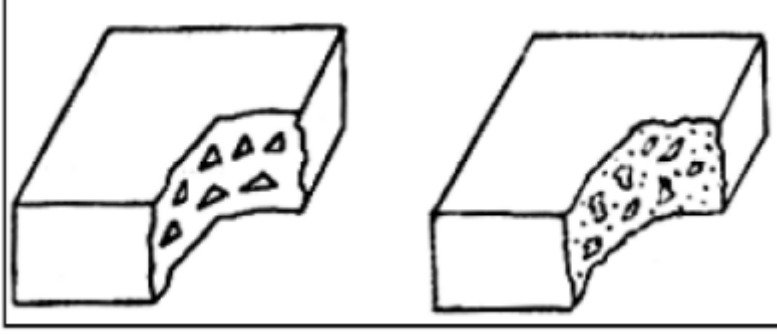
Çizelge 2.5. Termoplastikler ve termosetler arasındaki karşılaştırma

Termoplastikler	Termosetler
Yumuşak	Sert
İşleme kolaylığı	İşlenmesi zor
Daha yüksek sıcaklıkta işleme	Düşük sıcaklıkta işleme
Daha yüksek ilk malzeme maliyeti	Daha düşük ilk malzeme maliyeti
Yalıtkan	İletken
Daha yüksek darbe dayanımı	Daha düşük darbe dayanımı
Daha düşük ısı direnci	Daha yüksek ısı direnci
Zayıf ark direnci	Yüksek ark direnci
<i>Ticari termoplastikler:</i> Poliolefinler, polivinil klorür, stirenler, akrilikler	<i>Termosetler:</i> Epoksiler, fenolikler, alkidler, vinil esterler, doymamış polyesterler, poliüretanlar, aminoplastikler.
<i>Mühendislik termoplastikleri:</i> polikarbonat, polyesterler, poliamidler, polieterler, poliüretanlar, polisülfonlar, poliimidler	

2.4.2. Parçacıklı kompozitler

Bu tip kompozitler tek veya iki boyutlu makroskobik partiküllerin veya sıfır boyutlu olarak kabul edilen mikroskobik partiküllerin matris ile oluşturdukları malzemeler olup, ortalama gömülen parçacık boyutu 1µm'den büyük ve elyaf hacim oranı % 25'den fazla kullanılmamaktadır. En çok kullanılan parçacıklar ise Al₂O₃ ve SiC'den oluşan

seramiklerdir. Bu tür kompozitlerde yük, elyaf ve matris tarafından birlikte taşınır ve özellikler yine izotropiktir. Şekil 2.6’te gösterildiği gibi, bunlar büyük parçacık içerdiklerinden kaymayı etkili olarak yapamazlar (Şahin, 2000).



Şekil 2.6. Parçacık takviyeli ve dispersiyonla dayanımı artırılmış kompozitlerin yapısı (Şahin, 2000)

2.4.3. Tabakalı kompozitler

Değişik özelliklere sahip tabaka-levha halindeki malzemenin bir yapıştırıcı ile birleştirilmesinden sonra ortaya çıkan yeni ürüne denir. Bu kompozitlerde düşük maliyet, yüksek dayanım ve hafiflik ön plandadır. Sürekli elyaf takviyeli tabakalı kompozitler uçak yapılarında, kanat ve kuyruk grubunda yüzey kaplama malzemesi olarak çok yaygın bir kullanıma sahiptirler.

2.4.4. Karma (hibrid) kompozitler

Aynı kompozit yapıda iki ya da daha fazla elyaf çeşidinin bulunması olasıdır. Bu tip kompozitlere hibrid kompozitler denir. Bu alan yeni tip kompozitlerin geliştirilmesine uygun bir alandır. Örneğin, kevlar ucuz ve tok bir elyafır ancak basma mukavemeti düşüktür. Grafit ise düşük tokluğa sahip, pahalı ancak iyi basma mukavemeti olan bir elyafır. Bu iki elyafın kompozit yapısında hibrid kompozitin tokluğu grafit kompozitden iyi, maliyeti düşük ve basma mukavemeti de kevlar elyafı kompozitden daha yüksek olmaktadır (Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, 2016).

2.5. Alüminyum

Alüminyum, ağırlığının %8'inden fazlasını oluşturan, yer kabuğunda en çok bulunan metal ve en bol bulunan üçüncü kimyasal elementtir. Sadece oksijen ve silikon daha yaygındır. Yine de yaklaşık 150 yıl önce metalik formdaki alüminyum insanoğlu tarafından bilinmiyordu. Bunun nedeni, alüminyumun, demir veya bakırın aksine, doğada metal olarak bulunmamasıdır. Kimyasal aktivitesi ve oksijene olan ilgisi nedeniyle, alüminyum her zaman diğer elementlerle, özellikle alüminyum oksit olarak bir arada bulunur. Bu haliyle hemen hemen tüm killerde ve birçok mineralde bulunur (Kutz, 1998).

Bilim adamlarının alüminyum oksitten elektrolitik indirgeme yoluyla ekonomik olarak nasıl çıkarılacağını 1886 yılına kadar öğrenmedi. Yine de o zamandan bu yana geçen 100 yıldan fazla bir süre içinde alüminyum, doğal olarak bulunan yaklaşık 60 metal arasında demirden sonra en çok kullanılan ikinci metal haline geldi (Kutz, 1998).

Alüminyumun metal olarak özellikleri birçok durumda onun ideal ve ekonomik bir malzeme olmasını sağlar. Bu özellikler şunlardır:

- Uygun mekanik özelliklerle birlikte düşük ağırlık,
- Koku ve kimyasallara karşı dayanım ve sağlıklı koşullar,
- Yüksek ısı iletkenliği,
- Parlama ve alev almazlık,
- Manyetik nötralite,
- Kolay şekillendirilebilme kabiliyeti,
- Farklı yöntemlerle yüzey işlenebilmesi (Demirtaş, 2009).

2.5.1. Alüminyum alaşımları

Ticari olarak saf alüminyum (en az %99 alüminyum olarak tanımlanır) elektrik iletkenlerinde, kimyasal ekipmanlarda ve metal levha işlerinde uygulama bulsa da, nispeten zayıf bir malzemedir ve kullanımı, gücün önemli bir faktör olmadığı uygulamalarla sınırlıdır. Saf metalin bir miktar güçlendirilmesi, gerinim sertleştirme adı verilen soğuk işlemle elde edilebilir. Bununla birlikte, diğer metallerle alaşımlama yoluyla çok daha fazla güçlendirme elde edilir ve alaşımların kendileri gerinim sertleştirme veya ısıtıl işlem yoluyla daha da güçlendirilebilir. Dökülebilirlik ve işlenebilirlik gibi diğer özellikler de alaşımlama ile geliştirilir. Bu nedenle, alüminyum alaşımları, saf metalden çok daha yaygın olarak kullanılmaktadır ve birçok durumda, alüminyumdan söz edildiğinde, referans aslında birçok ticari alüminyum alaşımından biridir. Alüminyuma başlıca alaşım ilaveleri bakır, manganez, silikon, magnezyum ve çinkodur; diğer elementler de metalürjik amaçlar için daha küçük miktarlarda eklenir (Kutz, 1998).

