

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**



**POLİMERİK KOMPOZİT MALZEMELER: İNCELEME**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**VEDAT MUSA ASLAN**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 2017**

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**



**POLİMERİK KOMPOZİT MALZEMELER: İNCELEME**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**VEDAT MUSA ASLAN**

**Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Özkan DEMİRBAŞ (Tez Danışmanı)**

**Yrd. Doç. Dr. Aydın Türkyılmaz**

**Doç. Dr. Yasemin TURHAN**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 2017**

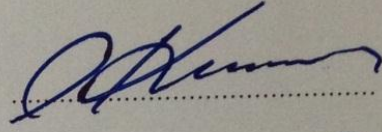
## KABUL VE ONAY SAYFASI

Vedat Musa ASLAN tarafından hazırlanan "POLİMERİK KOMPOZİT MALZEMELER: İNCELEME" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 16.06.2017 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

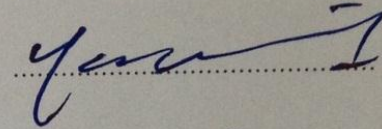
Jüri Üyeleri

İmza

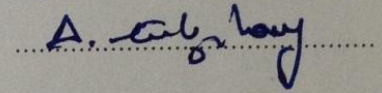
Danışman  
Prof.Dr. Özkan DEMİRBAŞ



Üye  
Doç. Dr. Yasemin TURHAN



Üye  
Yrd. Doç. Dr. Aydın TÜRKYILMAZ



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

Bu tez Balıkesir Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından  
(BAP.No:2017/30) desteklenmiştir.

## **ÖZET**

**POLİMERİK KOMPOZİT MALZEMELER: İNCELEME  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
VEDAT MUSA ASLAN  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**

**(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR. ÖZKAN DEMİRBAŞ)**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 2017**

Günümüzde her geçen gün kaynakları azalan doğal malzemelere alternatif olan polimerler oldukça yaygın uygulama alanına sahiptir. Polimerin işleme kolaylığı, mekanik davranışları, esnek yapıları ve düşük yoğunluğa sahip olmaları önemli avantajlarıdır. Son yıllarda performansı yüksek polimer katkılı kompozit malzemelerin kullanılması ile farklı katkı elemanları ilave ederek ihtiyaçlara yönelik mekanik özelliğin geliştirilme çalışmaları devam etmektedir.

Bu tez çalışmasında literatür taraması ile çeşitli polimerlerle takviye edilmiş kompozit malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerin araştırılmış ve kompozit malzemelerin üretimindeki etken faktörleri incelenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Polimer, kompozit, elyaf, elastomer, matriks.

## **ABSTRACT**

**POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS: REVIEW  
MSC THESIS  
VEDAT MUSA ASLAN  
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
CHEMISTRY**

**(SUPERVISOR: PROF.DR. ÖZKAN DEMİRBAŞ )**

**BALIKESİR, JUNE 2017**

Nowadays polymers, which are alternatives for decreasing resources of naturel materials day by day, have extremely wide execution area. The convenience of their process, their mechanical behavior, their flexible structure and having low density are the important advantages of polymers. In recent years with the using of high performance polymer mixed composite materials, the work of improving mechanical feature intended demands, by adding different additive element, is continuing.

In this work of thesis, the chemical and physical properties of composite materials reinforced with various polymers are studied, and the factors in production of composite materials are researched by use of literature review.

**KEYWORDS:** Polymer, composite, fiber, elastomer, matrix.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

|   |            |
|---|------------|
| <b>ÖZET .....</b>   | <b>i</b>   |
| <b>ABSTRACT.....</b>  | <b>ii</b>  |
| <b>İÇİNDEKİLER.....</b>   | <b>iii</b> |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ.....</b>   | <b>iv</b>  |
| <b>TABLO LİSTESİ.....</b>   | <b>v</b>   |
| <b>ÖNSÖZ .....</b>  | <b>vi</b>  |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>   | <b>1</b>   |
| <b>2. POLİMER.....</b>  | <b>2</b>   |
| 2.1 Polimerlerin Isısal Davranışına Göre Sınıflandırılması .....                  | 6          |
| 2.2 Polimer Matriksli Kompozitler .....   | 6          |
| 2.2.1 Termoplastik Malzemeler.....  | 9          |
| <b>3. KOMPOZİT MALZEMELER.....</b>  | <b>12</b>  |
| 3.1 Kompozit Malzeme Türleri.....   | 13         |
| 3.1.1 Polimer Kompozitler .....   | 14         |
| 3.1.2 Metal Kompozitler (Metal Matriksli Birleşik Malzemeler MMC) ..              | 15         |
| 3.1.3 Seramik Kompozitler (Seramik Matriksli Birleşik Malzemeler ) ....           | 15         |
| 3.1.4 Elastomer Kompozitler.....  | 16         |
| 3.1.5 Termoplastik Elastomerler .....   | 16         |
| 3.2 Kompozit Malzemelerin Özellikleri .....                                       | 17         |
| 3.3 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması.....                                  | 17         |
| 3.3.1 Elyafli kompozitler .....   | 18         |
| 3.3.2 Parçacıklı kompozitler .....  | 19         |
| 3.3.3 Tabakalı kompozitler .....  | 19         |
| 3.3.4 Karma (Hibrid) kompozitler.....   | 20         |
| 3.4 Kompozit Malzemelerde Kullanılan Takviye Elemanlarının Sınıflandırılması..... | 20         |
| 3.5 Kompozit Malzemelerde Kullanılan Matriks Malzemeler .....                     | 22         |
| 3.5.1 Metal matriks kompozitler (MMK).....  | 22         |
| 3.5.2 Seramik matriks kompozitler (SMK) .....                                     | 23         |
| 3.5.3 Polimer matriks kompozitler (PMK).....                                      | 23         |
| 3.5.4 Karbon-karbon kompozitler (KKK) .....                                       | 24         |
| 3.5.5 Nanokompozitler (NK).....   | 25         |
| 3.6 Kompozit Malzeme Yapımında Temel Maddeler .....                               | 26         |
| 3.6.1 Matriks Malzemeleri.....  | 26         |
| 3.6.1.1 Reçineler ve Özellikleri .....  | 27         |
| 3.6.1.2 Elyaf Çeşitleri ve Özellikleri .....                                      | 29         |
| 3.6.2 Kompozit Malzeme Üretiminde Etken Faktörler .....                           | 41         |
| 3.7 Tezin Amacı.....  | 42         |
| <b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>  | <b>43</b>  |
| <b>5. KAYNAKLAR .....</b>   | <b>44</b>  |

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|  |    |
|--|----|
| Şekil 2.1: Polimer Moleküllerinde ortaya çıkabilecek dallanma tipleri. ....                              | 6  |
| Şekil 3.1: Taneli, lifli ve tabakalı kompozitler. ....   | 12 |
| Şekil 3.2: Kompozit malzemelerin üretildikleri malzeme sınıfları. ....                                   | 14 |
| Şekil 3.3: Kompozit malzemelerin sınıflandırılması. ....   | 18 |
| Şekil 3.4: Kompozit malzemelerin takviye elemanının şekline göre<br>sınıflandırılması. ....              | 21 |
| Şekil 3.5: Kompozit malzemelerin kullanılan matriks malzemesinin cinsine<br>göre sınıflandırılması. .... | 22 |
| Şekil 3.6: Cam elyafın üretim tekniği. ....  | 32 |



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablo 2.1:</b> Bazı polimer matrisli kompozit malzemeler .....         | 8  |
| <b>Tablo 3.1:</b> Cam elyafların mekanik özellikleri ve bileşimleri ..... | 31 |

## ÖNSÖZ

Bu çalışmanın her safhasında desteğini esirgemeyen ve bilgi birikimlerini benimle paylaşan çok değerli hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Özkan DEMİRBAŞ'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Çalışma boyunca tecrübelerini benimle paylaşan Sayın Dr. Cenk PAŞA'ya çok teşekkür ederim.

Her konuda beni cesaretlendirip teşvik eden ve her zaman yanımda olduğunu hissettiğim sevgili eşim Fatma AYOĞLU ASLAN'a en içten sevgilerimi sunarım.

## 1. GİRİŞ

İnsanlar günlük hayat da gereksinim duydukları eşya ve materyalleri teknolojinin ilerlemesine de paralel olarak değiştirmiştir. Bu değişim polimer maddelerin üretiminin başlamasıyla olmuştur. ticari olarak polimer üretiminin yaygınlaşması ile doğal liflerden yapılan keten türü ürünlerin kullanılmasına, aynı zamanda taş, tuğla, çimento, çelik gibi malzemelerin genel olarak barınma, ulaşım gibi amaçlar doğrultusunda üretimine olanak sağlamıştır.

2. dünya savaşından sonra üretilen bu ürünlerin çeşitliliğinde gözle görülür bir artış olmuştur. Bu artışın nedeni polimer teknolojisinin gelişmesidir. bu gelişime olanak sağlayan durum ise lif ve elastomerlerin sentetik yöntemlerle oluşturularak daha hızlı bir şekilde piyasaya sürülmesi ve arzın artması olarak gösterilebilir. Kevlar ve Nomex karışımından kurşun geçirmez yelek yapımı, optik özellikleri camdan iyi olan poli(metil metakrilat)'tan yeterli ışık geçirgenliğine sahip 33 cm kalınlığına kadar levhalar hazırlanması insan yaşamını kolaylaştıran, ana yapıları polimer olan ürünlerin üretimini hızla arttırmaktadır. Temel yapıları polimer olan bu malzemelerin, insanların yaşamlarını kolaylaştırıcı etkileri devam etmektedir. Polimerlerin kolay şekil verilen, hafif, taşınabilir, maliyeti düşük, mekanik yeterliliği yüksek, kimyasal açıdan korozyona uğramayan özelliklerinden dolayı farklı amaçlarla da kullanılabilen materyaller olarak tanımlanır. Çok çeşitli ve üstün özelliklerinden dolayı sadece kimyacılar tarafından değil fizik, tıp, makine tekstil gibi sektörler çalışanları da bu maddelerle ilgilenmişlerdir. moleküler biyoloji ve tıp dallarında polimerlerin önemi büyüktür. Bu bilgiler dahilinde polimer kimyası, yukarıda sözü edilen çoğu bilim alanını kapsayan ayrı bir bilim olarak gözükmektedir. Polimer kimyasındaki en büyük güçlük mol kütlesi küçük olan maddelere uygulanan bu yöntem ve tekniklerin mol kütlesi büyük kompleks ve ebatı büyük maddelere uygulanmasıdır.

## 2. POLİMER

Polimerler; çok sayıda molekülün kimyasal bağlarla düzenli bir şekilde bağlanarak oluşturdukları yüksek molekül ağırlıklı bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Kompleks ve büyük yapı polimerler "monomer" denilen basit ve küçük molekülerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Örnek olarak "Polistren" verilebilir. Polistren ise birçok stren monomerinin bir araya gelmesi sonucu oluşan yapıdır.

Kauçuk en önemli polimerik ürün olup, ortaya çıkışı yaklaşık 4500 yıl öncedir. Başlangıçta sıvı olan kauçuğun özsu (lateks) uzun zincirli moleküller içermektedir. Kızılderililer lateks ile bacaklarını kapladıktan sonra atmosferdeki oksijenin etkisi ile bazı noktalardan bu moleküller birbirlerine bağlanırlar. Bu bağlanmalar nedeniyle artık moleküller birbirlerinden kolayca ayrılamazlar. Böylece sıvıdan katı duruma bir geçiş olmaktadır. Ancak bu katı faz biraz özel ve farklıdır. Bu katı yapı içerisinde küçük moleküller tüm yapıda hareketli olabilmektedir. Yapının bir balık ağı gibi davrandığı düşünülebilir. Bu nedenle bu yapı kısmen katı kısmen sıvı gibi davranırlar. Bu madde kauçuk olarak isimlendirilir. Bununla beraber bu kauçuk ayakkabı bir gün içerisinde dağılır. Çünkü atmosferdeki oksijen ilk olarak molekülleri birbirine bağlamasına karşın bir müddet sonra oksijen tarafından zincirler kesilmeye başlamaktadır. Bir gün sonunda yapı tamamen dağılabilmektedir. 1849 yılında Charles Goodyear kauçuk ağacının özsuunu kükürt ile kaynatarak esnek, sağlam siyaha yakın bir madde elde eder. Goodyear'ın bu buluşu halen piyasa tarafından üretilmektedir.

1907 yılında Amerikalı bilim adamı Leo Hendrick Baekeland, yüzde yüz ilk sentetik polimer olan fenol-formaldehit reçinelerinin üretimini gerçekleştirmiştir (Aydın H, 2004).

Hermann Staudinger'in **Makromolekül Hipotezini** ileri sürmesiyle, 1924 yılında polimer teknolojisinde önemli bir yol kat etmiştir. Bu teoriye göre, doğal kauçuk ve polistirenin, küçük birimleri bir arada bulunduran uzun zincirli moleküller olduğunu ifade ederek, polimer üretimini faaliyete geçirmiştir.

Makromolekül Hipotezi daha sonraki yıllarda birçok polimerin üretimine ışık tutmuştur (Aydın H, 2004).

1927'de selüloz asetat ve polivinil klorür, 1928 de polimetil metakrilat, 1929 da üre-formaldehit reçineleri üretilmiş olup özellikle II. Dünya savaşı esnasında polimer teknolojisinde stiren-bütadien kopolimeri önemli bir ürün haline gelmiştir (Aydın H, 2004).

İlk sentetik kauçuk olan neoprenin üretimi 1931 yılında gerçekleşmiştir. 1936'da poliakrilonitril, stiren-akrilonitril kopolimeri ve polivinil asetat, 1937 de poliüretan, 1938 de Teflon ticari ismi ile anılan politetrafloroetilen, 1939'da melamin-formaldehit (formika) reçineleri, 1940'da bütül kauçuğu ve silikonların hammaddesi olan silanlar, 1941'de polietilen, polietilen teraftalat, 1942'de doymamış poliesterler ve Orlon ticari isimli poliakrilonitril fiber üretimi yapılmıştır (Aydın H, 2004).

1952'de K.Ziegler yaptığı araştırmada, bazı alüminyum alkali bileşiklerini katalizör olarak kullanarak etilenin düşük basınçta polimerizasyonunu belirlemiştir. 1954'de polikarbonat ve 1956 yılında polifenil oksit sentezlenmiştir. Günümüzde yüksek ısı ve mekanik dayanıklığa sahip olan poliimid, poliarilsülfonlar, poliarilamidler, polifenilsülfid, polibütül teraftalatpolieterketon, polifenil gibi önemli plastikler geliştirilmiştir (Aydın H, 2004).