2.5.2. Alüminyum alaşımlarının mekanik özellikleri

Dövme alüminyum alaşımları genellikle iki kategoride düşünülür: Isıl işlem görmeyen ve ısıtıl işlem gören. Isıl işlem görmeyen alaşımlar, güçlerini manganez, demir, silikon ve magnezyum gibi elementlerin sertleştirme etkisinden alan ve gerinim sertleştirilmesi ile daha da güçlendirilen alaşımlardır. 1xxx (saf alüminyum), 3xxx (Al-Mn), 4xxx (Al-Si) ve 5xxx (Al-Mg) serisi alaşımları içerir. Isıl işlem uygulanabilen alaşımlar, çözelti ısıtıl işlemi ve çökelme sertleşmesi için doğal veya kontrollü yaşlanma kombinasyonu ile güçlendirilir ve 2xxx (Al-Cu), bazı 4xxx, 6xxx (Al-Mg-Si) ve 7xxx (Al-Zn) serisi alaşımları içerir. Dökümler normalde gerinimle sertleştirilmez, ancak çoğu, ilave güç için çözelti ısıtıl işlemine tabi tutulur ve yaşlandırılır (Kutz, 1998).

Alüminyum alaşımların kompozisyonlarına, çözündürme ısıtıl işlem sıcaklıklarının ve sürelerinin farklılığına, soğutma hızlarındaki farklılıklara ve yaşlandırma ısıtıl işlem sıcaklık ve sürelerinin farklılıklarına göre çok değişik özellikler elde edilebilir. Bu uluslararası standartlarda T harfi ve bunu takip eden rakamlarla ifade edilir. Bu simgeleme sistemi Çizelge 2.6'da verilmiştir (Demirtaş, 2009).

Çizelge 2.6. Alüminyum ve alüminyum alaşımlarının yaşlandırma simgeleri (Demirtaş, 2009)

T1	Yüksek bir mekanik şekillendirme sıcaklığından soğutulup, doğal yaşlandırma ile kararlı duruma getirilmesi. Bu gösterim mekanik şekillendirme sıcaklığından soğutulduktan sonra tekrar soğuk olarak şekillendirme işlemi görmeyen veya soğuk düzleme işlemlerinin mekanik özellikleri etkilemediği ürünlerde kullanılır.
T2	Yüksek bir mekanik şekillendirme sıcaklığından soğutulup, soğuk şekillendirildikten sonra doğal yaşlandırma ile kararlı duruma getirilmesi. Bu gösterim yüksek mekanik şekillendirme sıcaklığından soğutulduktan sonra malzemenin dayanımını artırmak için soğuk olarak tekrar şekillendirilen veya soğuk düzleme işlemlerinin mekanik özellikleri etkilediği ürünlerde kullanılır
T3	Çözündürme işleminden sonra soğuk şekillendirilmesi ve doğal yaşlandırma ile kararlı duruma getirilmesi. Bu gösterim çözündürme ısı işleminden sonra malzemenin dayanımını artırmak için soğuk olarak tekrar şekillendirilen veya soğuk düzleme işlemlerinin mekanik özellikleri etkilediği ürünlerde kullanılır.
T4	Çözündürme işleminden sonra doğal yaşlandırma ile kararlı duruma getirilmesi. Bu gösterim çözündürme ısı işleminden sonra malzemenin dayanımını artırmak için soğuk olarak tekrar şekillendirilen veya soğuk düzleme işlemlerinin mekanik özellikleri etkilemediği ürünlerde kullanılır.
T5	Yüksek bir mekanik şekillendirme sıcaklığından soğutulup, oda sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta yaşlandırılarak kararlı duruma getirilmesi. Bu gösterim, mekanik şekillendirme sıcaklığından soğutulduktan sonra tekrar soğuk olarak şekillendirme işlemi görmeyen veya soğuk düzleme işlemlerinin mekanik özellikleri etkilemediği ürünlerde kullanılır
T6	Çözündürme işleminden sonra soğutulup, oda sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta yaşlandırılarak kararlı duruma getirilmesi. Bu gösterim, çözündürme ısı işlemi sıcaklığından soğutulduktan sonra tekrar soğuk olarak şekillendirme işlemi görmeyen veya soğuk düzleme işlemlerinin mekanik özellikleri etkilemediği ürünlerde kullanılır.
T7	Solüsyona alma işleminden sonra soğutulup, oda sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta aşırı yaşlandırılarak kararlı duruma getirilmesi. Bu gösterim, çözündürme ısı işlemi sıcaklığından soğutulduktan oda sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta maksimum mukavemet değerinin ötesindeki değerlere aşırı yaşlandırılarak mekanik özellikler dışında bazı belirgin karakteristikleri kazanmakta kullanılır.

2.6. Literatür Özetleri

Sabancı ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, fiber takviyeli polimer matriksli kompozitlerin enjeksiyon yöntemi ile üretimini incelemişlerdir. %0, %10, %20 ve %30 kısa cam fiber takviyeli naylon 6 ve %0, %10, %20 ve %30 kısa cam fiber takviyeli polipropilen matriksli kompozit yapılar enjeksiyon yöntemi ile üretilmiş ve mekanik deneylerde fiber takviyesinin, matriksin mekanik özelliklerini olumlu ölçüde değiştirdiği görülmüştür (Sabancı, 2005).

Thomason'un yaptığı çalışmada, uzun cam elyaf takviyeli poliamid 66'nın darbe performansı üzerindeki elyaf uzunluğunun, çapının ve konsantrasyonunun etkisi incelemiştir. Bu kompozitlerdeki cam elyaf içeriği, ortalama çapları 10, 14 ve 17 μm olan elyaflar kullanılarak ağırlıkça %10-50 aralığında değişmiştir. Kompozitin dayanımı artan elyaf oranı ile arttığı (lineer olmayan), artan elyaf çapı ile azaldığı (lineer) görülmüştür. %35 elyaf oranına sahip kompozit malzemedeki uzamanın max %27 olduğu belirlenmiştir (Thomason, 2009).

Sui ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; kısa cam elyaf içeren kauçukla güçlendirilmiş polimer kompozit malzemenin mekanik özellikleri incelemişlerdir. Üretilen kompozitler, ağırlıkça %0, 10, 20, 30 ve 40 oranında kısa cam elyafları içeren kauçukla sertleştirilmiş naylon 66'dır. Yapılan deneyler sonucunda, kısa cam elyaf oranının artışı malzemenin çekme dayanımı lineer olarak artırdığı görülmüştür. Enjeksiyon yoluyla üretilen malzemeler, ekstrüzyonla üretilen numunelere kıyasla belirgin şekilde daha yüksek mekanik özellikler gösterdiği belirlenmiştir (Sui vd., 2001).

Maisonnette ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, ısıtma işlemlerin 6061 alüminyum alaşımının mikro yapısı ve mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. AA6061-T6'nın davranışı, farklı ısıtma hızları kullanılarak çeşitli maksimum sıcaklıklarda önceden kontrollü ısıtma ve oda sıcaklığına doğal soğutma sonrasında oda sıcaklığında incelenmiştir. Oda sıcaklığında maksimum sıcaklık ve ısıtma hızının malzemenin mukavemeti üzerindeki etkisini değerlendirmek için yapılan çekme testleri, 15K s⁻¹ ısıtma hızında ve maksimum 400 °C sıcaklıkta, sıcaklık artması ve ısıtma hızının azalması durumunda akma gerilimi azalmıştır. Mekanik testlerin sonuçları, çökeltilerin çözünmesi ve irileşmesi nedeniyle mekanik özelliklerde bir azalma olduğunu göstermiştir (Maisonnette vd., 2011).

Kocaman ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, 6061 T6 Alüminyum alaşımının bilyeli dövme işleminin mekanik özelliklere etkisini incelemişlerdir. 0,6 mm ve 0,83 mm çaplarında çelik bilyeler ile dövme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bilye çapı arttıkça çekme dayanımı artmış, % uzama değeri düşmüştür. Ayrıca püskürtme basıncının artması ile çekme dayanımında artış olduğu görülmüştür (Kocaman vd., 2021).

2.7. Çalışmanın Amacı

Günümüzde savunma sanayi alanına verilen önem ve yapılan yatırımlar ile ülkemizde bu alana yönelik olumlu gelişmeler yaşanmaktadır. Bu gelişmeler neticesinde, özellikle kolluk kuvvetlerinin kullanımında çok yaygın olan ve hafif silahlar kapsamında bulunan tabancanın imal edilirken en efektif şekilde imal edilmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, tabanca gövdesi yapımında alüminyum malzeme ile polimer kompozit malzemenin mekanik özelliklerini tespit ederek her iki malzemenin birbirine göre üstün özelliklerini belirlemek, üretici ve kullanıcı açısından malzemeler hakkında teknik bir veri sunmak ve son olarak bir tabancadan istenilen özelliklere göre tabancanın ana parçası olan gövde malzemesini seçmek amaçlanmıştır. Ayrıca bu çalışma ile tabancalara ait malzeme seçimi konusunda ülkemizde yetersiz olan bilimsel alt yapının geliştirilmesine katkı sağlanılacaktır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, ısıtıl işlem görebilirliği, nispeten kolay işlenebilirliği ve özellikle de diğer alüminyum alaşımlarına göre daha sünek ve korozyon direnci yüksek olan 6061 T6 alüminyum alaşımı ve ekstrüzyon yöntemi ile üretilmiş levha şeklindeki malzemenin talaşlı imalat ile üretilen %30 cam elyaf ile güçlendirilmiş Poliamid 66 ihtiva eden polimer kompozit (PA66+30GF) malzemesinin ağırlık ve yoğunlukları ölçülerek çekme mukavemeti, sertlik ve darbe dayanımı değerleri ile korozyona karşı dirençleri tespit edildi. Deneysel çalışmalarda kullanılan numuneler Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan polimer kompozit malzeme

Matris Malzemesi	Takviye Malzemesi	Elyaf Hacim Oranı	Maliyet (€/kg)
Poliamid 66	Cam Elyaf	%30	3,1

Çizelge 3.2. Deneysel çalışmalarda kullanılan alüminyum malzeme

Alüminyum Malzeme	Isıl İşlem	Alaşım Sınıfı	Kimyasal Bileşim	Maliyet (€/kg)
6061	T6	EN AW-AlMg1SiCu	Si: 0,53 Fe: 0,52 Cu: 0,29 Mn: 0,07 Mg: 1,07 Cr: 0,2 Zn: 0,14 Ti: 0,05 Diğer: 0,01	2,75

Deneysel çalışmalarda kullanılan numuneler ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

6061 T6 : 6061 alüminyumun en çok talep edilen versiyonlarından biridir. T6, çökeltme sertleştirilmesi ile elde edilen temper veya sertlik derecesini ifade eder. Bu sınıf, iyi bir

mukavemet-ağırlık oranına sahiptir ve ayrıca ısı işlem görebilir. Mükemmel şekillendirilebilir ve kaynaklanabilir malzemedir.

PA66+GF30 : Daha yüksek mukavemet, sertlik, sürünme mukavemeti ve boyutsal stabilite gibi mekanik özellikler gösterir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Ağırlık ölçümü

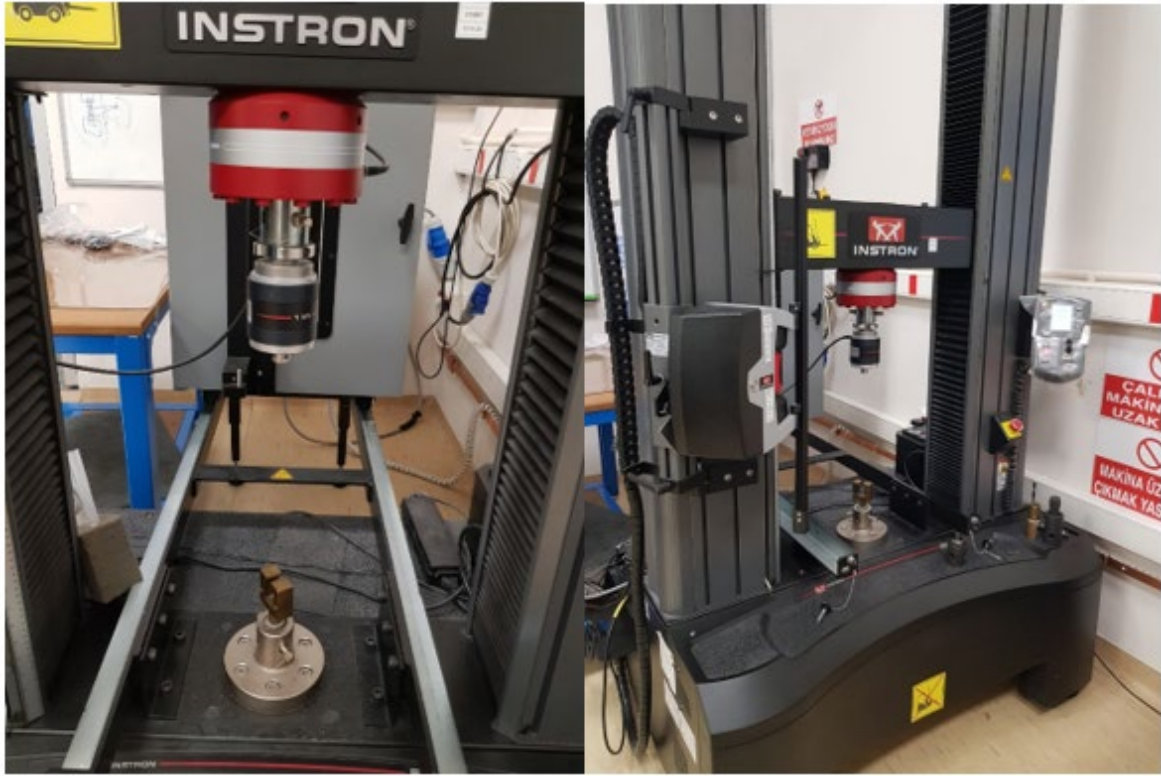
6061 T6 Alüminyum ve PA66+GF30 polimer kompozit malzemelerinden aynı ölçülerde üretilmiş tabanca gövdelerinin ağırlıkları ve 0,1 mg hassasiyete sahip dijital terazide ölçülmüştür.

3.2.2. Yoğunluk ölçümü

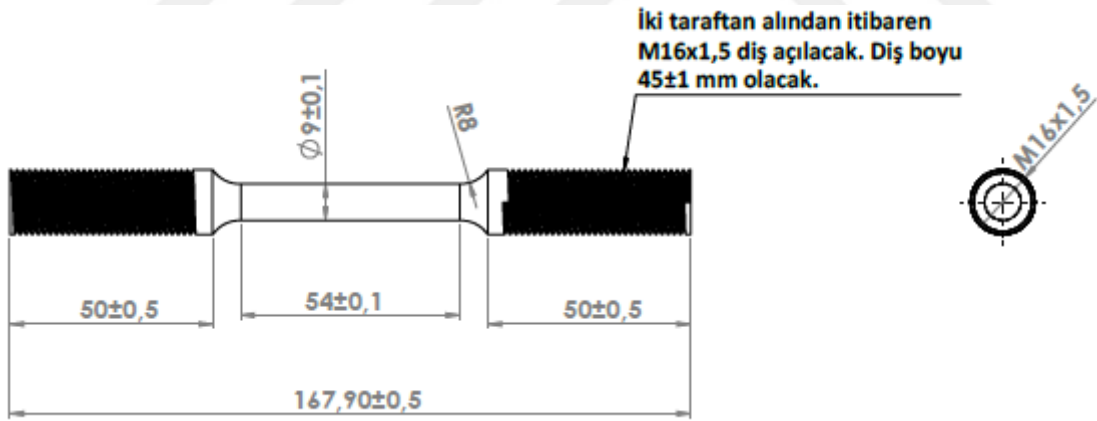
Yoğunluk ölçümü için 55x10x10 mm³ hacme sahip numuneler kullanılarak, kütleleri 0,1 mg hassasiyete sahip dijital terazide tartılmıştır. Numunelerin boyutları 1 µm hassasiyetli mikrometre ile ölçülerek $\rho=m/V$ eşitliğinden malzemelerin yoğunlukları bulundu.