Binlerce farklı polimer sentezlendi ve gelecekte daha fazla üretilecektir (Joel. R. Fried 2014).

Polimerleri inceleyebilmek için sınıflandırılmaları gerekir. Amaca uygun olarak aşağıdaki sınıflandırmalar yapılmıştır (Baysal B, 1994).

- a. Molekül ağırlıklarına göre (oligomer, makromolekül)
- b. Doğada bulunup, bulunmamasına göre (doğal, yapay)
- c. Organik ya da anorganik olmalarına göre
- d. Isıya karşı gösterdikleri davranışa göre
- e. Zincirin kimyasal ve fiziksel yapısına göre(Düz, dallanmış, çapraz bağlı, kristal, amorf polimerler)
- f. Zincir yapısına göre (homopolimer, kopolimer)
- g. Sentezlenme şekillerine göre

Polimerleşme reaksiyonları esnasında çoğu monomer, diğer monomerlerle ya da ortamda daha önce tepkime girmiş ve böylece belli bir moleküler ağırlığa ulaşmış, bir molekül zinciri ile tepkime verebilmektedir. Bunun sonucunda oluşan zincirlerin



Ayrıca polimerler lineer, dallanmış ve ağ olarak da tanımlanırlar. Lineer polimerde hiçbir dallanma yoktur (A). Graft Kopolimerler dallanmış polimerlerin bir örneğidir (B). Ağ (Network) polimerler, difonksiyonlu monomerler yerine, polifonksiyonlu monomerler kullanıldığında meydana gelirler. Ağ polimerler ayrıca çapraz bağlı polimerleri de kapsarlar (C). Çünkü çapraz bağlanmayla polimer zincirleri hareketliliklerini kaybederler. Bu nedenle erimeyecekleri ya da akmayacakları için kalıpla da şekillendirilemezler. Yani yukarıda bahsedilen termosetting polimerler grubuna girerler (Baysal, B. 1994).

Polimerlerin fiziksel özellikleri molekül ağırlığı ile bağlantılıdır. Bu maksatla polimerlerden beklenen fiziksel özelliklerin görülebilmesi için belirli bir molekül ağırlığına sahip olmaları gerekmektedir (Başbudak 2003).

Genellikle molekül ağırlığının artması ile yapıda moleküller arası çekim artmakta ve buda polimerin mekanik ve ısı özelliklerini etkilemektedir. Polimerlerin molekül ağırlıkları, jel geçirgenlik kromatografisi, viskozimetrik ölçüm, ozmotik ve basınç ışık saçılması gibi yöntemlerle belirlenebilmektedir (Başbudak 2003).

Toluen diizosiyanat A2 yangın testi sınıflandırması elde etmek için yüksek molekül ağırlıklı alev geciktirici monolün yüksek miktarlarının kullanılmasını sağlayan aerosol kutusu içerisinde daha düşük bir viskozite sağlar (Ana C. Marquez 2016).



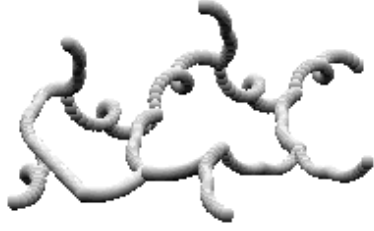
Doğrusal (Lineer) Polimer

(A)



Dallanmış (Branched) Polimer

(B)



Ağ (Network) Polimer

(C)

**Şekil 2.1:** Polimer Moleküllerinde ortaya çıkabilecek dallanma tipleri.

---

## 2.1 Polimerlerin Isısal Davranışına Göre Sınıflandırılması

### Termoplastikler (Amorf&Yarı-Kristal,LCP)

1. Isıtılınca yumuşar ve akışkanlık kazanır
2. Tekrar şekillendirilebilir
3. Geri kazanılabilir

### Termosetler

1. Çapraz bağlı zincirler (3 boyutlu ağ yapı)
2. Eritilemez
3. Geri kazanılamaz

### Elastomerler

1. Düşük çapraz bağ yoğunluğu
2. Esnek Yapı

## 2.2 Polimer Matriksli Kompozitler

Polimer sözcüğü çok parçalı anlamına gelmektedir. polimerler teknik olarak kimyasal maddelerin birbirine bağlanarak katı madde meydana getirme özelliğine sahip materyaller olarak düşünülebilir. Plastikler, istenildiği gibi biçimlendirilebilen ya da belirli şekillerde kalıplanabilen bir yapay malzeme grubu olarak adlandırılır (Smith WF, 1990).



Organik polimerler plastiklerin temelini oluşturmaktadır. Organik polimerler genellikle molekülleri büyük organik bileşiklerdir (Yaşar H, 2001).

Plastiklerde bulunan kimyasal maddeler ekseriyetle karbon (C), hidrojen (H), azot (N), oksijen (O), silisyum (Si), kükürt (S), klor (Cl) ve flor (F) elementleri olarak saptanmıştır. Bu belirtilen elementlerin çeşitli yöntemlerle tepkimeye girmesiyle makromolekül adı verilen kompleks, karmaşık yapı ve büyük moleküller meydana gelir ve böylece polimerler oluşur (Yalçın ve Gürü, 2002). Kimyasal yapı olarak büyük polimer moleküllerinin sentezlenmesi mümkün olmamaktadır. İlk önce monomer olarak isimlendirilen aktif grupların üretilmesi gerekmektedir (Yalçın ve Gürü, 2002). Kimyasal zincir uzunluğunun artmasıyla ve uzamasıyla plastiğin sahip olduğu yapı yoğunluğu, uzamaya karşı gösterdiği direnci, erimesi için gerekli olan sıcaklık ve vizkositesi artmaktadır. Plastiğin içindeki tüm zincirler aynı uzunlukta üretilmemekte ve bunun sonucu olarak belli başlı ayrımlar meydana gelebilmektedir. Bunun sonucunda polimeri meydana getiren değişik kimyasal zincirlerin matematiksel dağılım gösterdiği saptanmıştır (Yalçın ve Gürü, 2002).

Plastiklerin fizikokimyasal özellikleri incelendiğinde: özgül ağırlık, özgül ısı, termal özellikler, termal genişleme katsayısı, yararlı sıcaklık sınırları, eriyik indeksi, yanıcılık, hava etkisiyle bozulma, ışığa karşı saydamlık yada matlık, kırılma indisi, yüksek enerjili ışını etkileri, su emilimi, çözücüye dayanıklılık, distorsiyon ve elektriksel özellikler olarak sınıflandığı tespit edilmiştir (Yalçın ve Gürü, 2002).

Plastiklerin kimyasal özelliklerine göre incelenmesi sonucunda ise; amorf yapı, kristalin yapısı ve yönelme ön plana çıkmaktadır (Yalçın ve Gürü, 2002). Plastiklerin fiziksel olarak sıcaklık değişimlerinden etkilendiği gözlemlenmiştir. Bu duruma göre plastiklerin sahip olduğu mekanik özelliklerin sıcaklık kontrollünde gerçekleştiği bahsedilmiştir. Plastiklerin bazı mekanik özellikleri; çekme özellikleri, gerilme-uzama eğrileri, young modülü, çekme dayanımı, akma gerilimi, tokluk, kopmada uzama, sert yada yumuşaklık, gevrek, dayanıklılık, kuvvetli yada zayıflık olarak sınıflandırılır (Yalçın ve Gürü, 2002).

Çekme mukavemetinin [sıkıştırma / (elastik geri kazanım ×% verim basıncı)] oranı, kalıpta ölçülen parametrelerden çekme mukavemetinin tahmin edilmesine izin veren düz bir çizgidir (Nizar. Al-Zoubi, 2017).

Plastikler pek çok amaçla kullanılan önemli bir mühendislik malzemeleridir. Plastiklerin sahip olduğu özellikler birçok malzemede mevcut değildir ve ucuzdur. Plastiklerin tercih edilmesinin başka bir nedenleri ise çok daha az sayıda parçayla

endüstriyel olarak çeşitli şekillerde dizayn imkanı, yüzey bitim işlemlerinin azalması, basitleştirilmiş montaj ve birleştirme yöntemleri, ergonomi, ağırlık kazancı (veya taşıma kolaylığı, hafif oluşu). Yüksek yalıtıma sahip olan plastikler, bu özellikleri gereği elektrik mühendisliği dizaynı için oldukça elverişli bir malzemedir (Smith WF, 1990).

Bünyelerindeki kimyasal bağ çeşidine göre plastikler iki kategori de incelenir: termoplastikler ve termoset plastikler. Polimer matriksli kompozitleri de matriks fazı olarak kullanılan polimere bağlı olarak iki temel grupta incelenir: termoplastik ve termoset esaslı kompozitler (Smith WF, 1990). Sanayide çeşitli şekillerde farklı amaçlar için kullanılmak üzere değişik yapılarda ve özelliklerde pek çok sayıda plastik türetilmiştir. Fakat bu ürünlerin çoğunluğu oldukça maliyetli ya da işlenmesi güç plastiklerdir. Şu anda kullanılan plastiklerin çoğunluğu polietilen, polipropilen ve polivinil klorür gibi termoplastik maddelerdir. Yakın zamanda ise levha, çubuk ve boru şeklinde mühendislik maddesi olarak değerlendirilmiştir (Yalçın ve Gürü, 2002) (Tablo 2.1).

**Tablo 2.1. Bazı Polimer Matriksli Kompozit Malzemeler**

| Polimer   | Dolgu Madde si | Uygulama       | Yöntem                  | Sonuç                          | Karakteriz m         | Kaynak              |
|-----------|----------------|----------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| PET       | HDPE           | Plastikler     | Sıkıştırma              | Ara yüzey değişimi             | Mekaniksel           | Vladuta et al. 2009 |
|           | LDPE           | Plastikler     | Sıkıştırma              | Pürüzlülü k                    | Mekaniksel           |                     |
|           | TiO2           | Plastikler     | Sıkıştırma              | Su temas artışı                | Mekaniksel           |                     |
| PMMA      | PVP            | Kalıplama      | Suda Çözme              | Mekanik Özellikleri İyileşmesi | Boşluksuz Yoğun Yapı | Hayat et al. 2017   |
| PE        | Nişasta        | Yapı Malzemesi | Fırınlama ve Karıştırma | Isı Dayanımı                   | SEM, TGA, FTIR       | Junior et al. 2017  |
| Polyester | Ag Partikülü   | Biyomedikal    | Sonikasyon              | Morfoloji k Özellik            | SEM, XRPD            | Liu et al. 2017.    |
| PP        | PHA            | Biyomedikal    | Sentez                  | Mukavemet                      | SEM                  | Akdoğan, A. 2009    |

Polimerlerin sınıflandırılması kimyasal bileşimlerine göre organik, inorganik. yapılarına göre Homopolimerler, kopolimerler, terpolimerler. İşlenme yöntemlerine göre Termoplastik, termoset. sektörde kullanıldığı alanlara göre Plastikler, fiberler, kaplamalar . fiziksel yapılarına göre ise Amorf, kristalin, yarı kristalin (Yalçın ve Gürü, 2002) dir.

### **2.2.1 Termoplastik Malzemeler**

Bir termoplastik malzeme, soğutulduktan sonra ısıtılabilen ve belirli bir şekle getirilebilen herhangi bir plastik polimerdir. Çoğu termoplastik malzeme, yüksek bir molekül ağırlığına sahip olup, çabuk erime özelliğindedir.

Bu özellik termoplastik polimeri enjeksiyon kalıplama için ideal kılan genel bir özelliktir. Bununla birlikte, her bir termoplastik, farklı nitelikler, avantajlar ve dezavantajlar sergilemekte olup eldeki uygulama için doğru malzemeyi seçmek adına kritik öneme sahiptir. Uygulama ihtiyaçlarını daha iyi karşılayan belirli özellikler sağlamak için ilave dolgu maddeleri ve katkı maddeleri de kullanılabilir.

Termoplastik malzemelerin termoset malzemelerinden çok farklı oldukları belirtilmelidir. Benzer olmasına rağmen, termosetler sadece bir kez ısıtılabilir ve kalıplanabilir; değiştirilemez veya orijinal haline geri getirilemez.

Termoplastiklerin avantajları:

- Geri dönüştürülebilir ve tekrar kullanılabilir olması
- Çevre dostudur
- Parlaklık, varyans vb. için daha fazla seçenek sunar
- Kimyasal açıdan geciktirici seçenekleri mevcuttur.

Termoset avantajları ise

- Daha düşük maliyetli olması
- Ölçüsel durağanlığa sahiptir
- Çok yumuşak tasarımıdadır

Modern teknoloji son zamanlarda TPE'ler veya termoplastik kauçuklar gibi termoplastik elastomerler ortaya çıkardı. Temel olarak, bu teknolojiye önce, tüm kauçuk malzemeler termosettir ve bir kere enjekte edilir ve kalıplanır, değişmez. Şimdi, TPE'ler her iki dünyanın en iyisini sağlamak için iki malzemeyi

(kauçuk ve plastik) harmanladı. Bu yeni malzemeler, otomobil endüstrisinde, havacılık endüstrisinde ve birçok tüketici pazarında çok yararlıdır.

## **Genel Termoplastik Malzemeler**

### **Akrilik Termoplastik Polimer**

Birçok termal plastik polimer, birçok cam benzeri optik özellik gösterir, ancak daha sağlam ve koruyucudur. Akrilikler hemen hemen her sektörde kullanılmaktadır.

### **ABS termoplastik**

ABS veya akrilonitril butadien stiren, stiren ve akrilonitrili birleştiren sentezlenmiş bir plastiktir. Bu güvenli termoplastik, insanların cep telefonları, oyuncaklar, mikrodalga fırınlar ve diğer aletler gibi doğrudan temas ettiği pek çok tüketici ürünüde kullanılır. ABS termoplastik, güçlü, hafif, çok yönlü ve sert olduğu bilinmektedir.

### **Polibenzimidazol Termoplastik Polimer**

Polibenzimidazol, lif olarak kullanılabilen herhangi bir malzemenin en yüksek erime noktalarına sahip olan yapay bir termoplastik polimerdir. Bu nedenle, bu termoplastik, yangın söndürme ve polis kuvvetlerinin yanı sıra tüm dünyadaki askeri birlikler tarafından kullanılan yüksek talep donanımları için bir temel olarak kullanılmaktadır.