3.2.3. Çekme deneyi

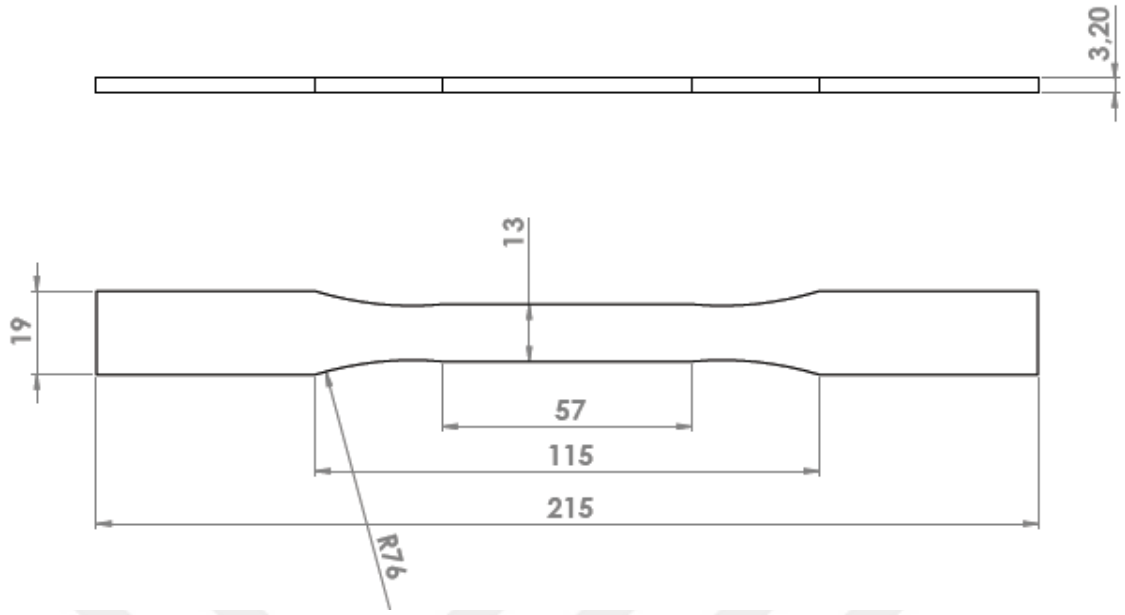
Çekme deneyine ait verilerin belirlenebilmesi için alüminyum malzeme ASTM E8M standardına göre, polimer kompozit malzeme ASTM D638 standardına göre gerçekleştirildi. Hazırlanan numuneler 300 kN yük kapasiteli Instron marka 6800 serisi çekme test cihazında yapıldı. Metal malzeme 0,8 mm/dk, polimer kompozit malzeme 50 mm/dk çekme hızı ile test edildi. Her iki malzeme için 5'er adet numune kullanıldı. Çekme deneylerinde kullanılan deney cihazına ait görüntü Şekil 3.1'de, alüminyum malzeme için çekme deney numunesine ait teknik resim Şekil 3.2'de, polimer kompozit malzemeye ait teknik resim Şekil 3.3'te verilmiştir. Çekme deney numuneleri Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Instron 6800 Serisi Çekme Test Cihazı



Şekil 3.2. 6061 T6 alüminyum alaşımı malzeme için çekme testi numunesi



Şekil 3.3. PA66+GF30 polimer kompozit malzeme için çekme testi numunesi



Şekil 3.4. Çekme deneyi öncesi 6061 T6 alüminyum alaşımlı malzeme



Şekil 3.5. Çekme deneyi öncesi PA66+GF30 polimer kompozit malzeme

3.2.4. Korozyon deneyi

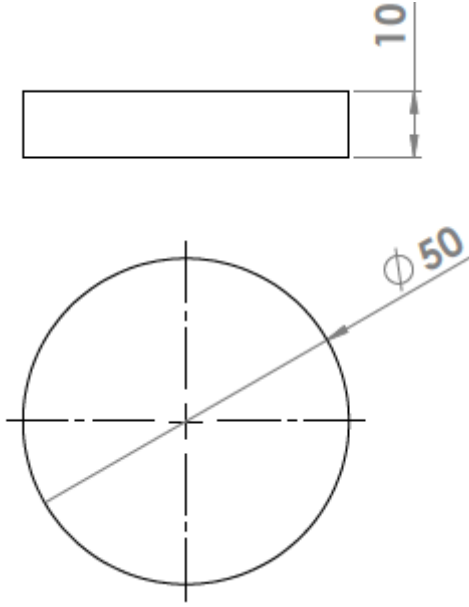
İnsan teri, nem, oksijen, güneş ışınları gibi nedenlerden dolayı tabancaların gövde malzemeleri korozyona uğrar. Bu sebepten dolayı korozyon testi önemlidir. Alüminyum ve polimer kompozit malzemenin korozyona karşı dirençlerinin ölçülebilmesi amacıyla hazırlanan test numuneleri ASTM B117 Tuz Püskürtme Testi standardına göre yapıldı. 35 °C'deki saf suyun içinde %5 oranında çözünmüş olarak bulunan NaCL çözeltisinin malzemelere 24 saat süre ile püskürtülerek uygulandı. Daha sonra numuneler temizlenerek göz muayenesi ile yüzeylerinde korozyona bağlı aşınma olup olmadığı incelendi. Tuz püskürtme test cihazı şematik olarak Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Tuz püskürtme testi cihazı

3.2.5. Sertlik deneyi

Oda sıcaklığında yapılan deneylerde Şekil 3.7’de verilen 50 mm çapında 10 mm kalınlığında silindirik malzemeler kullanılmıştır. Her bir malzeme için 5 kez sertlik ölçümü yapılmış ve bu ölçümlerin ortalamaları sertlik değeri olarak belirlenmiştir. 6061 T6 Alüminyum alaşımı malzeme yumuşak bir malzeme olduğu için HV 0,5 sertlik testi (düşük yüklü vickers sertlik testi), PA66+GF30 polimer kompozit malzeme için Shore D sertlik testi yapılmıştır. Sertlik değerleri Şekil 3.8’de verilen sertlik test cihazı ile belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Sertlik deneyi numunesi