### **Polietilen Termoplastik Polimerler**

Polietilen, belirli bir malzeme değil, aslında polimerin türü, yapısı ve kalınlığı ile karakterize edilen bir malzeme grubudur. Bu termoplastik polimerler sıcaklık değişimlerine karşı oldukça dirençli oldukları için genellikle boru hattı, petrol taşımacılığı gibi yüksek stresli ortamlarda ve perakende sektöründe kullanılırlar.

### **Teflon Floropolimer**

Bilimsel olarak politetrafloroetilen (Teflon, DuPont Corporation'ın ticari markasıdır) olarak bilinen Teflon, termoplastik malzemelerin floropolimer ailesine aittir. Teflon yapışmaz tencere için kullanımıyla ünlendi.

### **Homopolimer Termoplastik**

Homopolimer sert, dayanıklı bir termoplastik malzeme olarak bilinir. Son tüketim pazarında mutfak gereçleri gibi daha küçük ürünler için sıklıkla kullanılır.

### **Kopolimer Termoplastik**

Kopolimer parlak, düşük maliyetli bir malzemedir. Kopolimer termoplastik malzeme, endüstriyel arka uç uygulamaları ve mutfak gereçleri gibi daha küçük tüketici ürünleri de dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda kullanılır.

### **Termoplastik polyesterler**

Polyesterler, çok çeşitli sıcaklık ve çevre talepleri için oldukça dayanıklı malzemelerdir. Poliester termoplastikler, en yaygın olarak kullanılan su şişelerinde görülen enjeksiyon kalıplama polimerleri arasındadır, ancak aynı zamanda endüstriyel alanda da geniş uygulama alanlarına sahiptir.

kontrollü biyolojik bozunma özelliklerinden ve uygun sitokompatibiliteden ötürü ilaç dağıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, ilacın kapsüllemesi için ayarlanabilen ve iyi hücre uyumluluklarını koruyan kolaylıkla erişilebilen monomerlerden üretilebilen yeni ester esaslı malzemeler aranmaktadır. (Wim. E. 2016).

### **Poliüretan Termoplastik Polimer**

Poliüretan, açık ve esnek bir termoplastik polimer olup, çoğunlukla ayakkabı tabanı, conta ve jant üretmek için kullanılır.

### **Polivinil Klorür Polimer (PVC)**

Bu polimer, dış etaplarda, oluklar, kanalizasyon, izolasyon ve çatı gibi ev uygulamaları için yaygındır. Bu termoplastik hava koşullarına dayanıklı ve yanmaz özellikleriyle bilinir. Genellikle insert kalıplama için de kullanılır.

### **Stiren Akrilonitril Polimeri**

Stiren akrilonitril, ortak kullanılan en zorlu polimerlerden biridir. Kırılmaya karşı çok dirençlidir ve çoğunlukla mutfak araçlarında kullanılır.

### 3. KOMPOZİT MALZEMELER

Bir kompozit malzeme iki veya daha fazla malzemeyi birleştirerek yapılır genellikle çok farklı özelliklere sahip olanları. İki malzeme kompozit eşsiz özellikleri vermek üzere birlikte çalışır. Bununla birlikte, bileşim içinde, farklı malzemeleri çözdükleri veya birbirlerine karışmadıkları için kolayca ayırt edebilirsiniz.

Kompozitler birden fazla malzemenin birleşmesi ile oluşur ve yapılarında sabit madde olup o maddenin içine sürekli bir katkı maddesi ile katkılandırılmıştır. Bu maddeler ana faz ve donatı fazlarıdır. Ayrıca yüksek termal iletken ve elektriksel izolasyonlu kompozitlerin geliştirilmesi, elektronik ambalaj endüstrisinde ilgi çekmektedir (Shahriar Ghaffari Mosanenzadeh, Min wen Liu, Hugo G. Palhares, Hani E. Naguib 2015).

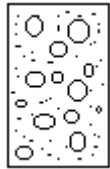
Bu faz iki tür bileşimle sağlanabilir: (Ünal, O., 2006)

1. Mikroskobik Bileşim: Örneğin perlit çeliği, ferrit ve sementitin mikroskobik düzeyde homojen karışımlarından meydana gelir. Tek başına ferrit yumuşak ve düşük dayanıklı olup sert ve gevrek sementit ile birlikte ard arda ince tabakalar halinde dizilmek suretiyle yüksek dayanıklı ve yüksek tokluğa sahip perlit çeliğini meydana getirmektedir (Ünal O, 2006).

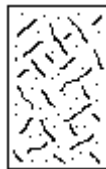
2. Makroskobik Bileşim: Boyutları 0,1 mm' nin üzerinde gözle görülebilirler. Sonradan bir araya getirilerek üstün özelliklerdeki kütleleri oluştururlar (Ünal O, 2006).

Kompozit malzemeler donatılı veya pekiştirilmiş türüne göre üç gruba ayrılır (Şekil 3.1):

Taneli kompozitler



Lifli kompozitler



Tabakalı kompozitler



**Şekil 3.1:** Taneli, lifli ve tabakalı kompozitler.

Lifli ve tabakalı kompozitler, taneli kompozitlere göre özellikleri bakımından daha fazla artış sağlayabilmektedir. Beton taneli kompozitler için mühim bir örnek olarak verilebilmektedir. Sert tanelilerin uzayabilen ve yumuşak bir maddeyle karıştırılıp aglomera haline getirilen kompozitlere asfalt betonu emsal olarak verilebilir (Ünal O, 2006).

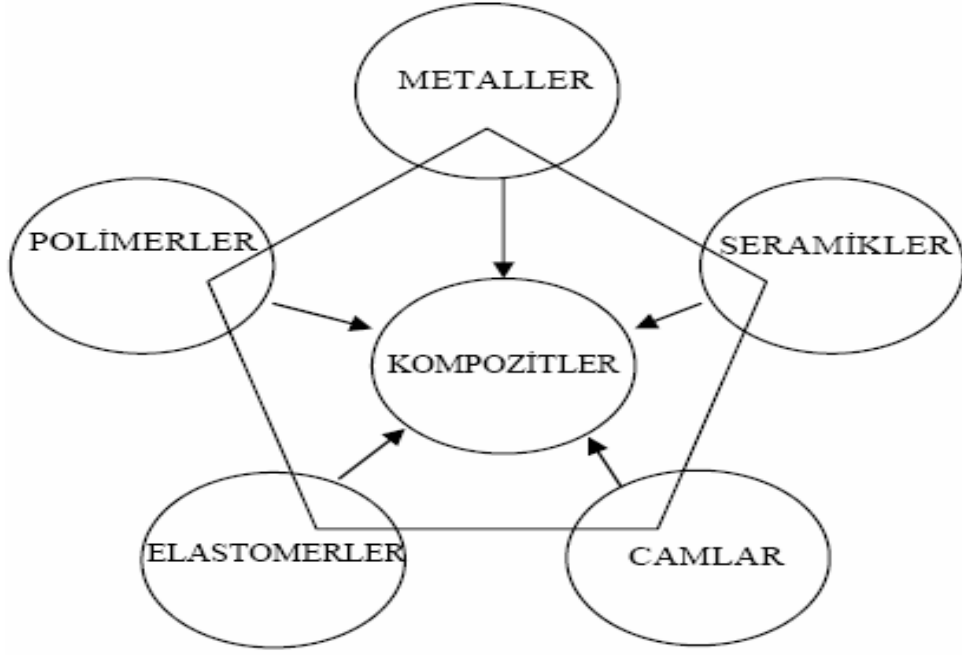
Asfalt viskoz ve zayıf dayanımdadır. Taş ise sert ve kırılımandır, bütün bir yığın olarak çok şekil değişikliğine uğramadan çatlaklar oluşturarak kolayca bozulmaya uğrayabilir. Farklı boyutlardaki kırmataş ile asfaltın birleşerek hem uzayabilen hem de yeterli dayanıklılığa sahip olan yol kaplaması malzemesini meydana getirir. (Ünal O, 2006).

### **3.1 Kompozit Malzeme Türleri**

Doğal yada yapay olarak kullanılabilir cisimleri üretilmesi sonucunda oluşan malzemelerdir. Günümüzde birçok malzeme çeşidi bulunmaktadır.

Kompozit malzemeler, bileşenlerden kaynaklanan ortaya çıkan özelliklerden dolayı çok ilgi çekmiştir. (Kosuke S. 2017).

önümüzdeki yıllarda uzay ve havacılık başta olmak üzere robot teknolojisi ve gelişen diğer teknolojilerde daha çok ağırlık verileceği öngörülmektedir (Yıldızhan H, 2008). Şekil 3.2’de kompozit malzemelerin üretildikleri malzeme sınıfları görülmektedir (Ünal O, 2006).



**Şekil 3.2:** Kompozit malzemelerin üretildikleri malzeme sınıfları.

1. Polimer Kompozitler
2. Metal Kompozitler
3. Seramik Kompozitler
4. Elastomer Kompozitler
5. Cam Malzemeler

### 3.1.1 Polimer Kompozitler

Polimer matriks kompozitleri (PMC'ler), bir organik polimer matriksi ile birbirine bağlı çeşitli kısa veya sürekli elyaflardan oluşur.

Çatlak tokluğunu arttırmak için güçlendiricinin kullanıldığı bir seramik matriks kompozitinden (CMC) farklı olarak, bir PMC'deki takviye, yüksek mukavemet ve sağlamlık sağlar. PMC, yapının hizmet aldığı mekanik yüklerin takviye tarafından destekleneceği şekilde tasarlanmıştır. Matriksin işlevi, elyafları birbirine bağlamak ve aralarındaki yükleri aktarmaktır.



Polimer matriks kompozitler genellikle bölünmekte olup iki kategoride incelenir: takviyeli plastikler ve gelişmiş kompozitler. Ayrımın temelinde mukavemet ve sağlamlık özellikleri ön plana çıkmaktadır.

### **3.1.2 Metal Kompozitler (Metal Matriksli Birleşik Malzemeler MMC)**

Birçok araştırmacı için metal matriks kompozitler terimi, hafif metal matriks kompozitleri (MMC) terimi ile sıklıkla eşittir. Son yıllarda hafif metal matriks bileşiklerinin geliştirilmesinde somut ilerleme kaydedilmiştir, böylece en önemli uygulamalara sokulabilirler. Otomotiv endüstrisinde MMC, lif takviyeli pistonlarda ve alüminyum krank kutularında güçlendirilmiş silindir yüzeyleri ve parçacık güçlendirilmiş fren diskleri ile ticari olarak kullanılmaktadır.

### **3.1.3 Seramik Kompozitler (Seramik Matriksli Birleşik Malzemeler CMC)**

Polimer seramik malzemeler, seramik dolgu maddeleri ve bir organik polimer matriksinden oluşan inorganik-organik kompozitlerdir; özellikle polisiloksanlar. Polimer seramikleri, 200 ° C'nin üzerindeki ısı muamelesi sonucunda seramik benzeri yapılar oluşturabilen işlevselleştirilmiş reçinelerin termal kürlenmesine dayanır. Polimer seramikleri, yüksek basınçlı enjeksiyon Polimer-seramik kompozitler, yüksek termal stabilite (600 ° C'nin üstünde olası servis sıcaklıkları), düşük büzülme, şeklin yüksek stabilitesi ve yüksek boyutsal doğruluk ile karakterizedir. İlgili kullanım özellikleri (örn. Elektriksel iletkenlik, ısı iletkenliği, dielektrik iletkenlik) ve işleme parametreleri, uygun işlevsel dolgu maddeleri, bağlayıcı sistemler ve plastikleştirici katkı maddeleri seçimi ile ayarlanabilir. Polimer-seramik malzemelerinin uygulanması, bir maliyet Karmaşık biçimli parçaların gerçekleştirilmesi için plastik şekillendirme teknikleri de dahil olmak üzere malzemenin verimli, kolay işlenmesi ve plastikler gibi standart malzemelerin termal kararlılığı yeterli değildir. Ağır termal yüke maruz kalmış çeşitli elektro- teknik bileşenler, Seramik kompozitler. Polimer-seramiklerin uygulama çeşitliliği,

yüksek termal kararlılık ve iyi termal izolasyon kapasitesi sergileyen birleştirme malzemeleri ve köpük malzemelerin geliştirilmesi ile de gösterilebilir.

### **3.1.4 Elastomer Kompozitler**

Çekme kuvveti uygulandığında aşırı derece de uzama gösteren ve kuvvet etkisi bittiğinde ilk uzunluğuna dönen, çapraz bağlanmış kauçuğumsu polimerlere elastomer kompozit denilmektedir. Başlıcaları poliizopiren (ya da doğal kauçuk), polibütadiyen, poliizobütilen, ve poliüretandır. Elastomerlerin diğer polimerlerden farklı çektiğimiz zaman yüksek oranda uzamaları, çekme kuvveti kalktığında ise hiçbir deformasyon göstermeden eski haline dönmesidir (Başbudak 2003). Bunun nedeni reaksiyonlarda ağ yapısı oluşturmalarıdır ancak bu ağ yapının en olumsuz yanı, geri-dönüşümle yeniden kullanılmalarının zor olmasıdır (Onaran K, 2003).

### **3.1.5 Termoplastik Elastomerler**

Elastomerler tanımında, moleküller arasında çapraz-bağ olması gerektiği ve ancak düşük yoğunluklu çapraz-bağa sahip polimerlerin elastomer davranışı göstereceği bilinir (Başbudak 2003).

Elastomerlerin sahip olduğu kimyasal yapı olarak çapraz bağlar, elastomerde deformasyon esnasında yapısında bulunan polimer zincirlerinin hareketini ve yer değişikliğini engelleyen bağlardır. Bu elastomerlerin kimyasal yapısında bulunan “çapraz-bağlar” ise kimyasal çapraz-bağ olmayıp yapılarındaki mikro-heterojen, 2-fazlı morfolojiden kaynaklanan fiziksel çapraz-bağlardır. Mikro-heterojen ve morfoloji gibi terimlerden bahsetmeden önce, bu molekül sistemine örnekler vermek gerekir.

Geri dönüşüme sahip olmaları, hemen hemen hiç komoundinge gerek duymamaları, güçlendirici ve kararlılığı arttırıcı katkı maddelerine ihtiyaç duymamaları, kolayca renklendirilebilmeleri, üretimleri için daha az enerji kullanıldığı ve parça üretim kalitesini kontrol etmenin kolay olası avantajları olarak sayılabilmektedir. Handikapları ise maliyetin diğerlerine göre yüksekliği, karbon

siyahı gibi ucuz katkı maddeleriyle karıştırılmamaları, sıcaklığa ve kimyasallara karşı düşük direnç göstermeleridir.

Termoplastik elastomerlerin üretiminde enjeksiyon ve ekstrüzyon kalıplama yöntemleri kullanılmaktadır. Isıl-kalıplama, ısıl-kaynak ve blow-molding yöntemleri de tercih edilir (Başbudak, 2003).

### 3.2 Kompozit Malzemelerin Özellikleri

**1. Hafiflik:** Polimer kompozit malzemelerin yoğunluğu çoğunlukla  $1,5 - 2 \text{ gr / cm}^3$  aralığındadır. Metal kompozitler ise  $2,5 - 4,5 \text{ gr / cm}^3$  değerlerini göstermekle birlikte bazı örneklerinde sıçrama saptanabilir. Seramik kompozitler ise ikisi arasındadır (Ünal, O., 2006).

**2. Rijitlik Ve Boyut Kararsızlığı:** Kompozit malzemelerin ayırt edici genleşme katsayıları genellikle düşük değere sahiptir. Sert, sağlam yapıda ve büyük bir boyut kararlılığı gösterir (Ünal, O., 2006).

**3. Yüksek Mekanik Özellikler:** Kompozit malzemelerin basma, çekme darbe, yorulma dayanıklılıkları oldukça yukarıdadır (Ünal, O., 2006).

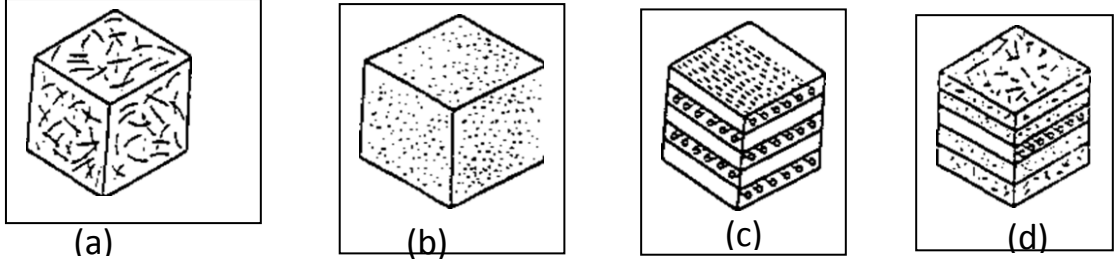
**4. Yüksek Kimyasal Direnç:** Kompozitler bazı kimyasal maddelerden asitler, alkaliler, çözücüler ve açık hava şartlarına karşı oldukça dirençlidir. Kimya endüstrisinde sıklıkla karşılaşılan malzemelerdir (Ünal, O., 2006).

**5. Yüksek Isı Dayanımı:** Sıradan plastiklere kompozitlerin ısı dayanımı yüksektir (Ünal, O., 2006).

**6. Elektriksel Özellikler:** Kompozitlerde elektriksel özellikler kullanım alanına ve şekline göre yeniden düzenlenebilir. Metal Matriksli Birleşik Malzemeler (MMC)'lerin elektriksel iletkenliği oldukça yüksektir (Ünal, O., 2006).

### 3.3 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

İçeriklerinde çok sayıda farklı malzeme kullanılabilen kompozitlerin gruplandırılmasında kesin sınırlar çizmek mümkün olmamakla birlikte, yapıdaki malzemelerin formuna göre bir sınıflama yapmak mümkündür. Bu sınıflama şekli aşağıda verilmektedir (Ünal, O., 2006).



Şekil 3.3: Kompozit malzemelerin sınıflandırılması.

Kompozit malzemelerin sınıflandırılması (Şekil 3.3)

- a. Elyafli kompozitler
- b. Parçacıklı kompozitler
- c. Tabakalı kompozitler
- d. Karma kompozitler (Ünal O, 2006)

### 3.3.1 Elyafli kompozitler

Fiber takviyeli polimer kompozitleri, bir polimer matriksine gömülü takviye elyaflarından da oluştuğu için, ahşapa benzerdir. Fiber takviyeli polimer kompozitlerinde, kısa ve sürekli elyaflar arasındaki ayrım önemlidir. Kısa lifli kompozitler çoğunlukla yapısal olmayan kompleks parçalar için kullanılır. En yaygın kısa lif kompozitlerinden biri, enjeksiyonla kalıplanmış cam elyafı - polipropilendir. Bununla birlikte, REIN4CED, yüksek performanslı sürekli elyafa odaklanmaktadır. Liflerin potansiyelini tamamen kullanmak için, liflerin nesnenin tüm uzunluğu boyunca yük yönüne göre hizalanması gerekir. Yaygın olarak kullanılan sürekli fiberler karbon, cam ve aramiddir. Doğal lifler de giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Çeşitli kimyasal yapıdaki camsı polimerlerdeki sonsuz seyreltme gaz çözünürlük katsayıları, kısa polimer zincir konformasyonlarının basit bir hesaplama modeline dayanarak öngörülmüştür (Michail. G. 2016).

Yüksek performanslı sürekli elyafların bir polimer matriksi kombinasyonu, yapısal uygulamalar için çelik ve alüminyum için hafif bir alternatif olan kompozit bir malzemeye neden olur. Plastiklerle karşılaştırıldığında, elyaf takviyeli kompozitler

ağırlık başına olağanüstü mekanik özelliklere sahiptir. Fiber takviyeli polimer kompozitlerinin en ilginç özellikleri:

- Hafif yapısal uygulamalar için ağırlık başına yüksek mekanik özellikler
- Mükemmel yorulma performansı
- İyi darbe dayanımı
- Korozyona dayanıklı
- Geniş tasarım özgürlüğü ve net şekle yakın üretim
- Hem küçük hem de büyük seri üretim mümkün

### **3.3.2 Parçacıklı kompozitler**

Matrikslerin birbiri içinde parçacıklar halinde bulunması ile elde edilirler. İzotrop yapıdadır. Yapının mukavemeti parçacıkların sertliğine bağlıdır. En yaygın kullanılan ise plastik matriks içinde kullanılan metal parçacıklardır. Metal parçacıklar ısı ve elektrik iletkenliği sağlar. Sertlikleri ve yüksek sıcaklık dayanımları yüksek olan metal matriks içinde seramik parçacık içeren yapılar uçak motor parçalarının üretiminde tercih edilmektedirler (Ünal O, 2006).

### **3.3.3 Tabakalı kompozitler**

Uygulamaları ancak keşfedildikten veya icat edildikten sonra tesadüfen bulan birçok doğal ve yapay malzemeden farklı olarak, kompozitler sıklıkla özel bir uygulama göz önünde bulundurularak özenle tasarlanır. Başlangıçta 20. yüzyılın ortalarında havacılık ve uzay endüstrisi için hafif ve güçlü malzemeler geliştirdiler, şimdi stealth bombacılarından Akıllı arabalara, köprülerden petrol kuyularına kadar geniş bir yelpazede ürün buldular. Tabakalı kompozitler, farklı malzemelerin katmanlarının yapışkanla birleştirildikleri, ilave güç, dayanıklılık veya başka bir fayda sağlamak için kullanılan kompozit malzemelerdir. Tabakalı kompozitler metallere kıyasla daha hafif ve dayanıklıdır (Ünal O, 2006).

### **3.3.4 Karma (Hibrid) kompozitler**

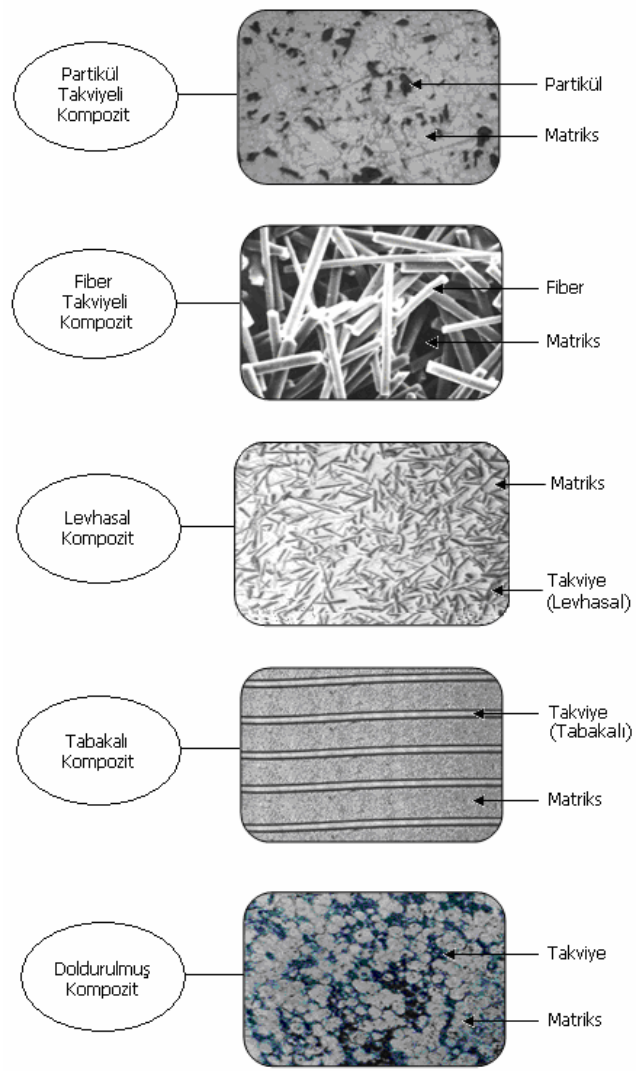
Hibrid kompozitler, iki veya daha fazla takviye lifi kombinasyonuna sahip kompozitlerdir.

En yaygın melez kompozitler, karbon-aramid takviyeli epoksi (kuvvet ve darbe direncini birleřtirir) ve cam-karbon takviyeli epoksidir (makul bir fiyata güçlü bir malzeme verir).

Hibrit kompozitler, genellikle, farklı lif çeşitlerinin bir kombinasyonunun elde edilmek istediğinde veya boyuna ve yanal mekanik performanslara ihtiyaç duyulduğunda kullanılır.

## **3.4 Kompozit Malzemelerde Kullanılan Takviye Elemanlarının Sınıflandırılması**

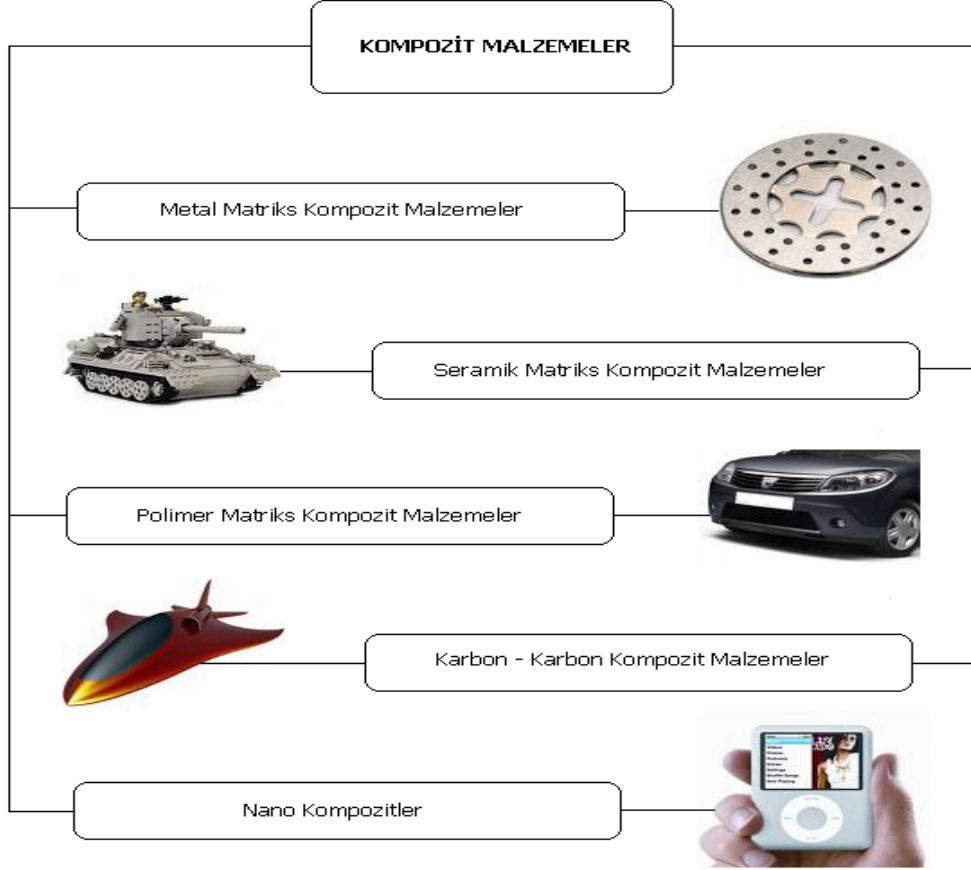
Kompozit malzemelerde kullanılan takviye elemanları şekline göre beş sınıfa ayrılabilir. Bunlar partikül takviyeli, fiber takviyeli, levhasal, tabakalı ve doldurulmuş kompozit malzemelerdir. şekil 3.4'de kompozit malzemelerin takviye elemanının şekline göre sınıflandırılması örnek mikroyapı resimleri ile birlikte gösterilmiştir (Güven, C., 2014).



**Şekil 3.4:** Kompozit malzemelerin takviye elemanının şekline göre sınıflandırılması.

### 3.5 Kompozit Malzemelerde Kullanılan Matriks Malzemeler

Kompozit malzemelerde kullanılan matriks malzemeler Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.5: Kompozit malzemelerin kullanılan matriks malzemesinin cinsine göre sınıflandırılması.

#### 3.5.1 Metal matriks kompozitler (MMK)

Metal matriks kompozitler (MMC'ler) genelde silikon karbid veya grafit gibi bir seramik malzemenin partikülat veya lifleriyle güçlendirilmiş, alüminyum veya magnezyum gibi düşük yoğunluklu bir metalden oluşur. Güçlendirilmemiş metallerle karşılaştırıldığında, MMC'ler daha yüksek özgül mukavemet ve sertlik, daha yüksek çalışma sıcaklığı ve daha fazla yıpranma sunar

Direnci ve aynı zamanda bu özellikleri belirli bir uygulama için uyarlama fırsatı sunmaktadır. Bununla birlikte, MMC'lerin metallerle karşılaştırıldığında bazı dezavantajları da vardır. Bunların başında, yüksek performans için yüksek üretim maliyeti



MMC'ler ve daha düşük süneklik ve tokluk. Halen, MMC'ler iki uç tür etrafında kümelenme eğilimindedir. Birincisi, pahalı sürekli elyaf takviyeli ve pahalı işleme gerektiren çok yüksek performanslı kompozitlerden oluşur yöntemleri. Diğeri nispeten ucuz olan partikül veya liflerle takviye edilen nispeten düşük maliyetli ve düşük performanslı kompozitlerden oluşur. Birinci tipin maliyeti herhangi bir askeri veya uzay uygulaması için çok yüksekken, maliyet / fayda Güçlendirilmemiş metal alaşımlarına kıyasla ikinci tip avantajlar şüphesiz kalmaktadır.