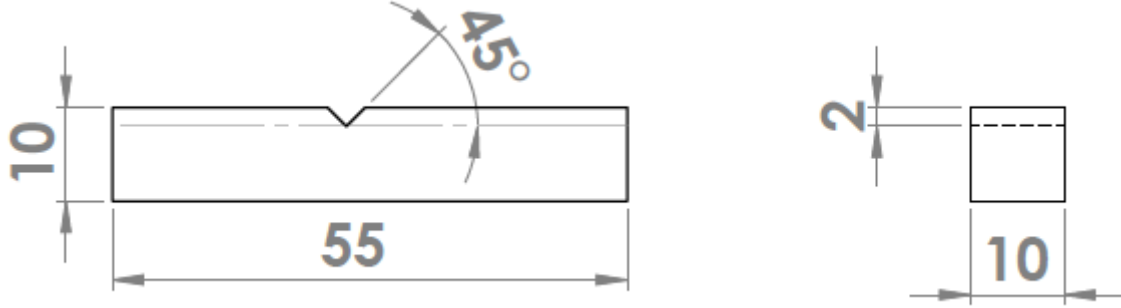


Şekil 3.8. Emco Test Dura Scan G5 Serisi sertlik test cihazı

3.2.6. Darbe deneyi

Oda sıcaklığında, ASTM E23 standartına göre, Şekil 3.9’da teknik resmi verilen 55x10x10 mm³ boyutlarında, 4’er adet hazırlanan alüminyum ve polimer kompozit numunelere Charpy

V çentik darbe deneyi uygulandı. Bu deney için Şekil 3.10'daki darbe test cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.9. Darbe testi numunesi



Şekil 3.10. Instron darbe test cihazı

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Malzemelerin Ağırlık Ölçümü

6061 T6 Alüminyum alaşımından üretilmiş tabanca gövdesinin ağırlığı 252,5 gr ölçülürken, PA66+GF30 polimer kompozit malzemesinden üretilmiş tabanca gövdesinin ağırlığı 114 gr ölçüldü. Ağırlık ölçümleri yapılan tabanca gövdelerine ait görsel Şekil 4.1’de verilmiştir. Polimer kompozit malzemedan üretilmiş tabanca gövdesinin alüminyum malzemedan üretilmiş tabanca gövdesine oranla yaklaşık %55 daha hafif olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Ağırlık ölçümleri yapılan tabanca gövdeleri

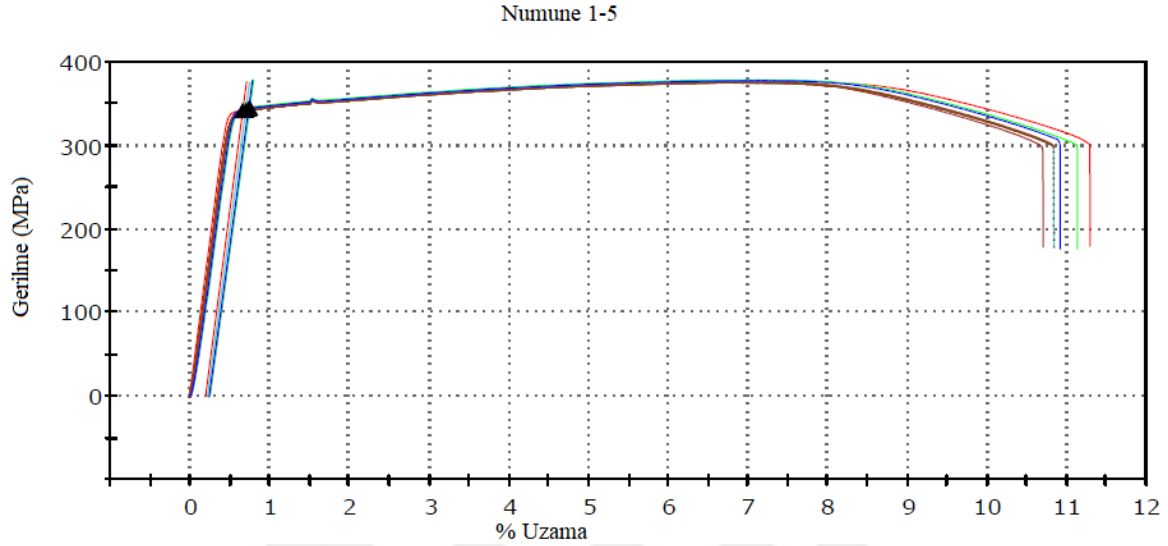
4.2. Malzemelerin Yoğunluk Değerleri

$\rho=m/V$ eşitliğinden, 6061 T6 alüminyum alaşımı malzeme için yoğunluk değeri $2,63 \text{ g/cm}^3$ bulunurken, PA66+GF30 polimer kompozit malzemenin yoğunluk değeri $1,37 \text{ g/cm}^3$ bulundu. Görüldüğü üzere alüminyum malzemenin yaklaşık %92 daha yoğun olduğu belirlenmiştir.

4.3. Çekme Deneyi Sonucu

Malzemelere ait çekme deneyleri yapılmış ve mekanik bazı özellikleri tespit edilmiştir. Şekil 4.2’de alüminyum malzemeye ait gerilme-%uzama grafiği, Şekil 4.3’te polimer kompozit

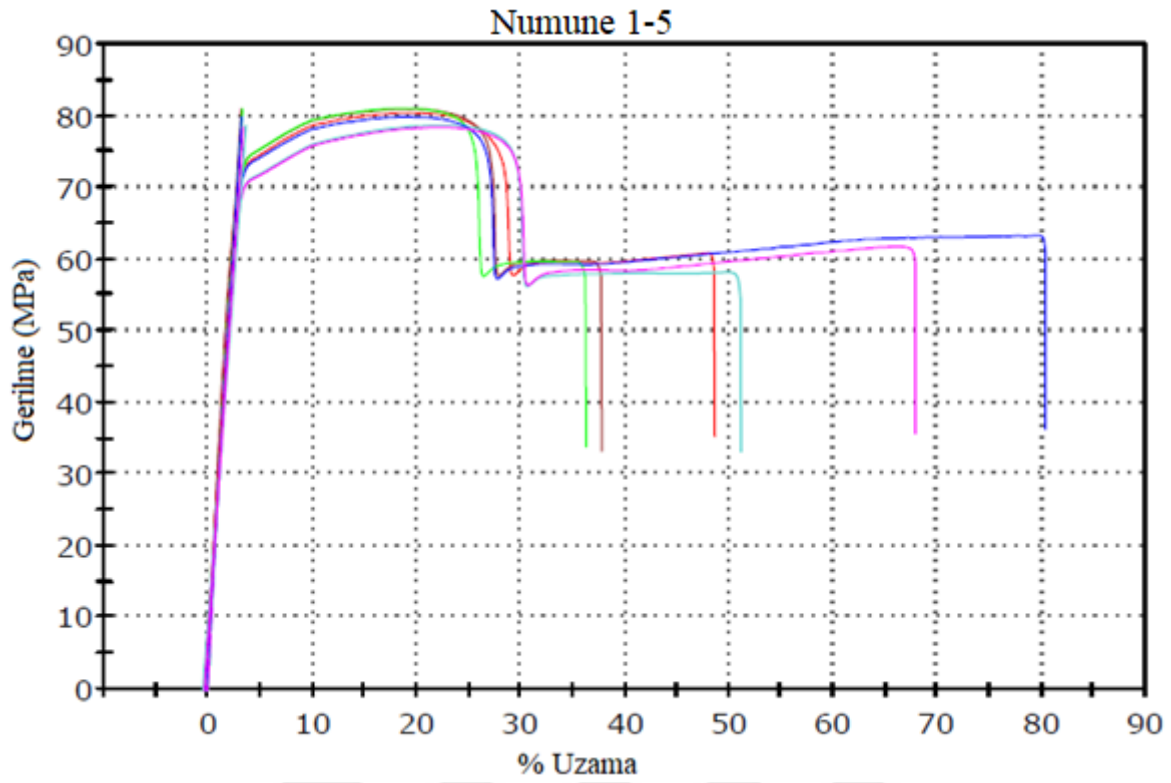
malzeme için gerilme-% uzama grafiği, Şekil 4.4'te polimer kompozit malzeme için kuvvet-birim uzama grafiği verilmiştir. Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de numunelerin çekme testinden elde edilen değerler verilmiştir.



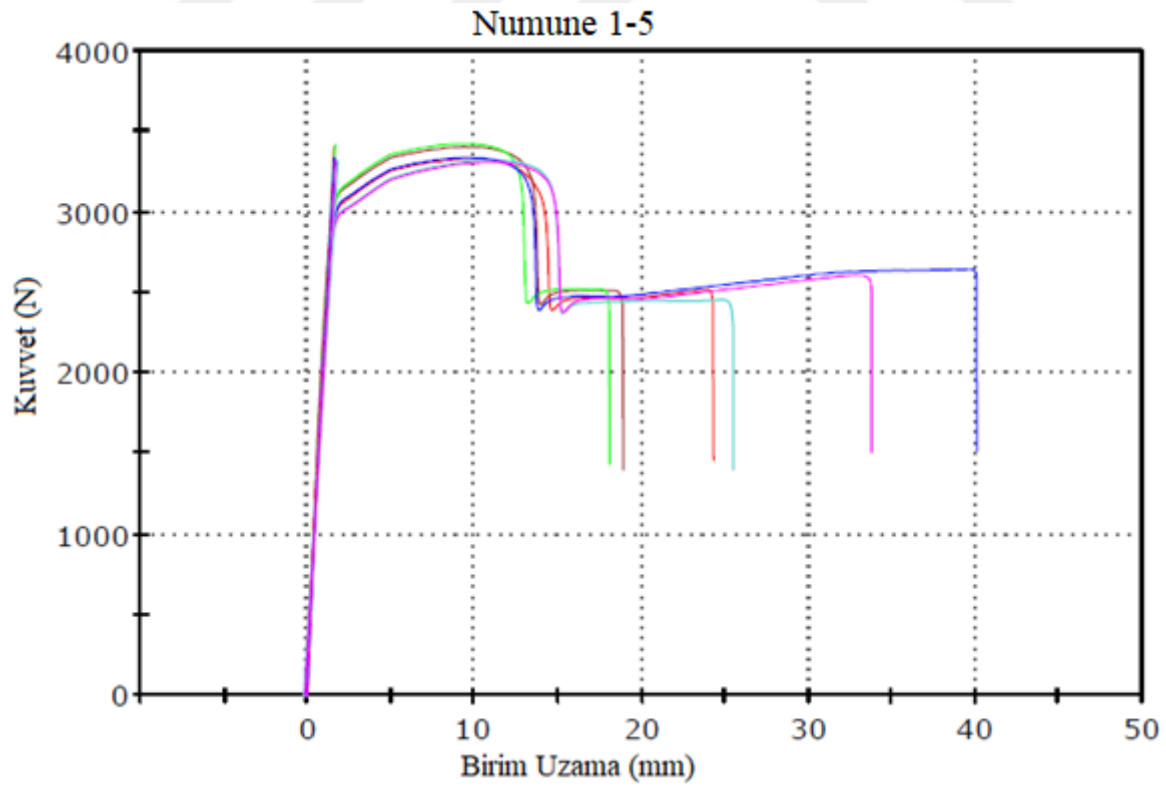
Şekil 4.2. 6061 T6 alüminyum alaşımı malzeme için gerilme-% uzama grafiği

Çizelge 4.1. 6061 T6 alüminyum alaşımı malzeme için çekme testi verileri

Numuneler	Çekme Gerilmesi [MPa]	Akma Gerilmesi (Ofset % 0,2) [MPa]	Kopma Anındaki % Uzama [%]
1	376	342	11,3
2	377	344	10,7
3	378	345	11,1
4	375	342	10,8
5	377	344	10,9
Ortalama	377	344	11



Şekil 4.3. PA66+GF30 polimer kompozit malzeme için gerilme-% uzama grafiği



Şekil 4.4. PA66+GF30 polimer kompozit malzeme için kuvvet-birim uzama grafiği

Çizelge 4.2. PA66+GF30 polimer kompozit malzeme için çekme testi verileri

Numuneler	Maksimum Kuvvet [N]	Kopma Gerilmesi [MPa]	Çekme Gerilmesi [MPa]
1	3325,69	59,05	80,32
2	3403,02	57,64	80,86
3	3420,96	57,34	80,91
4	3318,20	54,47	78,60
5	3334,30	62,42	79,78
Ortalama	3360,43	58,18	80,10

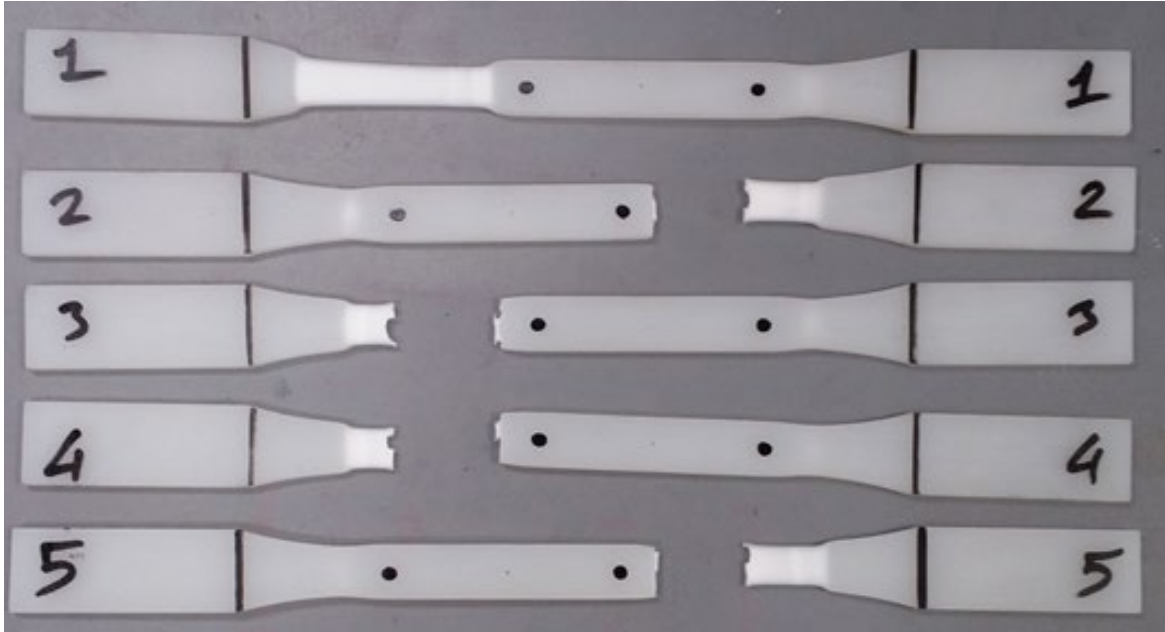
Numuneler	Maksimum Kuvvet Altındaki Birim Uzama [mm]	Maksimum Kuvvet Altındaki % Uzama [%]	Kopma Anındaki Kuvvet [N]
1	9,70	19,42	2445,00
2	9,48	18,97	2425,90
3	9,52	19,08	2424,40
4	11,31	22,71	2299,77
5	9,62	19,30	2608,84
Ortalama	9,93	19,90	2440,78

Numuneler	Kopma Anındaki Birim Uzama [mm]	Kopma Anındaki % Uzama [%]	Elastiklik Modülü [MPa]
1	24,24	48,51	2192,19
2	18,84	37,68	2267,36
3	18,05	36,18	2262,04
4	25,44	51,07	1899,83
5	39,98	80,16	2325,15
Ortalama	25,31	50,72	2189,31

PA66+GF30 polimer kompozit malzeme için Akma Gerilmesi 73 MPa olduğu belirlendi. Şekil 4.5'te çekme deneyi sonrası alüminyum numuneye ait görseller bulunmakta olup, Şekil 4.6'da çekme deneyi sonrası polimer kompozit malzemeye ait görseller bulunmaktadır.



Şekil 4.5. Çekme deneyi sonrası 6061 T6 alüminyum alaşımlı malzeme



Şekil 4.6. Çekme deneyi sonrası PA66+GF30 polimer kompozit malzeme

Alüminyum malzeme ve polimer kompozit malzemenin çekme deneyleri sonrasında;

- Alüminyum malzemenin 377 MPa'lık değer ile maksimum gerilme değeri olan çekme gerilmesinin kompozit malzemedan çok yüksek olduğu,
- Malzeme akma sınırına kadar elastik deformasyona uğrarken bu sınırdan sonra plastik deformasyona uğramaktadır. Bu nedenle malzemenin akma gerilmesi ne kadar yüksek ise o kadar iyi olduğu bilinmektedir. Elde edilen verilerde de görüldüğü alüminyum

malzemenin 344 MPa'lık akma gerilmesi değeri ile polimer kompozit malzemedan daha yüksek olduğu,

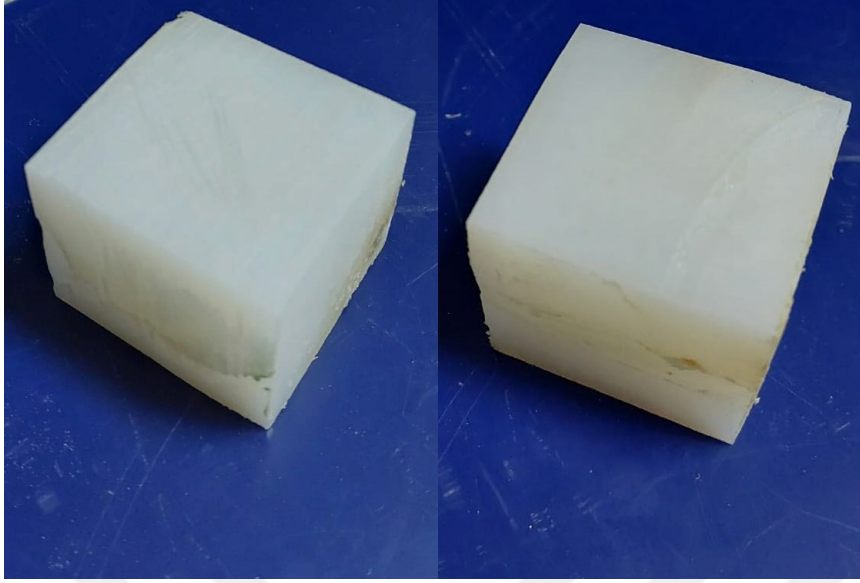
- Mukavemet değeri yüksek olan alüminyum malzemenin % uzama değeri polimer kompozit malzemedan daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

4.4. Korozyon Deneyi Sonucu

Alüminyum malzeme ve polimer kompozit malzemeye yapılan tuz püskürtme testi sonucunda kompozit malzeme yüzeyinde gözle görülebilen herhangi bir deformasyon oluşmamıştır. Ancak metal malzemenin yüzeyi testten önce parlak iken test sonrasında seyrek ve küçük korozyon çukurları oluştuğu Şekil 4.7'de gözlemlenmiştir. Korozyon deneyi sonucunda polimer kompozit malzemenin mükemmel yakın korozyon direnci olduğu tespit edilmiştir. Polimer kompozit malzemeye ait görsel Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.7. 6061 T6 malzemenin korozyon testi öncesi ve sonrasına ait görsel



Şekil 4.8. P66+GF30 malzemenin korozyon testi öncesi ve sonrasına ait görsel

4.5. Sertlik Deneyi Sonucu

Oda sıcaklığında numunelerin sertlik değerleri ölçülmüş, 6061 T6 Alüminyum alaşım malzeme ve PA66+GF30 polimer kompozit malzemenin sertlik değerleri gösteren tablo Çizelge 4.3'te verilmiştir. ASTM E140 sertlik dönüşüm tablosu ile yapılan sertlik birimlerini dönüştürme sonrasında 83,4 Shore D değerinin karşılığı yaklaşık 720 HV olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre, polimer kompozit malzemenin sertlik değerinin alüminyum malzemeye göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu yüksekliğin nedeni kompozit malzeme yüzeyinde bulunan epoksiden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Çizelge 4.3. Alüminyum ve polimer kompozit malzemenin sertlik verileri

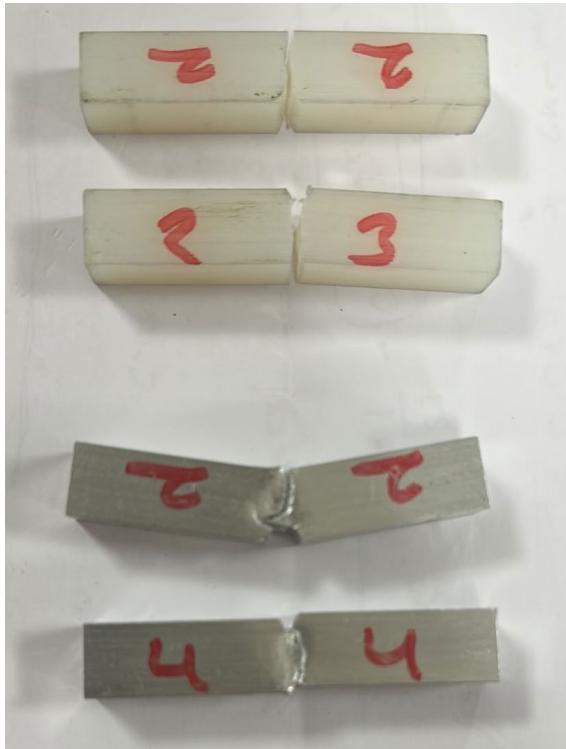
Numuneler	6061 T6 Alüminyum Alaşım Malzeme İçin Sertlik Değeri (HV 0,5)	PA66+GF30 Polimer Kompozit Malzeme İçin Sertlik Değeri (Shore D)
1	114,05	83
2	122,3	84
3	100,3	83
4	112,2	84
5	108,5	83
Ortalama	111,47	83,4

4.6. Darbe Deneyi Sonucu

Oda sıcaklığında yapılan Charpy V çentik darbe deneyi sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde darbe dayanımının polimer kompozit malzemeye göre alüminyum malzemenin çok daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca mukavemet değeri yüksek olan alüminyum malzemenin darbe dayanımının da yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Darbe deneyi sonrası malzemelerin görselleri Şekil 4.9'da yer almaktadır.

Çizelge 4.4. Alüminyum ve polimer kompozit malzemenin darbe dayanımı verileri

Numuneler	6061 T6 Alüminyum Alaşımlı Malzeme İçin Darbe Dayanımı (J)	PA66+GF30 Polimer Kompozit Malzeme İçin Darbe Dayanımı (J)
1	20,28	0,69
2	25,03	0,98
3	12,05	0,75
4	11,94	0,56
Ortalama	17,33	0,75



Şekil 4.9. Darbe deneyi sonrası PA66+GF30 ve 6061 T6 alüminyum malzemeleri

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada; tabanca gövde malzemesi olarak kullanılmak amacıyla, 6061 T6 Alüminyum alaşımlı malzeme ile %30 cam elyaf takviyeli poliamid 66 polimer kompozit malzeme incelenerek elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Polimer kompozit malzemeden üretilmiş tabanca gövdesinin ağırlığı alüminyum malzemeden üretilmiş tabanca gövdesinin ağırlığına göre yaklaşık %55 daha hafiftir.
- Söz konusu malzemelerden, alüminyum malzeme daha yoğundur.
- Polimer kompozit malzemeye göre daha mukavim olan alüminyum malzemeye aynı zamanda daha yüksek akma gerilmesine sahiptir.
- % Uzama değeri yüksek olan kompozit malzeme daha sünek bir malzemedir.
- Korozyon dayanımları değerlendirildiğinde kompozit malzemenin mükemmel yakın bir korozyon direnci bulunmaktadır.
- Kompozit malzemenin sertlik değeri alüminyum malzemeden yüksek ölçülmüştür.
- Alüminyum malzeme için yapılan diğer mekanik testlerde olduğu gibi darbe testi sonucunda da darbe direncinin kompozit malzemeden yüksek olduğu görülmektedir.
- Polimer kompozit malzemenin ekstrüzyon yöntemi ile üretilmesi, kristallenme seviyesi ve elyaf oryantasyonu gibi nedenlerden dolayı mekanik özelliklerinin daha düşük çıkmasına sebep olmuştur.
- Tabanca gövdelerinin üretimi için optimum mekanik özellikler, 6061 T6 Alüminyum alaşımlı malzemede görülmektedir. Ancak tabanca kullanıcıları için önemli olan ağırlık, işleme maliyeti ve korozyon direnci gibi faktörlerde ele alınarak değerlendirildiğinde %30 cam elyaf takviyeli polimer kompozit malzemenin de tabanca gövde malzemesi olacak kaliteye sahiptir.

6. ÖNERİLER

- Tabanca gövdelerinin etkisi altında kaldığı diğer kuvvetlerde araştırılıp, çalışmada kullanılan mekanik testlerin haricinde diğer mekanik testler de yapılarak çalışma detaylandırılabilir.
- İncelenen polimer kompozit malzemenin matris malzemesi değiştirilerek veya hacimce oranı artırılarak ağırlıkça hafif ve mekanik özellik bakımından alüminyum malzeme gibi davranış gösteren yeni bir kompozit malzeme incelenebilir.



KAYNAKLAR

- Agarwal, B.D., Broutman, L.J. and Chandrashekhara, K. (1980), *Analisis and Performance of Fiber Composites* (Third Edition). USA: John Wiley & Sons.
- Aran, A. (1990). Elyaf Takviyeli Karma Malzemeler Ders Notları. *İTÜ Makine Fakültesi, İstanbul*.
- Arıcasoy, O. (2006). Kompozit sektör raporu. *İstanbul Ticaret Odası*, 4, 22.
- ASTM B117 (2019). *Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus*. United States: ASTM International.
- ASTM D638 (2014). *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*. United States: ASTM International.
- ASTM E23 (2018). *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*. United States: ASTM International.
- ASTM E8M (2021). *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. United States: ASTM International.
- ASTM E140 (2019). *Standard Hardness Conversion Tables for Metals Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Superficial Hardness, Knoop Hardness, Scleroscope Hardness, and Leeb Hardness*. United States: ASTM International.
- Ateşli Silahlar ve Bıçaklar ile Diğer Aletler Hakkında Kanun. (1953, 15 Temmuz). *T.C. Resmi Gazete*, 1542.
- Demirtaş, H. (2009). *6061 Alüminyum Alaşımlarında Ara Verilerek Yapılan Yaşlandırma İşleminin Malzeme Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Niğde.
- Eryıldız, E., & Eker, A. A. (2015). Savunma Sanayinde Kullanılan İleri Kompozit Malzemeler ve Uygulama Alanları. *International Journal of Engineering Research and Development*, 7(4), 8-12.
- İlhan R. ve Feyzullahoğlu E. (2019). Cam Elyaf Takviyeli Polyester (CTP) Kompozit Malzemelerde Kullanılan Doğal Elyaf ve Dolgu Malzemeleri. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 6(2), 355-381.
- İnternet: Ekinci, Y. (2018). *Kompozit malzemeler*. Ayrıntı Dergisi. <https://dergiayrinti.com/index.php/ayr/article/viewFile/1085/1949>. Son Erişim Tarihi: 27.11.2022.
- İnternet: Metalurji ve Malzeme Mühendisliği (2016). *Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması*. <https://www.metalurjik.com/kompozit-malzemelerin-siniflandirilmasi#more-556>. Son Erişim Tarihi: 08.12.2022.

- İnternet: Sarsılmaz (2022). *Sar 9 mete polimer gövdeli*.
<https://www.sarsilmaz.com/urun/sar-9-mete>. Son Erişim Tarihi: 30.10.2022.
- İnternet: Tabanca ve Tüfek (2022). *Polimer gövde – metal gövde kapışması*.
<http://tabancavetufek.com/2015/10/17/polimer-govde-metal-govde-kapismasi/>. Son Erişim Tarihi: 30.10.2022.
- İnternet: Teknolojik Araştırmalar (2010). *Kompozit eğitim yapı malzemesi*.
http://www.teknolojikarastirmalar.com/egitim/yapi_malzemesi/icerik/kompozit.html. Son Erişim Tarihi: 26.11.2022.
- Karlı, M. (2016). *Hafif Silahlar İçin Polimer Kompozit Malzeme Seçimi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Kocaman, A., & Demirer, A. (2021). AA6061 T6 Alüminyum Alaşımında Bilyeli Dövme İşleminin Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Uluslararası Mühendislik Teknolojileri ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 4(2), 49-58.
- Kutz, M. (1998). *Mechanical Engineers' Handbook*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Maisonnette, D., Suery, M., Nelias, D., Chaudet, P., & Epicier, T. (2011). Effects of heat treatments on the microstructure and mechanical properties of a 6061 aluminium alloy. *Materials Science and Engineering: A*, 528(6), 2718-2724.
- Mallick, P.K. (2007), *Fiber-Reinforced Composites* (Third Edition). Boca Raton: CRC Press.
- Mazumdar, S.K. (2001), *Composites Manufacturing, Materials, Product, and Process Engineering* (First Edition), Boca Raton: CRC Press.
- Prashanth, S., Subbaya, K.M. Nithin, K. and Sachhidananda S. (2017). Fiber Reinforced Composites - A Review. *Journal of Material Sciences & Engineering*, 6(3).
- Sabancı, Ş. (2005). Fiber Takviyeli Polimer Matrisli Kompozitlerin Enjeksiyon Yöntemi ile Üretim. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 11-22.
- Sharma, A.K., Bhandari, R. Aherwar, A. and Rimašauskienė, R. (2020). Materials Matrix materials used in composites: A comprehensive study. *Materials Today: Proceedings*, 21(3), 1559-1562.
- Sui, G., Wong, S. C., & Yue, C. Y. (2001). Effect of extrusion compounding on the mechanical properties of rubber-toughened polymers containing short glass fibers. *Journal of Materials Processing Technology*, 113(1-3), 167-171.
- Şahin, Y. (2000). *Kompozit Malzemelere Giriş*, Ankara: Gazi Kitabevi.
- Thomason, J. L. (2009). The influence of fibre length, diameter and concentration on the impact performance of long glass-fibre reinforced polyamide 6, 6. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 40(2), 114-124.

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Mustafa AKÇAKOCA

Bilimsel Faaliyetler (Yayınlar, Bildiriler, Katıldığı Projeler)

- 1-) Akçakoca, M. ve Akkuş, H. (2022). *Investigation Of The Mechanical Properties Of Metal And Polymer Composite Materials For Gun Frames*. 4. International Scientific Research And Innovation Congress, İstanbul.