### **3.5.2 Seramik matriks kompozitler (SMK)**

Seramik matriks kompozitler (CMC), metallere göre yüksek sıcaklık oksidasyon kararlılığı ve monolitik seramiğe oranla arttırılmış tokluk sağlar. Ultramet, tahrik ve termal yönetim sistemlerinin ağır ortamlarından sağ kalan dayanıklı ve refrakter CMC'ler sunar. Hızlı eriyik sızma işlemi ile imal edildiğinden, Ultramet CMC'ler geleneksel kimyasal buhar sızıntısıyla yapılan kompozitlerden çok daha az maliyetlidir.

### **3.5.3 Polimer matriks kompozitler (PMK)**

Polimer matriks kompozitleri (PMC'ler), bir organik polimer matriksi ile birbirine bağlı çeşitli kısa veya sürekli elyaflardan oluşur. Takviye esas olarak kırılma tokluğunu iyileştirmek için kullanılan bir seramik matriks kompozitinin (CMC) aksine, bir PMC'deki takviye, yüksek mukavemet ve sertlik sağlar. PMC, yapının hizmet aldığı mekanik yüklerin takviye tarafından destekleneceği şekilde tasarlanmıştır. Matriksin işlevi, lifleri birbirine bağlamak ve aralarındaki yükleri aktarmaktır.

Polimer matriks kompozitler genellikle iki kategoriye ayrılır: takviyeli plastikler ve "gelişmiş kompozitler. "Bu ayırım mekanik özelliklerin seviyesine (genellikle mukavemet ve sertlik) dayanıyor; Bununla birlikte, açıkça

İkisini birbirinden ayıran çizgi. Nispeten ucuz olan takviyeli plastikler genellikle düşük sertlikte cam elyaflarla takviye edilmiş polyeşter reçinelerden

oluşur. Sadece 15 yıldır kullanılmakta olan gelişmiş kompozitlerdir. Havacılık endüstrisi, üstün sağlamlık ve sağlamlığa sahiptir ve nispeten pahalıdır. İleri bileşikler bu değerlendirilmenin odağıdır.

PMC'lerin avantajları arasında bulunan en önemli unsur, ağırlıklarının takviye yönünde yüksek sağlamlık ve mukavemetle birleşmesidir. Bu kombinasyon uçakların, otomobillerin ve diğer hareketli yapıların yararlılıklarının temelini oluşturmaktadır. Diğer arzu edilen özellikler metallere kıyasla üstün korozyon ve yorulma direnci içerir. Bununla birlikte, matriks yüksek sıcaklıklarda ayrıştığından, mevcut PMC'ler, yaklaşık olarak 600 ° F (316 ° C) altındaki servis sıcaklıklarıyla sınırlandırılmıştır.

### **3.5.4 Karbon-karbon kompozitler (KKK)**

Karbon / karbon (C / C) kompozitleri, hafif, istisnai mukavemet ve sertliği mükemmel refrakter özellikleriyle birleştirerek onları atmosferik yeniden giriş, katı roket motoru egzozu ve yüksek performanslı disk frenleri gibi şiddetli çevre uygulamaları için tercih edilen malzeme haline getirir Askeri ve ticari uçaklar, yüksek hızlı trenler ve yarış arabaları. Uygulamaların ortaya çıktığı alanlar arasında biyomedikal cihazlar, aero-motor bileşenleri, 2000C sıcaklıktaki ısıtıcı elemanlar ve metal şekillendirme ve cam yapımı donanımları bulunmaktadır. C / C kompozitlerinin imalatı için başlıca teknolojilerden biri, gözenekli karbon fiberin kimyasal buhar infiltrasyonunu (CVI) gerçekleştirmektedir. CVI-yoğunlaşmış C / C kompozitleri, pirolitik karbonun gözenekli bir matriksine gömülmüş karbon elyaflardan oluşan karmaşık bir hiyerarşik mikroyapıya sahiptir (Şekil 1a). Liflerin etrafındaki pirolitik karbon (PyroC) matriksi, silindirik olarak katmanlı bir yapıya sahiptir ve her tabakanın farklı nanoyapı ve anizotropik mekanik özellikleri vardır (Şekil 1b). Bu katmanlar, pirolitik karbondaki bazal planların farklı tercih edilen yönlendirmesine (veya dokusuna) karşılık gelir (Şekil 1c). Gözenekliliğin hacim fraksiyonu ve topolojisi kadar katman dağılımları, genişlikleri, düzeni ve yapısı, kimyasal buhar infiltrasyon parametrelerini (sıcaklık, basınç, gaz akış hızı ve sızıntı süresini) içeren imalat parametrelerinden kuvvetle etkilenir. Öncü gazın seçimi,

karbon elyafların özellikleri ve preformdaki düzenlemeleri ve daha sonra kompozitin ısıyla muamele edilmesiyle olur.

### **3.5.5 Nanokompozitler (NK)**

Nanokompozitler, standart malzeme matriksi içerisine nanosize edilmiş parçacıkları içeren malzemelerdir. Nanopartiküllerin eklenmesinin sonucu, mekanik mukavemet, tokluk ve elektriksel veya ısı iletkenliği içerebilen özelliklerde belirgin bir gelişmedir. Nanoparçacıkların etkinliği, eklenen maddenin miktarı normal olarak sadece ağırlıkça% 0.5-5 arasındadır.

Geliştirilmiş Özellikleri;

- Mukavemet, modül ve boyutsal kararlılık gibi mekanik özellikler
- Elektriksel iletkenlik
- Azalan gaz, su ve hidrokarbon geçirgenliği
- Alev geciktirici
- Termal kararlılık
- Kimyasal direnç
- Yüzey görünümü
- Optik netlik

Nanokompozitlerin İşleyişi: Nanopartiküllerin, hacim oranında son derece yüksek bir yüzeye sahip olması, hacim oranının, hacim büyüklükleri ile karşılaştırıldığında özelliklerini önemli ölçüde değiştirdiği anlamına gelir. Aynı zamanda, nanopartiküllerin yığın materyal ile bağlanma biçimini değiştirir. Sonuç,

kompozitin bileşen parçalarına göre birçok kez geliştirilebileceğidir. Bazı nanokompozit malzemelerin, yığın bileşen malzemelerinden 1000 kat daha sert olduğu gösterilmiştir.

### **3.6 Kompozit Malzeme Yapımında Temel Maddeler**

#### **3.6.1 Matriks Malzemeleri**

Matriks temel olarak, kompozit bir fiber sistemin gömülü olduğu homojen ve monolitik bir malzemedir. Tamamen kesintisizdir. Matriks, takviye maddelerini bir arada tutmak ve tutmak için bir ortam sağlar. Çevresel hasardan gelen takviye koruması sunar, yük aktarımı yapar ve yüzey, doku, renk, dayanıklılık ve işlevsellik sağlar.

Üç temel kompozit matriks türü vardır:

Seramik matriks - Seramik matriks kompozitler (CMC) kompozit malzemelerin bir alt grubudur. Seramik elyaf takviyeli seramik (CFRC) materyali oluşturan seramik elyaflardan oluşan seramik elyaflardan oluşurlar. Matriks ve lifler herhangi bir seramik malzemedeki oluşabilir. CMC malzemeleri, geleneksel teknik seramiklerin karşılaştığı düşük kırılma tokluğu, kırılma ve sınırlı termal şok direnci gibi büyük dezavantajların üstesinden gelecek şekilde tasarlandı.

Metal matriks - Metal matriks kompozitler (MMC), en az iki kurucu parçayı içeren kompozit malzemelerdir - bir metal ve bir başka malzeme veya farklı bir metal. Metal matriks, mukavemet ve aşınmayı artırmak için diğer malzemeyle takviye edilmiştir. Üç ya da daha fazla kurucu parçanın mevcut olduğu yerlere melez kompozit denir. Yapısal uygulamalarda, matriks genellikle magnezyum, titanyum veya alüminyum gibi daha hafif bir metalden oluşur. Yüksek sıcaklık uygulamalarında, kobalt ve kobalt-nikel alaşım matriksleri yaygındır. Tipik MMC üretimi temel olarak üç tipe ayrılır: katı, sıvı ve buhar. Sürekli karbon, silikon karbür veya seramik elyaflar, metalik bir matriks malzemesine gömülebilen malzemelerin bazılarıdır. MMC'ler ateşe dayanıklıdır, geniş bir sıcaklık aralığında çalışırlar, nemi emmezler ve daha iyi elektriksel ve termal iletkenliğe sahiptirler. Ayrıca, radyasyon hasarına karşı dirençli olan ve gaz çıkarmayan uygulamalar da buldular. Çoğu metal ve alaşımlar, kompozit uygulamalar için iyi matriks oluşturmaktadır.

Polimer matriksi - Polimer matriks kompozitler (PMC'ler), termoset, termoplastik ve kauçuk olmak üzere üç alt tipe ayrılabilir. Polimer, kovalent kimyasal bağlarla birbirine bağlı tekrar eden yapısal birimlerden oluşan geniş bir moleküldür. PMC'ler, bir lifli takviye dispersiyonlu faz ile birleştirilmiş bir polimer matriksten oluşur. Daha kolay imalat yöntemleri ile daha ucuzdurlar. PMC'ler metallere veya seramiklerden daha az yoğun, atmosferik ve diğer korozyona karşı direnebilir ve elektrik akımının iletkenliğine karşı üstün direnç gösterebilir.

### **3.6.1.1 Reçineler ve Özellikleri**

#### **3.6.1.1.1 Epoksi Reçineleri**

Polimer matriks kompozitlerinde epoksi reçineler en sık kullanılan termoset plastiktir. Epoksi reçineleri, sertleştikten sonra reaksiyon ürünlerini bırakmayan ve bu nedenle sert küçülme oranını düşük tutan termoset plastik malzemeler grubudur. Ayrıca, diğer malzemelerle iyi bir yapışma, iyi kimyasal ve çevreye direnç, iyi kimyasal özellikler ve iyi izolasyon özellikleri vardır. Epoksi reçineleri genellikle epiklorohidrin'in bisfenol ile reaksiyona sokulmasıyla üretilmektedir. Farklı reçineler, ikisinin değişken oranları ile oluşturulur: epiklorohidrin oranı azaldığından, reçinenin molekül ağırlığı artar.

Epoksi terimi, fiber takviyeli polimer kompozitlerinin ötesinde birçok kullanım için uyarlanmıştır. Günümüzde, epoksi yapıştırıcılar yerel donanım mağazalarında satılmakta ve epoksi reçine zeminler için tezgah veya kaplamalarda bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Epoksi kullanımlarının sayısının artmaya devam etmesi ve kullanılan epoksi ürünlerin çeşitleri, kullandıkları endüstrilere ve ürünlere uyması için sürekli geliştiriliyor (Dent M. 2011).

### 3.6.1.1.2 Polyesterler

Polyesterler çok yönlü sentetik kopolimerlerden biridir. Polyesterler, dünya çapında yılda 30 milyar pound'u aşan yüksek hacimde üretilmektedir. Ticari olarak elyaf, plastik, kompozitler ve kaplama uygulamaları için yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bunlar, polimer omurgalarının ayrılmaz bir parçası olarak karboksilat ester gruplarına sahip heterochain makromoleküllerdir. Birçok aşamalı büyüme polimerizasyonu üzerine çalışma başlatan Carothers'in ilk çalışmalarından beri polyesterler büyük ilgi gördü. Çalışmaları arasında A-B hidroksi asitler, belirli laktonların polimerizasyonu ve A-A doğrusal diollerin B-B terminal alifatik dikarboksilik asitler ile esterifikasyonu yer alıyordu. Ortaya çıkan kopolimerler, sert, kristalli katılar ve düşük molekül ağırlıklı (8,000-10,000 g / mol) katıydı ve eriyik durumdan filamentlere dönüşmeye duyarlıydı ve bu da mukavemette nihai bir artış ile erime noktasının altında gerilebiliyordu.

Biyomedikal uygulamalar için biyolojik olarak parçalanabilen ve biyolojik olarak uyumlu materyallerin hızlı gelişimi, bu alanda uygulanabilir olan alifatik polyester modifikasyonu için yeni yöntemlerin araştırılmasına yansımaktadır. Olası bir yaklaşım, polimer topolojisinde yapılan değişikliklerdir (Progress in Polymer Science Volume 58, Pages 27-58 July 2016).

Bir izosiyanatla bir polialkolün oda sıcaklığında katılma polimerizasyonu ile elde edilen üretiler daha çok köpük lastik (esnek ve rijit) yapımında kullanılırlar. Kimyasal direnci iyidir. Yazılım özellikleri yüksektir (Ünal, O., 2006).

### 3.6.1.1.3 Fenolik Reçineler

Fenolik reçineler, icad edilmiş çok yönlü polimer grubudur. Polimerler çağının başında ortaya çıkmış olsalar da giderek daha fazla uygulama geliştirmeye devam ettiler. Fenolik reçineler, 1907 yılında Dr. Leo Baekeland tarafından icat edilen sentetik bir ısıyla sertleşen reçinenin bir türüdür. Malzeme başlangıçta Bakalit olarak adlandırılmıştır. Bu, ticari olarak satılabilecek ilk plastikti ve eski tarz siyah telefonlarla simgelendi.

Fenolik Reçine Çeşitleri: Fenolik reçineler, novolaklar ve resoller olmak üzere iki farklı türe ayrılır. Her ikisi de 300 ° - 350 ° C'ye kadar yüksek sıcaklık

kararlılığına, yüksek su ve kimyasal kararlılığa sahiptir. Fenolik reçineler genellikle sarıdan koyu kırmızıya kadar koyu renklidir ve mükemmel fiyat / performans profiline sahiptir.

Fenolik reçineler sayısız endüstriyel üründe bulunur. Esas olarak devre kartlarının üretiminde kullanılırlar. Bilardo topları, laboratuvar tezgahı kaplamaları ve kaplamalar ve yapıştırıcılar gibi kalıplanmış ürünlerin üretimi için daha çok biliniyorlar.

### **3.6.1.2 Elyaf Çeşitleri ve Özellikleri**

Bileşikler, iki veya daha fazla tek tek bileşen içeren bir malzemeye karşılık gelir. Takviye edici bileşen, bileşik oluşturmak için bir matrikste gömülüdür. Kompozit yapılar lif ve matrikslerin birleştiği yerde oldukça yaygındır. Örneğin, bir ağaç selüloz elyaflarından bir lignin matriksinde (doğal bir reçine) oluşur. Ahşabın mukavemeti, "hububat boyunca" daha yüksektir, bu da selüloz elyafların genel yönünü belirtir ve "hububat boyunca zayıf" dur. Tahta boyunca bir ahşap parçaya bölünmesi daha kolaydır çünkü selüloz liflerinden çok daha zayıf olan lignin matriksini kırmak yeterlidir.

En yaygın olan insan yapımı kompozitler plastik veya plastik bir reçinede karbon elyaftan oluşur. Reçineler, her biri kendi benzersiz avantajlarına ve dezavantajlarına sahip olan termoset veya termoplastik malzemelerden oluşabilir. Cam veya karbon elyafları plastik matriksten önemli ölçüde daha güçlüdür ancak aynı zamanda kırılma eğilimindedirler. Bu nedenle, kompozit bir yapı, fibri daha uyumlu bir matrikste gömmek suretiyle camın veya karbonun mükemmel sağlamlık ve mukavemet özelliklerinden faydalanmasını sağlar.

İletken bir elyaf çekirdeği, bir birinci yalıtım tabakası, bir iletken tabaka, bir ikinci yalıtım tabakası, bir koruyucu tabaka ve bir dış tabaka içerir. Uygulamalar, havacılık, otomotiv ve diğer araçlarda kullanımın yanı sıra kalp pilleri, vasküler kılavuz teller ve diğer tıbbi uygulamalar gibi elektrostimülasyon cihazlarında potansiyel kullanım da içerir (John Lawrence Erb, 2014).

Bir kompozit yapı üretildiğinde "kuru" bir karbon elyafı ve "ıslak" bir reçine kullanılır. Kuru karbon elyafı reçine ile ıslatılacak ve reçinenin sertleşmesini

sağlayan karbon elyafları katılaştıracağı ve "bloke edecek" şekilde bir fırına koyacaktır.

### **3.6.1.2.1 Cam Elyaf lar**

Erimiş camın çekilmesiyle elde edilen bağımsız filamentlerdir. Kontinü filamentler belirsiz uzunlukta veya büyüklükteki tek uçlu cam elyafıdır. Kısa elyaf ise, boyu 430 mm'den daha kısa olan cam elyafı türüdür. Elyaf uzunluğu kullanılan üretim prosesiyle ilişkilidir (Tablo 3.3).

#### **Cam Elyaf ların Genel Özellikleri**

1. Çekme mukavemeti yüksektir, birim ağırlık başına düşen dayanıklılığı çelikten bile oldukça yüksektir.
2. Isıl dirençleri düşüktür. kolay kolay yanmazlar, fakat yüksek sıcaklıkta yumuşama eğilimi gösterirler.
3. Çeşitli kimyasal malzemelere karşı yüksek direnç gösterirler.
4. Nemi absorbe etme ve tutma özellikleri yoktur, fakat cam elyaf lı kompozitlerde matris ile cam elyaf arasında nemden kaynaklanan bir çözülme olabilir. bu etkiyi yok etmek için özel elyaf kaplama işlemleri uygulanır.
5. Elektrik iletkenliği yoktur. yalıtkan özellik gösterirler. yalıtkan malzeme aranması durumunda elyaf lı kompozitlerin kullanım alanları oluşmuş olur.

#### **Cam Elyaf Çeşitleri**

Cam elyaf üretiminde silis kumuna farklı ilave maddeleri eklendiğinde malzeme bu ilave maddelerin etkisi ile başka özelliklere sahip olur. bu farklı ilaveler dört farklı tipte cam elyaf oluşturur (Eker, A.A, 2008).

1. **A (Alkali) Camı:** Bazlık oranı yüksek bir cam çeşididir. Bu sebeple elektriksel iletken özellik gösterir. Maruz kaldığı kimyasal maddelere karşı gösterdiği dayanım ve direnç yüksektir. Pencereelerde ve şişelerde en çok kullanılan cam çeşididir. Kompozitlerde çok fazla kullanılmaz.
2. **C (Korozyon) Camı:** Kimyasal çözeltilere direnci çok yüksektir. Depolama tankları gibi yerlerde kullanılır.



**3. E (Elektrik) Camı:** Düşük bazik içeriğiyle elektriksel yalıtkanlığı diğer cam çeşitlerine göre daha yüksektir. dayanıklılığı ve suya karşı dayanımı yüksektir. Nemli ortamlarda kullanmak için geliştirilen kompozitlerde çoğunlukla E camı kullanılır.

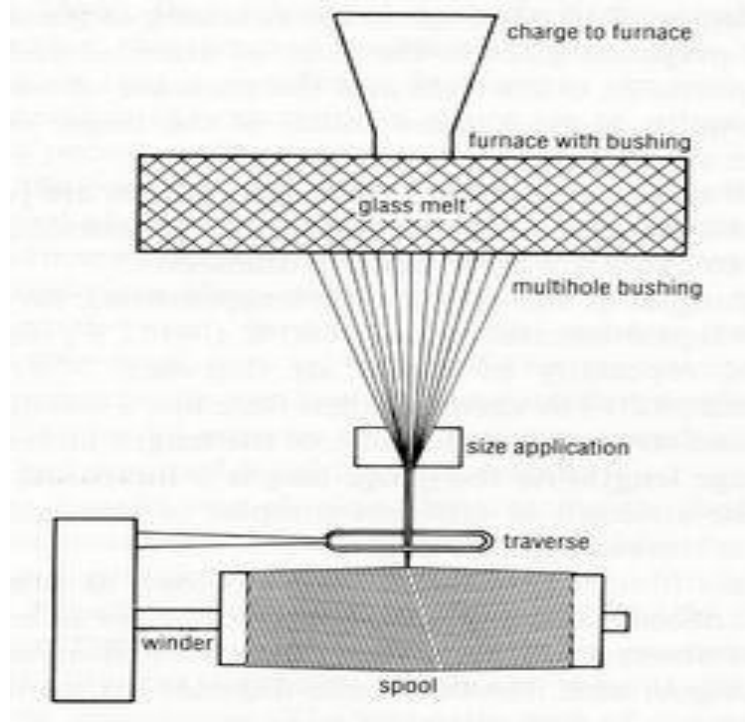
**4. S (Mukavemet) Camı:** Dayanım gücü yüksektir. çekme dayanımı E camına oranla %32 daha avantajlıdır. Yüksek sıcaklık değerlerinde iyi bir yorulma dayanıma sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı havacılıkta ve uzay sanayinde kullanılır. Cam elyaflar çoğunlukla plastik veya epoksi reçinelerle kullanılırlar.

**Tablo 3.1:** Cam elyafların mekanik özellikleri ve bileşimleri.

| Özellikler  | Cam Tipi |        |        |        |
|---|----------|--------|--------|--------|
|   | A        | C      | E      | S      |
| Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )                             | 2.50     | 2.49   | 2.54   | 2.48   |
| Elastik modül (GPa)   | -        | 69.0   | 72.4   | 85.5   |
| Çekme mukavemeti (MPa)  | 3033.0   | 3033.0 | 3448.0 | 4585.0 |
| Isıl genleşme katsayısı (m/m/°Cx10 <sup>6</sup> )               | 8.6      | 7.2    | 5.0    | 5.6    |
| Yumuşama sıcaklığı (°C)   | 727.0    | 749.0  | 841.0  | 970.0  |
| Katki Malzemeleri (%)   |          |        |        |        |
| SiO <sub>2</sub>  | 72.0     | 64.4   | 52.4   | 64.4   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.6      | 4.1    | 14.4   | 25.0   |
| CaO   | 10.0     | 13.4   | 17.2   | -      |
| MgO   | 2.5      | 3.3    | 4.6    | 10.3   |
| Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O                             | 14.2     | 9.6    | 0.8    | 0.3    |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                   | -        | 4.7    | 10.6   | -      |
| BaO   | -        | 0.9    | -      | -      |

### Cam Elyafın Üretim Tekniği

Cam elyafı silika, kolemanit, alüminyum oksit, soda gibi cam üretim maddelerinden üretilmektedir (Şekil 3.6). Cam elyafı özel olarak tasarlanmış ve dibinde küçük deliklerin bulunduğu özel bir ocaktan eritilmiş camın itilmesiyle üretilir. Bu ince lifler soğutulduktan sonra makaralara sarılarak kompozit hammaddesi olarak nakliye edilir (Eker A.A, 2008).



Şekil 3.6: Cam elyafın üretim tekniği.

Cam elyafı biçimlendirildikten sonra yıpranmaya dayanımının artması için kimyasallarla bir kaplama işlemi yapılır. Kaplama malzemesi olarak genellikle elyafın kompozit malzemeye uygulanmasından önce kolaylıkla kaldırılabilen ve suyla çözülebilen polimerler kullanılmaktadır. Elyaf ile reçinenin birbirine iyi yapışması çok önemlidir. Cam elyaflı kompozit malzemeler, takviye malzemesi ve taşıyıcı reçinenin (matriksin) birlikte kalıplanması ile elde edilmektedir. Bu işlem, birçok farklı metotla yapılmakla birlikte, tüm metotlarla geçerli olan esas, cam elyafının, taşıyıcı reçine ile uygun bir şekilde ısıtılabilmesidir (Eker, A.A, 2008).

Elyaf cam ipleri, iplikler, kumaşlar, kompozitler, prepregler, laminatlar, elyaf metal laminatlar ve cam kompozisyonlarından oluşturulan cam elyafları içeren diğer ürünlerle de ilgilidir (Ppg Industries Ohio, Inc, 2016).

### **Cam Elyafın Kullanım Alanları**

Cam elyaf; otomotiv, inşaat, havacılık, gıda, elektronik ve bir çok sektörde değişik kullanım alanına sahiptir.

#### **3.6.1.2.2 Bor Elyafı**

Bor, doğal olarak kırılğan bir malzemedir. Ticari olarak bir substrat üzerinde borun kimyasal buhar birikimi ile yapılır, yani üretilen bor elyaf kompozit lifdir. Oldukça yüksek sıcaklıkların bu biriktirme işlemi için gerekli olmasından dolayı, bitmiş bor lifinin çekirdeğini oluşturan alt katman malzemesinin seçimi sınırlıdır. Genellikle, bu amaçla ince bir tungsten tel kullanılır. Bir karbon alt katmanı da kullanılabilir. Weintraub tarafından elde edilen ilk bor lifleri, sıcak bir tel substrat üzerinde bir borun hidrojen ile indirgenmesi vasıtasıyla gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, bor fiber fabrikasyonundaki gerçek etkisi, Talley'nin yüksek dayanımlı amorf bor lifleri elde etmek için indirgeme sürecini kullandığı 1959 yılıdır. O günden bu yana, havacılık ve diğer yapılardaki olası yapısal bir bileşen olarak güçlü fakat hafif bor liflerinin kullanılmasına olan ilgi sürekli olmakla birlikte, bu ilgi, diğerlerinden oldukça sert rekabet karşısında periyodik olarak azalmaktadır.

#### **3.6.1.2.3 Alumina elyafı**

Alüminyum içeren mineraller, yer kabuğunun yaklaşık% 15'ini temsil etmektedir. Bu nedenle, özel uygulamalar için geliştirilmiş birçok alaşım için hammaddenin aksine bol miktarda malzeme ve neredeyse tükenmezdir.

Yüksek ısı iletkenliği, düşük termal genişleme ve yüksek sıkıştırma direnci kombinasyonu iyi termal şok direncine neden olur, bu nedenle alümin fırınlar için potalar, tüpler ve termokupl kılıfları için uygundur. Yüksek saflıkta alumina 1700 ° C'ye kadar kullanılabilir ve 1300 ° C'ye kadar gaz geçirmezdir. Az miktarda kimyasal Alumina'ya saldırıyor. Aynı zamanda, yüksek sıcaklıklarda iyi elektrik izolasyonu, iyi aşınma direnci ve yüksek sertlik gösterir ve bu sayede küresel vanalar, pistonlu pompalar ve derin çekme aletleri gibi bileşenler için uygundur. Elmas aletleri alümin üretmek veya öğütmek için gereklidir.

#### 3.6.1.2.4 Karbon elyaflar

Karbon elyafları, uzun karbon-karbon molekül zincirleri ile inşa edilir ve çok sert elyaflar üretir. Eğilimler, karbon elyaflarının gelişimini iki yönde yönlendirdi; Çok yüksek çekme mukavemetli ve yüksek gerilime (% 1-1.5) oldukça yüksek gerilime ve yüksek modüllü (HM) beş çok yüksek sertliğe sahip yüksek mukavemetli (HS) elyaflar. Özellikle ikincisi, yüksek rijitliği olan hafif ağırlıklı malzemelerin kullanılması gereken gelişmiş havacılık uygulamalarında kullanılmasını sağlamıştır. Karbon lifleri düşük termal genleşme katsayısına, iyi sürtünme özelliklerine, iyi X ışını nüfuz etmesine ve manyetik değildir. En büyük dezavantaj yüksek maliyet ve tüm karbon bileşiklerinin nispeten kırılğan olmasıdır. Poliakrilonitril elyafları daha sonraki yüksek sıcaklık muamelesi esnasında ergimeyi önlemek için havada (birkaç saatte 250 ° C'de) dengelenir. Bu işlemden sonra elde edilen elyaflar yavaş yavaş inert bir atmosferde 1000-1500 0 ° C'ye ısıtılır. Yavaş ısıtma, elyafta mevcut olan yüksek seviyedeki siparişin sürdürülmesini sağlar. Sıcaklık artışı oranı, elyafta bulunan moleküler düzeni bozmamak için düşük olmalıdır. Daha sonraki yüksek sıcaklık muamelesi esnasında ergimeyi önlemek için havada (birkaç saat, 250 ° C'de).

PAN'ın ilk gerdirme işlemi, polimer moleküllerinin aksel hizalanmasını geliştirir. Oksidasyon işlemi sırasında elyaflar sert merdiven polimerine dönüşürken PAN'ın hizalanmasını muhafaza etmek için gerilim altında tutulur. Bu aşamada bu gerilme stresinin yokluğunda, bir gevşeme meydana gelir ve merdiven polimer yapısı yönsüzleşir. Stabilizasyon işleminden sonra ortaya çıkan merdiven tipi yapı yüksek cam geçiş sıcaklığına sahiptir, böylece bir sonraki aşamada elyafların uzatılmasına gerek yoktur, yani karbonlaştırma. Hâlâ önemli miktarlarda azot ve hidrojen mevcut. Bunlar, 1000-1500 derece C'ye kadar ısıtılan karbonizasyon esnasında gaz halindeki atık ürünler olarak elimine edilir. Bu işlemden sonra kalan karbon atomları, genişletilmiş altıgen şerit ağları biçimindedir. Bu şeritler elyaf eksenine paralel olarak hizalanmalarına rağmen, bir şeridin bir başkasına göre derecesi nispeten düşüktür. Bu, daha yüksek sıcaklıklarda (3000 0 C'ye kadar) daha fazla ısıl işlem ile iyileştirilebilir. Buna, grafitleştirme tedavisi denir. Ortaya çıkan karbon elyafların mekanik özellikleri esasen nihai ısıl işlemin sıcaklığına bağlı olarak geniş bir aralıkta değişebilir. 2000 0 C'nin üzerindeki sıcak gerilme liflerin plastik deformasyonu ile sonuçlanır ve bu özellikler iyileşir.

## Selülozik Öncüler

Selüloz doğal bir polimer olup sıklıkla lifli bir formda bulunur. Aslında, selülozik olan pamuk lifi, karbonlaştırılan ilk pamuk liflerinden biriydi. Erimeyen önce bozunma arzulan bir özelliğe sahiptir. Bununla birlikte, yüksek modüllü karbon elyaf imalatı için, elyaf eksenini boyunca oldukça düşük bir oryantasyon derecesine sahip olduğu, ancak oldukça kristal olduğu halde uygun değildir. Sürekli filamanların bir kopyası olarak mevcut değildir ve oldukça pahalıdır. Bu zorluklar, ucuz bir kaynak olan odun hamurundan yapılmış-rayon lifinde olduğu gibi aşılmıştır. Selüloz ekstrakte edilir-odun hamurundan ve sürekli filament kovanları ıslak mukavemetle üretilir. Rayon, ısıyla sertleşen bir polimerdir. Rayonun karbon elyaf haline dönüştürülmesi işlemi, reaktif bir atmosferde (hava veya oksijen, <400 0 C), karbonizasyon (<1500 0 C) ve grafitleştirme (> 2500 0 C'de stabilizasyon olmak üzere aynı üç aşamayı içerir. ). Birinci aşamada çeşitli reaksiyonlar meydana gelir ve H<sub>2</sub>O, CO, CO<sub>2</sub> ve katranın geniş ayrışma ve evrimine neden olur. Stabilizasyon, katran oluşumunu engellemek ve verimi artırmak için reaktif bir atmosferde gerçekleştirilir. Zincir parçalanması veya depolimerizasyon bu aşamada gerçekleşir. Bu depolimerizasyon nedeniyle, PAN öncülünde olduğu gibi gerilim altında stabilizasyon bu durumda işe yaramaz. Karbonizasyon işlemi, azotta yaklaşık 1000 ° C'ye ısıtılmayı içerir. Grafitleşme 2800 0 C'de ancak stres altında gerçekleştirilir. Yüksek sıcaklıktaki bu yönlendirici stres, çoklu kayma sistemi işlemi ve difüzyonu yoluyla plastik deformasyona neden olur. Şekil 2.18, işlemi şematik olarak göstermektedir. Rayon'dan karbon elyafı verimi, PAN öncülleri durumunda yaklaşık% 50'lik bir verime kıyasla, ağırlıkça% 15 ila% 30 arasındadır.

## Saha Bazlı Karbonlu Elyaflar

Çeşitli zift kaynakları vardır ancak yaygın kullanılan üç kaynak, polivinil klorür (PVC), petrol asfalt ve kömür katranıdır. Zift tabanlı karbon elyafları, ucuz hammadde ve karbon elyaflarının yüksek verimi nedeniyle çekici hale geldi.

Aynı sırayla oksidasyon, karbonizasyon ve grafitleştirme, karbon fiberleri zift öncüllerinden çıkarmak için gereklidir. Bu durumda yönlendirme eğirme ile elde edilir. İzotropik fakat aromatik bir zift, çok yüksek gerilme hızlarında eritme iplikçiliğine tabi tutulur ve yüksek oranda yönlendirilmiş bir elyaf vermek üzere söndürülür. Bu termoplastik elyaf daha sonra lifi erimez hale getiren çapraz yapı oluşturacak şekilde oksitlenir. Bunu karbonizasyon ve grafitleştirme takip eder.

Ticari sahalar 400 ila 600 arasında ortalama molekül ağırlığına sahip çeşitli organik bileşiklerin karışımlarıdır. 350 derece C'nin üzerinde uzun süreli ısıtma, çok yönlü, optik olarak anizotropik bir sıvı kristal fazın (mezofaz) oluşmasına neden olur. Polarize ışık altında gözlemlendiğinde, izotropik bir zemine dağılmış olan anizotropik mezofaz, sahada yüzen mikro küreler olarak görünür. Sıvı kristalimsi mezofaz zifti, karbon fiber için bir öncül haline eritilebilir. Erime eğirme işlemi elyaf eksenine doğrultusunda makaslama ve uzatma içerir ve böylece yüksek oranda tercih edilen yönlendirme elde edilir. Bu yönelim, karbon fiber haline dönüşürken daha da geliştirilebilir. Zift molekülleri (düşük molekül ağırlıklı aromatik) hidrojen çıkarılır ve aromatik moleküller birleşerek daha büyük iki boyutlu moleküller oluştururlar. Young modülünün çok yüksek değeri elde edilebilir. Takdir edileceği gibi, ön sicim elyafının üretilmesi için taramanın eğilime açık bir zemine sahip olması gerekir. Bu öncü fiber, eritilmeden karbonlaşmanın oluşmasına imkân verecek şekilde inceltilbilir hale getirilir. Bu nedenle, petrol asfaltından ve kömür katrandan elde edilen sahalar ön işleme tabi tutulmalıdır. Bu ön işlem PVC'nin dikkatle kontrol edilen bir termal bozunumu vasıtasıyla önlenir. Molekül ağırlığı eriyik polimerin viskozitesini ve erime aralığını kontrol eder. Böylece sıcaklık ve eğirme hızını da kontrol eder. Katakalar polidispersoid sistemler olduğundan, molekül ağırlıkları solvent özütlemeye veya damıtma ile ayarlanabilir.

#### İşleme Sırasında Oluşan Yapısal Değişiklikler

Tüm öncü fiberler için termal işlemler, gaz formundaki karbon içermeyen elementlerin uzaklaştırılmasına hizmet eder. Bunun için, öncü fiberler eritilmeden önce ayrışmalarını sağlamak için dengelenir (siyah olurlar). Karbondasyondan sonra elde edilen karbon elyafları, bu düşük sıcaklıklarda sinterlenmiş termal enerji halihazırda oluşan karbon-karbon bağlarını kırmak için yeterli olmadığından birçok kıvrılmayı içeriyor. Bu nedenle, bu karbon elyafları grafit değiştirildiğinde 2500-3000 °C'ye kadar çok kararlıdır. Prekürsör elyafının ayrışması her zaman bir ağırlık kaybına ve elyaf çapında bir azalmaya neden olur. Kilo kaybı, öncül ve tedaviye bağlı olarak % 40 ila % 90 arasında önemli olabilir. Bununla birlikte, lifin dış morfolojisi genel olarak muhafaza edilir. Böbrek fasüyesi, köpek kemiği veya dairesel enine kesitlere sahip öncü fiberler karbon fiber haline dönüştürüldükten sonra bu formu muhafaza eder.

Mikroskopik seviyede, karbon elyafları oldukça heterojen bir mikroyapıya sahiptir. Çoğu işçi, karbon fiberlerin yapısını tanımlamaya çalıştı ve literatürde bir

takım modeller var. PAN-esaslı karbon fiberlerin yapısını daha iyi anlıyoruz. Esasen bir karbon fiber, elyaf eksenine kabaca paralel, hem de uzunlamasına ve yanal olarak katman düzlemlerinin karmaşık bir şekilde birbirine bağlanmasıyla yönlendirilmiş birçok grafitli tabakalı şeritten oluşur.

#### Özellikleri ve Uygulamaları

Karbon fiberin yoğunluğu öncül ve verilen ısı ile işlemle değişir. 1.6-2.2 g cm<sup>-3</sup> aralığı içinde değişir. Prekürsörün yoğunluğunun genellikle 1.14 ve 1.19 cm<sup>-3</sup> arasında olduğunu unutmayın. Yukarıda belirtildiği gibi, sıranın derecesi ve dolayısıyla elyaf eksenini yönündeki modülü, grafitleşme sıcaklığı arttıkça artmaktadır. PAN karbon elyafları arasında bile, bir dizi karbon elyafına sahip olabiliriz: Örneğin, yüksek gerilme mukavemeti ancak orta Young modülü (HT) elyafı (200-300 GPa); Yüksek Young modülü (HM) elyafı (400 GPa); Ekstra veya süper yüksek çekme mukavemeti (SHT) ve süper yüksek modül tipi (SHM) karbon elyafları. Mezofaz ziftine dayanan karbon elyafları oldukça yüksek modülü, ancak düşük mukavemetli seviyeleri (2 GPa) göstermektedir. Beklenmedik bir şekilde, HT tipi karbon elyafları, HM türüne göre .failure değerine göre daha yüksek bir gerilme göstermektedir. İlki daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Mezofaz ziftine dayalı karbon elyaf takviye için kullanılırken, izotropik esaslı elyaflar yalıtım ve dolgu maddeleri olarak daha sık kullanılır. Karbon lifleri içeren yüksek sıcaklık uygulamaları için, karbon elyaflarının modüllü doğal oksidasyon direncinin varyasyonunu dikkate almak önemlidir.

Çeşitli öncü malzemelerden üretilen karbon elyafları oldukça iyi elektrik iletkenleri Bu, elektrik iletimi için mevcut taşıyıcılar olarak karbon elyaflarının potansiyel bir kullanımına yönelik bazı çalışmalara yol açmasına rağmen, pek çok çeyrekte büyük endişelere neden olmuştur. Bu endişenin nedeni, aşırı derecede ince karbon elyafları yanlışlıkla havada kalırsa (üretim veya servis esnasında) elektrikli ekipman üzerine yerleşebilir ve kısa devreye neden olabilir.

Karbonik elyaflar olarak anizotropiktirler, iki temel termal genişleme katsayısına, yani çapraz veya elyaf eksenine dikey ve elyaf eksenine paraleldirler. Karbon elyafları havacılık ve spor malzemeleri endüstrisinde çeşitli uygulama alanları bulmuşlardır. ABD dolaşımındaki kargo bölmesi kapıları ve yükseltici roket gövdesi, karbon elyaf takviyeli epoksi kompozit malzemelerden yapılmıştır. Modern ticari uçaklar ayrıca karbon fiber takviyeli kompozitler kullanmaktadır. Karbon elyafının diğer uygulama alanları arasında türbin, kompresör ve yeldeğirmeni blaes ve volanlar gibi çeşitli makine parçaları gösterilebilir; Tıp alanında, uygulamalar

implant malzemelerinin yanı sıra hem ekipmanı içerir (örneğin, dizlerde ligaman replasmanı ve kalça eklemine değiştirilmesi).

### **Pan Lifinden Karbon Fiber Üretim Aşamaları**

- 1. Oksidasyon:** Bu aşamada elyaflar hava ortamında 300 °C ısıtılır. Bu işlem, elyaftan H'nin ayrılmasını daha uçucu olan oksijenin eklenmesini sağlar. Ardından karbonizasyon aşaması için elyaflar kesilerek graphite teknelerine konur. Polimer, merdiven yapısından kararlı bir halka yapısına dönüşür. Bu işlem sırasında elyafların rengi beyazdan kahverengiye dönüşür, ardından siyah olur.
- 2. Karbonizasyon:** Elyafların yanıcı olmayan atmosferde 3000° C'ye Kadar ısıtılmasıyla liflerin 100% karbonlaşması sağlanması aşamasıdır. Karbonizasyon işleminde uygulanan sıcaklık üretilen elyafların sınıfını belirler.
- 3. Yüzey İyileştirme:** Karbonun yüzeyinin temizlenmesi ve elyafların kompozit malzemenin reçinesine daha iyi yapışabilmesi için elektrolit banyoya yatırılır.
- 4. Kaplama:** Elyafı sonraki işlemlerden (prepreg gibi) korumak için yapılan nötr bir sonlandırma işlemidir. Elyaf reçine ile kaplanır. Genellikle bu kaplama işlemi için epoksi kullanılır. Kompozit malzemede kullanılacak olan reçine ile elyaf arasında bir arayüz görevi görür.

### **Karbon Elyafının Kullanım Yerleri**

- 1. Havacılık ve Uzay Uygulamaları:** Bu ürünler; uçak, roket ve uydulardır.
- 2. Askeri Amaçlı Malzemeler:** Bu malzemeler; hava, deniz, kara, uzay araçları ve kişisel zırhlı koruyucularda kullanılmaktadır.
- 3. Endüstriyel Malzemeler:** Bu malzemeler; inşaat alanında, elektrik yada elektronik malzemelerde, otobüs, araba, gemi, tren, boru ve pompalarda kullanılır.
- 3. Spor Malzemeleri:** Bisiklet, golf, beyzbol, kayak ve motor sporlarında kullanılır.

#### **3.6.1.2.5 Aramid elyaflar**

Aramid Fiber, aromatik polyamid lifleri adı verilen sentetik organik liflerin bir sınıfının genel adıdır. ABD Federal Ticaret Komisyonu, "aramid elyafların iyi tanımlanmasını sağlar; burada, elyaf oluşturan madde, amid bağlantılarının en az% 85'inin direkt olarak iki aromatik halkasına bağlandığı uzun zincirli bir sentetik



poliamittir". Monsanto ve Du Pont şirketleri bağımsız olarak yüksek modüllü aromatik elyaf üretebildiler. Ancak sadece Du Pont, 1971'den beri ticari olarak Kevlar adı altında üretti.

Naylon, herhangi bir uzun zincirli poliamid için genel bir addır. Bununla birlikte, Nomex veya Kevlar gibi Aramid elyafları, benzen yapısına dayanan halka bileşiklerdir, aksine naylon yapmak için kullanılan doğrusal bileşiklerdir. Aramid elyaflarının temel kimyasal yapıları, onları sert çubuk benzeri polimerler haline getiren yönlendirilmiş para-ikame aromatik birimlerden oluşur. Sert çubuk benzeri yapı, yüksek cam geçiş sıcaklığına ve kötü sölubility'ye neden olur; bu da, bu polimerlerin geleneksel çekme teknikleriyle üretilmesini zorlaştırır. Bunun yerine, aşağıda tarif edildiği gibi sıvı kristalin polimer çözeltilerinden eritilirler.

İmalat: Aramid elyaf üretiminin spesifik ayrıntıları mülkiyet sınırları olmaya devam etse de, işleme yolunun düşük sıcaklıklarda diaminlerin ve diasit halidlerin çözeltide polikondensasyonu içerdiği düşünülmektedir. En önemli nokta, yüksek mukavemetli ve yüksek modüllü elyaf veren baş döndürülebilir çözeltilerin sıvı kristal düzende olmasıdır. Farklı ruh halindeki polimer devletleri, polimer zincirinin türüne bağlıdır. Rutubet içinde iki boyutlu, astarlı, esnek zincir ploymentlere rastgele bobinler adı verilir. Polimer zinciri katı birimlerden, yani çubuk şeklindeki malzemeden yapılabiliyorsa, rasgele bir dizi çubuk gibi temsil edilebilirler. İlişkili herhangi bir solvent katılık ve her bir polimer molekülü tarafından işgal edilen hacime katkıda bulunabilir. Çubuk benzeri moleküllerin konsantrasyonu arttıkça, kısmi sıralı bölgeler, yani zincirlerin paralel bir dizi oluşturduğu bölgeler oluşturularak daha fazla polimer eritilebilir. Bu kısmen düzenlenmiş duruma sıvı kristal hali denir. Çubuk benzeri zincirler, uzun eksenlerine paralel olarak yaklaşık olarak düzenlenirken merkezleri örgütsüz veya rastgele dağılmış halde kaldıklarında, nematik sıvı kristal olarak adlandırılan şeylere sahibiz. Genişletilmiş zincir polyamidlerde bulunan bu tür bir düzen.

Sıradan alanların bulunması nedeniyle sıvı kristal çözeltileri, optik olarak anizotropiktir, yani çift difraksiyonludur. Sıvı kristal halindeki polimer zincirlerin paralel dizisi, bu çözeltiler makaslama tabi tutulduğunda daha da düzenlenir. Aramid elyaf üretiminde kullanılan likit kristal tuzların bu özelliğidir. Aramid liflerinin karakteristik fibriller yapısı, fiber eksenine boyunca polimer kristalitlerinin hizalanmasından kaynaklanmaktadır.

Organik Lifler Du Pont'daki araştırmacılar poli-p-benzamid (PBA) için

eğirme çözücüsü keşfetti ve tetrametilüre-LiCl solüsyonlarından oldukça güçlü elyafları kuru bir şekilde kurutabildiler. Gerçek atılım bu oldu. Bunların eğrilmiş organik elyaf olarak modülü cam elyaflarından daha fazladır. P-Odaklı katı diaminler ve dibazik asitler, uygun çözücü koşullarında, konsantrasyon ve polimer molekül ağırlığı, istenen nematik sıvı kristal yapısı altında poliamid verirler. Geliştirilmiş mekanik özellikler, işleme koşullarını kolaylaştırmak için düşük viskozite ve yüksek bir verim elde etmek için yüksek bir polimer konsantrasyonu elde etmek için herhangi bir çözelti eğirme işlemi için yüksek bir molekül ağırlığı elde etmek isterim. % 100 sülfürik asitte poli aramid, poli-p-fenilenetereftalamid (PPD-T), ticari ismi Kevlar, nematik sıvı kristal halinde bulunur ve polimer konsantrasyonu yaklaşık% 20'dir. Polimer çözeltilisine sıkça uyuşturucu denir. Mevcut çeşitli eğirme işlemleri, kuru, yaş ve kuru jet-ıslak bükme işlemi olarak sınıflandırılır. Aramid elyafları için kuru jet ıslak eğirme yöntemi kullanılır. Düşük sıcaklıklarda (yaklaşık 0 ° C'de) diaminlerin ve diasit halidlerin solüsyon-polikondensasyonunun aramid oluşturan poliamidleri verdiği inanılmaktadır. Düşük sıcaklıklar, ürün üretimiyle inhibe eder ve doğrusal poliamit oluşumunu teşvik eder. Oluşan polimer toz haline getirilir, yıkanır ve kurutulur. Bu, kuvvetli bir asitle (örn., Konsantre edilmiş supurilik asit) karıştırılır ve 100 ° C'de, soğuk suda (0-4 ° C) yaklaşık 1 cm'lik hava tabakası boyunca ağızlar vasıtasıyla ekstrüde edilir. Elyaf hava boşluğunda çöker ve asit pıhtılaşma banyosunda giderilir. Püskürtme memesi kılcal ve hava boşluğu, alanların dönmesi ve hizalanmasına neden olur, sonuçta çok kristalize ve yönlendirilmiş eğirilmiş lifler elde edilir.

### **Aramid Tipleri**

Aramid liflerinin, Para-aramid ve Meta-aramiid olmak üzere bilinen iki tipi vardır. Aramidler, yapıdaki aromatik halka zincirinin katılığını artırır. Bu halkanın bağlantı şekline göre yapı meta-aramiid veya paraaramid gibi adları alır (Cook 1984). Para-aramidlerde aromatik grup 1. ve 4. karbon atomları üzerinden zincire dahildir. Meta-aramidlerde aromatik grup 1. ve 3. karbon atomları üzerinden zincire dahildir. aramid elyaf yüzeyinde reaktif fonksiyonel grupların varlığından dolayı, kompozit bir sistemde elyaflar ve matriks arasındaki bağlar arası bağ kuvvetinin artmasına neden olmuştur (Ju WU, Xian-Hua Cheng 2006).

Para-aramid lifler, uzay ve askeri gibi yüksek teknoloji uygulamalarında kullanılmaktadır. Aromatic polyamidlerin ilk ticari uygulamaları meta aramid lifleri

olarak 1960'ların başında başlamıştır ve para-aramid lifler sonradan 1970'li yıllara doğru geliştirilmiştir. Son yıllarda çeşitli üretici firmalar değişik ticari isimlerle piyasaya aramid lifler sürmüşlerdir (Eker, A.A, 2008).

### **Önemli Özellikleri;**

- Genellikle rengi sarıdır.
- Düşük yoğunluktadır.
- Yüksek dayanıklılık.
- Yüksek darbe dayanımı
- Yüksek aşınma dayanımı
- Yüksek yorulma dayanımı
- Yüksek kimyasal dayanımı
- Kevlar fiberli kompozitler cam fiberli kompozitlere göre 35% daha hafiftir.
- E Cam türü fiberlere yakın basınç dayanıklılığı.

### **3.6.2 Kompozit Malzeme Üretiminde Etken Faktörler**

- İşlem durumu ( izotropi/ anizotropi)
- Matris-Takviye Malzemesi- Bağlayıcı (Arayüz enerjisi)
- Takviye Oranı (hacimsel)
- İşleme bağlı iç yapı boşluk ve gözenekleri
- Takviye malzemesinin birbirine yaklaşma oranları (iç ağ yapı )
- Dağılım (oryantasyon)
- Dağılım ( distürbisyon)
- Ayrışım (Seperasyon)
- Takviye Boyutu
- Takviye Yönü

### 3.7 Tezin Amacı

İnsanlar günlük hayat da gereksinim duydukları eşya ve materyalleri teknolojinin ilerlemesine de paralel olarak değiştirmiştir. Bu değişim polimer maddelerin üretiminin başlamasıyla olmuştur.

Temel yapıları polimer olan bu malzemelerin, insanların yaşamlarını kolaylaştırıcı etkileri her geçen gün gelişen teknoloji ile birlikte artmaktadır. Polimerlerin kolay şekil verilen, hafif, taşınabilir, maliyeti düşük, mekanik yeterliliği yüksek, kimyasal açıdan korozyona uğramayan özelliklerinden dolayı farklı amaçlarla da kullanılabilen materyaller olarak tanımlanır.

Bu araştırma ile birçok branşta kullanılan polimer kompozit malzemelerin kimya ana bilim dalında ki kullanım alanları ve bu malzemelerin yapısının incelenmesi amaçlanmıştır.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Teknolojide, kompozit malzemeler 1940'lı yıllarda havacılık sektörüne hizmet vermek üzere geliştirilmeye başlanmıştır. Amaç çelik ve alüminyum alaşımları gibi konvansiyonel malzemelerin yerine daha düşük ağırlıklı ancak daha mukavemetli, sertlik değeri, aşınma dayanımı ve kırılma tokluğu yüksek malzemelerin geliştirilmesiydi. Kompozit malzemelerin her alanda üstün özellikleri açıkça görülmektedir. Ancak elyaf takviyeli kompozitlerin özellikleri elyaf takviyelerin yönlendirmelerine bağlı olarak çok değişken bir dağılım gösterebilirler.

Metaların sürekli olarak değişik görünümde yeniden tüketicinin karşısına çıktığı yirmibirinci yüzyılda tasarım olgusu daha önce sahip olmadığı bir hâkimiyete erişmiş, hayatın her alanına nüfuz etmiş; sanat, mimari, reklam gibi alanların yanı sıra teknoloji, mühendislik ve tıp gibi farklı disiplinlerle daha sıkı bir etkileşime girmiştir. Malzemelerin büyüyen teknolojik gelişmeler, yenilikler ve buluşlar alanında geniş bir yere sahip olduğu böyle bir dönemde, tasarım alanında ortaya çıkan birçok deneysel çalışmanın tetikleyicisi ve ilham kaynağının yeni malzemeler ve üretim teknikleri olduğu da anlaşılmıştır. Dünyada ileri malzemeler alanında yapılan çalışmalarda kompozit malzemelerin gerek bilimsel çalışmalarda gerekse de ürün tasarımında geniş yer tuttuğu, kompozit malzemeler arasında da polimer matrisli kompozitlerin, düşük yoğunluk, yüksek mekanik özellikler ve korozyon dayanımı gibi özellikleri sebebiyle öne çıktığı görülmektedir.

Polimerler, hafif, ucuz, mekanik özellikleri yeterli, kolayca şekillenebilir ve kimyasallara dayanıklı olduklarından günlük hayatımızın her alanında yaygın olarak kullanılan kauçuk, sentetik, lif, plastik vb boyalar gibi ürünlerin temel maddesidir. Günümüzde polimer türlerinin üretim miktarları dünyadaki çelik üretiminden daha fazladır. Bu yüzyılın ikinci yarısından itibaren polimer konusundaki araştırmalar gelişmiş ve yeni polimer türleri geliştirilmiştir. Polimerler kimya haricinde makine, tekstil, biyokimya, biyofizik, tıp, endüstri ve fizik mühendisliği alanlarında da kullanılmaktadır.

## 5. KAYNAKLAR

Akdoğan, A. (2009). Türkiye’de plastik hammadde üretimi ve imalatı. <http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/plastikmalzeme/Belgeler/Biyoplastikler.pdf>.

Ana C. Marquez (2016). Journal of Cellular Plastics, vol. 53, 2: pp. 167-179, First Published April 6, 2016.

Aydın, H. (2004). *PVC Üretimi ve Katkı Maddeleri*, Eskişehir.

Başbudak, M. (2003). *Termoset Plastikler*. İstanbul Maya Basımevi.

Baysal, B. (1994). *Polimer Kimyası* (Genişletilmiş II. Baskı). ODTÜ.

Dent M. (2011) Ferracane JL. Resin composite – State of the art. Dent Mater 2011; 27:29-38

Eker, A. A. (2008). *Plastik Matriksli Kompozitler Ders Notu*.

Fried, J.R. (2014). Polymer Science and technology (paperback), 2nd Edition.

Güven, C. (2014). *Kompozit Malzemeler*. Atatürk Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Proses ve Reaktör Tasarımı Anabilim Dalı, Erzurum.

Hayat, M.D, Goswami, A, Matthews, S, Li, T, Yuan, X, Cao, P. (2017). Modification of PEG/PMMA binder by PVP for titanium metal injection moulding. Powder technology, Vol 315, pages 243-249.

Kosuke S. (2017). NPG Asia Materials. Founded in Association With the Tokyo Institute of Technology. April 21, 2017.

Liu, K.G, Abbasi A.R, Azadbakht, A, Hu, M.L. (2017). Deposition of silver nanoparticles on polyester fiber under ultrasound irradiations. Ultrasonics Sonochemistry. Volume 34, January 2017, Pages 13–18

John Lawrence Erb, (2014). Optical fiber-fine wire conductor and connectors. United States Patent Application Publication. ISBN 9780217728195.

Jui W.U, Xian-Hua Cheng 2006. Interfacial studies on the surface modified aramid fiber reinforced epoxy composites. Journal Of Applied Polymer Science, Volume 102, Issue 5, 5 December 2006, Pages 4165–4170.

Junior, O.G.D.S, Melo, R.P.D, Sales R.D.B.C, Avres, E, Patrico, P.S.D.O. (2017). Processing and characterization of polyethylene/starch/curauá composites: Potential for application as thermal insulated coating. Journal of Building Engineering, Volume 11, May 2017, Pages 178–186.

Ppg Industries Ohio, Inc,( 2016). Progress in Polymer Science Volume 58, Pages 27-58 July 2016.

Onaran, K. (2003). *Malzeme Bilimi*. Teknik Yayınevi.

Michael, G. (2016). Journal of Polymer Science, Part B, 10.1002/polb. 2426.

Mosanenzadeh, S.G, Min wen Liu, Hugo G. Palhares, Hani E. Naguib (2015). Design of thermal hybrid composites based on liquid crystal polymer and hexagonal boron nitride fiber network in polylactide matrix. Journal of Polymer Science, Part B, Volume 54, Issue 4, 15 February 2016, Pages 457–464.

Nizar Al- Zoubi (2017). Powder Technology, Volume 307, Pages 163–174, February1, 2017.

Smith, W. F. (1990). “*Material Science and Engineering*”.

Ünal, O. (2006). *Yapı Malzemeleri Ders Notları*. Akdeniz Üniversitesi, Yapı Öğretmenliği Bölümü.

Vladuta, C, Voinea, M, Duta, A. (2009). Correlations between the structure and the morphology of PET–rubber nanocomposites with different

additives. *Materials Science and Engineering: B*, Volume 165, Issue 3, 15 December 2009, Pages 221-226.

Wim, E. (2016). *Journal of Controlled Release* Volume 244, Part B, 28 December, Pages 214-228, 2016.

Yalçın, H. ve Gürü, M. (2002). *Malzeme Bilgisi*, Ankara Palme Yayıncılık.

Yaşar, H. (2001). *Plastikler Dünyası*. MMO Yayınları Ankara, 2. Baskı.

Yıldızhan, H. (2008). *Polimer Matriksli Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı.