

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

**ALÜMİNYUM / BİYOKÜTLE KAYNAKLI AKTİF KARBON  
KOMPOZİTLERİNİN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU**

**Ayman Mohammed Salam EISAY**

**Danışman  
Jüri Üyesi  
Jüri Üyesi**

**Dr. Öğr. Üyesi Aydın TÜRKYILMAZ  
Doç. Dr. Muhammed Fatih KILIÇASLAN  
Doç. Dr. Yasemin TURHAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**KASTAMONU – 2019**

## TEZ ONAYI

**Ayman Mohammed Salam EISAY** tarafından hazırlanan "**Alüminyum / Biyokütle Kaynaklı Aktif Karbon Kompozitlerinin Üretimi ve Karakterizasyonu**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Aydın TÜRKYILMAZ  
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Muhammed Fatih KILIÇASLAN  
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Yasemin TURHAN  
Balıkesir Üniversitesi



25/10/2019

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Nur BELKAYALI



## TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildirir ve taahhüt ederim.

Ayman Mohammed Salam EISAY



## ÖZET

Yüksek Lisans

### ALÜMİNYUM / BİYOKÜTLE KAYNAKLI AKTİF KARBON KOMPOZİTLERİNİN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

Ayman Mohammed Salam EISAY  
Kastamonu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Malzeme Bilimi ve Mühendisliği

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aydın TÜRKYILMAZ

Alüminyum, önemli işlenebilme kapasitesi, iyi ısı iletkenliği, özel olarak yüksek özgül mukavemeti, etkileyici mekanik özellikler, düşük yoğunluklu ve düşük ısı genleşme değeri katsayısı da dahil olmak üzere birçok alanda uygulamaları ve özellikleri nedeniyle kullanılan bir metaldir.

Boya üretimi, su arıtımı ve şeker rafinesi gibi çeşitli endüstriyel işlemlerde kullanılır. Aktif karbon birçok ülkede ithal edildiğinden, yerli kaynakların kullanılarak yerel olarak aktif karbonların üretimi, atık maddeleri yüksek değerli ürünlere dönüştürebilen çevre dostu ve kazançlı bir seçenektir.

Bu çalışmanın amacı, alüminyum alaşımlı matris kompozitlerin özelliklerini ve bunların grafit ve aktif karbon uygulamalı toz metalurjisi kullanarak üretimlerini incelemektir. Metal matriks kompozitler hazırlanırken matris olarak alüminyum, aktif karbon takviye edici malzeme olarak kullanılmıştır. Üretim için kalıp presleme teknikleri kullanılmıştır. Takviye, 6 ton basınçta sıkıştırılmış kütlece %2, %4 ve %6 olmak üzere farklı oranlarda aktif karbon formunda eklenerek, 550 °C'de bir saat saf argon atmosferinde sinterlenir. Sinterlenmiştir ürünler, numune mikroyapıları ve alaşımanın mekanik özellikleri açısından incelenerek değerlendirilmiştir. Karakterizasyon için optik mikroskop, X ışını kırınımı XRD analizi ve taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDS) dahil olmak üzere, özellikle mikro yapıları izlemek için kapsamlı metodolojiler uygulanmıştır. Numunelerin sertlik seviyelerinin test edilmesi için Vickers sertlik testi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Alüminyum, metal matriks kompozit, aktif karbon, mikroyapı mekanik özellikler

**2019, 47 Sayfa**  
**Bilim Kodu: 91**

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF COMPOSITES OF ALUMINYUM / ACTIVATED CARBON BASED BIOMASS

Ayman Mohammed Salam EISAY  
Kastamonu University  
Institute of Science  
Department of Material Science and Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Aydın TÜRKYILMAZ

**Abstract:** Aluminum is a very useful metal because of its applications in many fields and properties including substantial processing capacity, good thermal conductivity, exclusively high specific strength, impressive mechanical properties, low density, and low coefficient of thermal expansion value even as compared to a reinforced alloy. As mentioned earlier, its properties make it useful; so, it is widely applied in several industries. It is used in a wide range of industrial processes including dye-making, water-treatment, and sugar refining, to mention a few. Since the activated carbon is imported in many countries, locally produced activated carbons using indigenous resources is an environment-friendly and lucrative option that can transform wasted substances into highly-valuable products.

The current study is an effort to study the properties of aluminum alloy matrix composites and their production using graphite and activated carbon applying powder metallurgy. While preparing metal matrix composites, aluminum is used as the matrix, activated carbon and graphite are used as reinforcements, and they are studied using modified die-pressing techniques. The reinforcement is added in the form of activated carbon in the various ratios 2%, 4%, and 6% weight of aluminum alloy that is compacted at 6 tons of pressure, which is later sintered at 550°C in the pure argon atmosphere for an hour. After cooling down the sintered product, Assessments and investigations were conducted so as to find out facts in terms of specimen microstructures, and the mechanical properties of the alloy. Comprehensive methodologies were applied for assessments including optical microscope, X-ray diffraction XRD analysis, and scanning electron microscope (SEM-EDS), specifically to monitor microstructures. Vickers hardness test was conducted to test the sample hardness levels.

**Key Words:** Aluminum, metal matrix composite, activated carbon, microstructure, mechanical properties.

**2019, 47 Pages**

**Science Code: 91**

## TEŞEKKÜR

Çalışmanın hazırlanma sürecinde katkı ve desteğini esirgemeyen, kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici olan değerli danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Aydın TÜRKYILMAZ'ın değerli görüş, eleştiri ve katkılarından dolayı Doç. Dr. Serkan ISLAK, Doç. Dr. Muhammed. Fatih KILIÇASLAN ve Arş. Gör. Dr. Cihan ÖZORAK'a, tez savunma jürisi üyelerine, bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan değerlendirmelerde yönlendiren tüm hocalarıma ve desteğini asla esirgemeyen aileme, özellikle tez yazım döneminde sabır ve hoşgörüsünü hiçbir zaman esirgemeyen eşime teşekkür etmeyi borç biliyorum. Kastamonu Üniversitenin yönetimi ve görevlilerine, Türkiye Milletine ve Hükümetine teşekkür ediyorum.

Sevgi ve saygılarımla...

Ayman Mohammed Salam EISAY  
Kastamonu, 25.10.2019

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAYI.....	ii
TAAHHÜTNAME.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi
1.GİRİŞ.....	1
1.1.Kompozit Tanımı.....	2
1.2.Kompozitlerin avantaj ve dezavantajları.....	2
1.3.Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması.....	3
1.3.1.Metal Matriks Kompozitler (MMK).....	3
1.3.2.Seramik Matris Kompozitler (SMK).....	4
1.3.3.Polimer Matris Kompozitleri (PMK).....	4
1.4.Doğal Kompozitler.....	5
2. METAL MATRİS KOMPOZİTLERİ.....	6
2.1.Alüminyum Alaşımı.....	7
2.2.Alüminyum Matris Kompozitleri.....	8
2.3.Aktif Karbon.....	9
2.4.Aktif Karbon Sınıflandırılması.....	9
2.4.1.Toz Aktif Karbon.....	9
2.4.2.Granül Aktif Karbon.....	9
2.4.3.Aktif Karbon Elyafı.....	10
2.5.Aktif Karbon Uygulamaları.....	10
2.5.1.Metal Son İşlem Alanı.....	10
2.5.2.Çevresel Çalışma Alanı.....	11
2.5.3.Tıbbi Uygulama.....	11
2.5.4.Altın Kazanımı.....	11
2.5.5.Alkol Saflaştırma.....	12
3.Toz Metalurjisinde Alüminyum Ve Aktif Karbon Uygulamaları.....	13
3.1.Toz Metalurjisi.....	13
3.2.Metal Tozları İmalatı.....	13
3.3.Mekanik Alaşımlama.....	13
3.3.1.Mekanik Alaşımlama İşlemi.....	14
3.4.Sıkıştırma.....	15
3.5.Sinterleme.....	16
4.MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ.....	17
4.1.Malzemelerin Mekanik Testi.....	17
4.1.1.Çekme Testi.....	17
4.1.2.Sıkıştırma Testi.....	17
4.1.3.Sertlik Testi.....	18
4.1.4.Darbe Testleri.....	18

4.1.5.Bükme Testi (Kesme).....	18
4.1.6.Sünme Testi .....	18
4.1.7.Yorulma Testi .....	19
5.Literatür Taraması .....	20
6.Materyal ve Metod .....	24
6.1.Malzeme Özelliği Ve Üretim Yöntemleri .....	24
6.1.1.Mekanik Alaşımlama.....	24
6.1.2.Toz Takviyesi .....	25
6.2.Aktif Karbonların Karakterizasyonu .....	26
6.3.Numune Hazırlama.....	26
6.4.Uygulanan Testler .....	27
6.4.1. Mikroyapı İncelemeleri (Optik Mikroskop, SEM-EDS ve XRD).....	27
6.4.2.Sertlik Testi.....	29
6.4.3.Yoğunluk Ölçümleri .....	29
7.TARTIŞMA .....	31
7.1.Aktif Karbonların Karakterizasyonu .....	31
7.1.1.BET Yüzey Alanı Ölçümleri .....	31
7.1.1.1.Yer Fıstığı Kabuğu .....	31
7.1.1.1.1.HNO <sub>3</sub> ile Aktifleştirilmiş Yer Fıstığı Kabuğu.....	31
7.2.Mikroyapı Sonuçları.....	32
7.2.1.Aktif Karbon ve Alüminyum Kompozitlerin SEM ve EDS görüntüleri .	32
7.3.XRD Sonuçları .....	34
7.4.Yoğunluk Sonuçları.....	35
7.5.Sertlik Sonuçları .....	36
7.5.1.Vickers Sertliği .....	36
7.5.2.Dinamik Mikro Sertlik Testi Sonuçları .....	37
8.SONUÇLAR .....	39
9.ÖNERİLER.....	41
KAYNAKLAR .....	42
ÖZGEÇMİŞ .....	47



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

Al	Alüminyum
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Alüminyum Oksit
B <sub>4</sub> C	Bor Karbür
C	Karbon
SiC	Silisyum Karbür

### Kısaltmalar

AK	Aktif Karbon
AKL	Aktif Karbon Lifleri
AMK	Alüminyum Matriks Kompozitler
SMK	Seramik Matriks Kompozitler
EDS	Enerji Pers Dispersif Spektrometresi
TM	Toz Metalurjisi
MMK	Metal Matriks Kompozitler
PMK	Polimer Matriks Kompozitler
PAK	Toz Aktif Karbon
GAK	Granül Aktif Karbon
SEM	Tarayıcı Elektron Mikroskobu
XRD	X-Işını Difraksiyon

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Metal Matris Kompozit Frenleri.....	3
Şekil 1.2. Fan Kanatlarını Gösteren Seramik Matris Kompozitleridir.....	4
Şekil 1.3. Otomobilin Polimerini Gösteren Polimer Matris Kompozitleri .....	5
Şekil 3.1. Mekanik Alaşımlama ile Tozdan Bir Ürün Üretme İşlem Yolu.....	14
Şekil 3.2. Sıkıştırma İşlemi. ....	15
Şekil 3.3. Sinterleme (Isıl İşlem).....	16
Şekil 6.1. PM 100 Retsch Planetary Çelik Bilyeli Değirmen. ....	25
Şekil 6.2. Manuel Hidrolik Pres .....	26
Şekil 6.3 Taşlama ve Parlatma Makinesi .....	27
Şekil 6.4. Görüntüleme ve Faz Analizi Tespiti İçin Kullanılan Cihazlar .....	28
Şekil 6.5. Sertlik Test Cihazı .....	29
Şekil 7.1. Ham Yer Fıstık Kabuğu ve Al Tozlarının SEM Görüntüsü. ....	33
Şekil 7.2. Numunelerin SEM Fotoğrafları: Aktif Karbon – HNO <sub>3</sub> , (Al + %2 AK) ..	33
Şekil 7.3. Numunelerin SEM Fotoğrafları: Aktif karbon – HNO <sub>3</sub> , (Al + %4 AK) ...	33
Şekil 7.4. Numunelerin SEM Fotoğrafları: Aktif karbon - HNO <sub>3</sub> , (Al +% 6 AK) ....	33
Şekil 7.5. Numunelerin Optik Fotoğraflarını Gösterir: Aktif Karbon (Al +% 2 AK, Al +% 4, Ak, Al +% 6 Ak) .....	34
Şekil 7.6. Al/Aktif karbon, Kompozitlerinin XRD Grafikleri .....	35
Şekil 7.7. Saf Al ve Al'a Farklı Aktif Karbon Miktarları Eklenecek Elde Edilen Sertlik Değerleri .....	37
Şekil 7.8. Saf Al ve Al'a Değişik Oranlarda İlave Edilen Aktif Karbonların Yüklemeye-Boşaltma/Derinlik Grafiği .....	38
Şekil 7.9. Dinamik Sertlik Testinden Elde Edilen Elastik Modül Değerleri. ....	38

## TABLolar DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 1.1. Alüminyum ve Alüminyum Alaşımaları İle Kuvvetlendirme Etkisi .....	7
Tablo 6.1. Kompozit Üretiminde Parametreler ve Kullanılan Miktarlar .....	24
Tablo 7.1. Aktif Karbon BET Yüzey Alanı ve Diğer Özellikleri .....	32
Tablo 7.2. Al / Aktif Karbon Kompozitlerin Deneysel Ve Bağlı Yoğunlukları .....	36



## 1. GİRİŞ

Alüminyum kompozitlerin havacılık endüstrilerinde kullanımı, hafif ağırlıklarından dolayı artmıştır (Dev Anand, vd., 2016). Araçların verimliliğini artırmak için hafif malzemelerin taleplerinin artması, alüminyum kompozitlerin mevcut araştırma ve geliştirilmesinin ana nedenidir (Christy, vd., 2010) Özgül ağırlığı azaltılmış metaller, daha az ağırlıkla gereken gücü sağlayan, kuvvet dahil, faydalı mekanik özelliklere sahiptir; böylece yakıt ve işletme maliyetlerini düşürür. Mevcut araştırmayı yürütmenin temel nedenlerinden biri, kompozit hazırlama için hangi malzemenin uygun olduğunu bulmaktır.

Metal bir matris kompoziti olduğu için, matris ve takviye malzemelerinin yuvalarını doldurmak için çeşitli seçeneklerimiz vardır. Sonraki görev, kompoziti hazırlamaktır. Bunu hazırlamak için, donatı türüne ve yöntem türüne önceden karar verilmesi gerekmektedir (Dev Anand vd., 2016) Uçak endüstrisine katkıda bulunan malzemelere ve metal matriks kompozitlerindeki gelişmelere odaklandık; bu nedenle matrisi malzeme olarak alüminyum seçildi. Alüminyumun çok yönlü özelliklerini inceleyen birçok araştırma halen devam etmektedir. Ayrıca, alüminyumun önceki yıllarda sektörümüze katkısı da seçiminde önemli bir noktaya değindi, donatıyı seçmek farklı bir görevdi, bunun için her iki malzemenin nasıl karıştırılacağını ve ne tür donatıların kullanılması gerektiğini bilmek zorunda kaldık (Dev Anand vd., 2016).

Alüminyumları eritmeye ve donatıyı onunla karıştırmaya karar verdik. Alüminyum katı halde alınmıştır. Kompozit hazırlama tekniğine uyan partikül formunda donatı aldık, donatı aktif karbondan başka bir şey değildi. Karbon, kompozitler dünyasında önemli bir yere sahiptir (Dev Anand vd., 2016). Aktif Karbon hafif modifikasyon ile hazırlanmıştır (Marsh vd., 2006). Aktif karbon, aktif forma mevcut bazı mükemmel özelliklere sahiptir: Çok gözeneklidir ve daha yüksek emilim oranları gösterir. Londra dağılım kuvveti veya Van der Waals kuvveti kullanarak maddeleri bağlama kapasitesine sahiptir, daha yüksek adsorpsiyon oranları sergiler ve karbondan daha fazla reaktivite gösterir Aşınmayı önler ve altın, su ve gaz arıtma işlemlerinde, hava filtrasyonunda ve metal ekstraksiyonunda önemli bir rol oynar (Bansal ve Goyal, 2005).

## 1.1. Kompozit Tanımı

Kompozit malzeme, iki ya da daha fazla malzemenin (elyaf, matris) birleşmesi ile oluşan ve tüm malzemelerde, takviye edici bölüm olarak adlandırılan,(Saroya ve Meena, 2011) lif, tabaka veya partikül şeklinde olduğu benzersiz özelliklere sahip olan malzemelerdir. Ek olarak, kompozit malzeme, matris parçası ve elyaf olarak adlandırılan diğer malzemelerin içine gömülüdür. Bu nedenle matris materyal polimer, metal ve seramik gibi bileşenleri içerir (Mittal, 2018). Bununla birlikte, matris genellikle esnek veya sert bir malzemedir, fazları çevre ve düşük yoğunluktan korur (Saroya ve Meena, 2011) Ayrıca kompozitler, genellikle matriksten daha güçlü, daha katı takviye edici lifler içermektedir. Yük taşıma ve esas olarak yük taşıma elamanlarını çalıştırlar. Buna ek olarak; matris, fiberin uygun bir yönde tutulmasına ve bileşik tokluğun temin edilmesine de hizmet eder. Kompozitler sadece yapısal özellikleri için kullanılmaz, ayrıca elektrik, tribolojik termal ve çevresel uygulamalar için kullanılır (Saroya ve Meena, 2011) Bu nedenle, kompozit malzemelerin temel avantajları, uzay aracı ve savunma sanayinin yapısal performansını iyileştirmek için düşük ve kompozitlerin kullanılmasıyla birlikte yüksek mukavemet ve sertliği sağlamaktır.

## 1.2. Kompozitlerin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları:

- Korozyon direnci
- Bazı kompozitlerin titreşim veya yüklerin etkisi metallere çok daha yüksek aşınma direncine sahip olabilir.
- Yüksek sürtünme direnci
- Ağırlık oranına yüksek mukavemet

Dezavantajları:

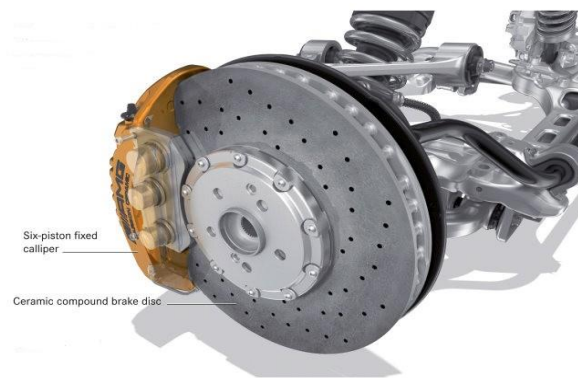
- Malzeme maliyetleri
- Bakımı zor olabilir.
- Test ve muayene tipik olarak daha karmaşıktır.
- İmalat zorlukları

### 1.3. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Kompozitler, matris ve takviye/elyaf türlerine göre sınıflandırılır. Ek olarak, Kompozit malzemeler iki farklı sınıflandırma şekline sahiptir. İlk sınıflandırma şekli genellikle matris bileşenine göre yapılır. Ana kompozit sınıfları, i) Metal Matriks Kompozitleri (MMK), (Boehlert vd., 2005) ii) Seramik Matriks Kompozitleri (SMK) ve iii) Polimer Matris kompozitlerini (PMK) içerir. İkinci sınıflandırma şekli ise, takviye formunu ifade eder (Lif takviyeli kompozitler, fazları çevre ve laminer kompozitlerden korur.) (Askeland, 1994).

#### 1.3.1. Metal Matriks Kompozitler (MMK)

Metal Matriks Kompozitler, şu anda araştırmacılar tarafından büyük ilgi görmesine rağmen, plastik kompozitler kadar yaygın bir şekilde kullanılmamaktadır. Metal matriks kompozitler, Polimer Matriks kompozitlerden yüksek sıcaklıklarda daha iyi özellikler gösterir (Chawla ve Chawla, 2013). Ayrıca, Metal Matris Kompozitlerde, motorlardaki fan kanatları, fren ve debriyaj balataları, silindir motor kaplamaları, vb. gibi uygulamalarda kullanılabilir. Örneğin, Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Alüminyum Oksit) ve Al- SiC (Silisyum Karbür). Şekil 1.1'de Metal Matris Kompozitlerden büyük diskli fren göstermektedir ve daha iyi performans sağlamaktadır (URL-2)



Şekil 1.1. Metal Matris Kompozit Frenleri. (URL-2).

#### 1.3.2. Seramik Matris Kompozitler (SMK)

Genelde seramikler çok güçlü iyonik bağlar sergileyen ve bazı durumlarda kovalent bağlara sahip katı maddeler olarak tarif edilebilir. Seramik matriks kompozitler,

yüksek erime noktaları, iyi korozyon direnci, yüksek sıcaklık ve basınçlarda yüksek kararlılık ve dayanıklılık gösteren ayrıca yüksek sıcaklık malzemeler de gaz türbinleri gibi uygulamalarda kullanılabilir (Okada, 2003). Şekil 1.2, fan kanatlarını gösteren Seramik Matris Kompozitleridir



Şekil 1.2. Fan Kanatlarını Gösteren Seramik Matris Kompozit (URL-1)

### **1.3.3. Polimer Matris Kompozitleri (PMK)**

Polimerler ideal malzemelerin kolayca işlenmesi, hafif ve arzu edilen mekanik özelliklere sahip olmasını sağlar. Dolayısıyla, yüksek sıcaklıktaki reçinelerin havacılık uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna ek olarak termoplastik ve termoelastik gibi polimer matrislerin iki ana kategori vardır (Reinhart, 1990). Teknik ve çevresel avantajlara ek olarak, düşük maliyetli, PMK takviyesi olarak sentetik elyaftan ziyade doğal elyaflar için ana endüstriyel malzemedir (Monteiro vd., 2009). Şekil 1.3. Bir otomobilin polimer matrisli kompozitini (PMK) göstermektedir.





## 2. METAL-MATRİS KOMPOZİTLERİ (MMK)

Metal Matris Kompozit (MMK) matris olarak adlandırılan sünek bir metaldir. Bu malzemeler ana metal malzemelerinden daha yüksek işlem sıcaklıklarında kullanılabilir; ayrıca, güçlendirme, belirli sertliği, özgül gücü, aşınma direncini, sürtünme direncini, ısı iletkenliği ve boyutsal kararlılığı artırabilir (Callister ve Rethwisch, 2007). Bu malzemelerin polimer-matris kompozitler üzerindeki faydalarının birçoğu daha yüksek çalışma sıcaklıkları, yanmazlık özelliği ve organik sıvılar yoluyla bozulmaya karşı daha fazla dirence sahiptir. Metal-matris kompozitler, polimer matris kompozitlerden çok daha pahalıdır ve bu nedenle, (MMK) kullanımları bir şekilde sınırlandırılmıştır. Alaşımların yanı sıra alüminyum, magnezyum, titanyum ve bakır alaşımların da bu tür matris malzemeleri olarak kullanılır (Sayuti vd., 2015). Takviye edici malzeme hem sürekli hem süreksiz lifler şeklinde ve parçacıklar halinde olabilir; oranları normalde hacimce %10 ila %60 arasındadır. Sürekli lifli malzemelerin içerisinde karbon, silisyum karbür, bor, alüminyum oksit ve dayanıklı metaller bulunur. (Callister ve Rethwisch, 2007). Bu nedenle, bazı matris takviye karışımları yüksek sıcaklıklarda son derece reaktiftir.

Sonuç olarak, kompozit bozulması, yüksek sıcaklık işlemi ile ya da MMK'ler servis süresince yüksek sıcaklıklara maruz kalmaları ile gerçekleşmektedir. Bu dezavantaj çoğu zaman donatıya koruyucu bir yüzey kaplaması uygulayarak veya matris alaşımı bileşimini değiştirerek çözülür (Lynch ve Kershaw, 2018). Yaygın olarak MMK'lerin oluşum süreci en az iki adımdan oluşur: 1) Konsolidasyon 2) Sentez. Bazı konsolidasyon tekniklerine uygulanabilir, bazıları nispeten karmaşıktır; süreksiz lif MMK'leri yaygın metal şekillendirme işlemleri (dövme, ekstrüzyon, yuvarlama) yoluyla şekillendirmeye uygundur. Otomobil üreticileri son zamanlarda ürünlerinde MMK kullanmaya başlamışlar. Bir örnek olarak bazı motor elemanları alüminyum oksit ve karbon lifleri ile güçlendirilmiş; alüminyum alaşımından hazırlanan bir matriste tanıtılmaktadır; . Bu MMK ağırlık bakımından hafiftir ve aşınmaya ve termal bozulmaya karşı direnç gösterir (Sayuti vd., 2015). Metal matris kompozitleri ayrıca, ekstrüde edilmiş stabilizatör kolları ve katı süspansiyon ve iletim elemanlarında (daha yüksek bir hareket hızı ve daha düşük dalga gürültü düzeyi) kullanılmaktadır.

## 2.1. Alüminyum Alaşımı

Alüminyum, yeryüzünde en bol bulunan ikinci metaldir ancak 1800'lerin sonlarına kadar üretimi pahalıydı ve zordu. 1884'te Washington Monument üstüne yerleştirilen 2.75 kg kapak o zamana kadar yapılmış en büyük Alüminyum parçalardan biriydi. (Askeland, 1994).

Alüminyumun genel özellikleri  $2.70 \text{ Mg.m}^{-3}$ 'lük bir yoğunluğu veya üçte birinin çelik yoğunluğunu ve  $70 \text{ GN.m}^{-2}$ 'lik bir fiziksel özellik modülünü içerir. Her ne kadar alüminyum alaşımları çelik ile karşılaştırıldığında düşük çekme özelliklerine sahip olsalar da özgül veya ağırlık / ağırlık oranı üstündür (Kaufman, 2000). Alüminyum, sanayi ve otomotiv uygulamalarında olduğu gibi hafif ağırlık gerektiren işlemlerde olduğunda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca alüminyum güçlendirme mekanizmalarına gecikmeden yanıt vermektedir. Tablo 2.1. saf tavllanmış alüminyumun gücünü, alaşımların saf alüminyumdan 30 kat daha güçlü olabileceği çeşitli tekniklerle güçlendirilmiş alaşımların gücü ile karşılaştırmaktadır (Askeland, 1994).

Tablo 2.1. Alüminyum ve Alüminyum Alaşımları ile Kuvvetlendirme Etkisi

Malzeme	Gerilme kuvveti (MN.m)	Akma dayanımı (MN.m)	% Uzama	Akma dayanımı(alaşım) / akma dayanımı (saf)
Saf Al (% 99.999 Al)	45	17	60	--
Ticari saf Al (% 99 Al)	90	35	45	2.0
Katı çözeltili güçlendirilmiş Al alaşımı (Al,% 1.2 Mn)	110	41	35	2.4
% 75 soğuk işlenmiş Al (% 99 Al)	165	152	13	8.8
Dağılma-güçlendirilmiş Al alaşımı (Al,% 5 Mg)	290	152	35	8.8
Yaşlandırılmış Al alaşım (Al,% 5,6 Zn,% 2,5 Mg)	572	503	11	29,2

Alüminyumun faydalı fiziksel özellikleri yüksek elektriksel ve termal iletkenlik, manyetik olmayan (paramanyetik) davranış ve oksidasyon ve korozyona karşı olağanüstü direnç içerir.

Alüminyum pek çok korozif ortamlarda alumina ( $Al_2O_3$ ) katmanı oluşturmak için sıcaklıkta bulunursa kimyasal elementlerle reaksiyona girmektedir ve altta kalan metalı korur. Bununla birlikte, Alüminyum yüksek bir yorulma sınırı göstermez, bu nedenle düşük gerilimlerde bile yorulma ile başarısızlık meydana gelebilir. Düşük erime sıcaklığından dolayı, Alüminyum yüksek sıcaklıklarda iyi performans göstermez. Son olarak, Alüminyum alaşımları düşük sertliğe sahiptir, bu da zayıf aşınma direncine neden olur.

## **2.2. Alüminyum Matris Kompozitleri (AMK)**

Alüminyum matris kompozitler (AMK) iyi korozyon direnci, yüksek termal, elektriksel iletkenlik ve yüksek sönümlenme kapasiteli hafif üstün alüminyum merkezi elektrot sistemleri sınıfına aittir. Alüminyum matris kompozitler (AMK) 1920'lerden bu yana yaygın olarak çalışılmaktadır (Sayuti vd., 2015). AMC'lerin özellikleri çoğu zaman uygun matris, güçlendirme ve proses yolu karışımları ile çeşitli endüstriyel uygulamaların stresine göre düzenlenir.

Halen birçok AMK sınıfı tamamen farklı yollardan fabrikada üretilmektedir. AMK'ler, spor ve rekreasyonda olduğu gibi, parça, savunma, otomotiv ve termal yönetim alanları dahil olmak üzere ileri teknoloji yapısal ve pratik uygulamalarda kullanılmaktadır. Takviye edilmemiş malzemelere kıyasla AMK'lerin en büyük yararları aşağıdaki gibidir: büyük güç, geliştirilmiş sertlik azaltılmış yoğunluk (ağırlık), geliştirilmiş aşırı sıcaklık özellikleri, kontrollü termal büyüme sabitidir (Dubey, 2015). Bu avantajlar, daha iyi anlaşılabilmesi için ölçülebilir; örneğin saf alüminyum elastik modülü %60 sürekli alüminyum lif hacmi takviyesi ile 70GPs 240GPs artırılabilir, diğer yandan, %60 hacim alumina lifini saf alüminyum ile karıştırması genişleme katsayısının 24 ppm / °C'den 7 ppm / °C'ye düşmesine neden olur, benzer şekilde aşınmaya karşı eşdeğer veya gri dökme demirinden daha iyi aşınma direncine sahip Al- %9 Si-%20 hacim SiCp kompozitlerin işlenmesi mümkündür (Surappa, 2003).

### **2.3. Aktif Karbon**

Aktif karbon, karbon atomları ile kapalı gözenekliliktir. Aynı zamanda yaygın olarak aktif kömür veya aktiflenmiş odun kömürü olarak da bilinen son derece gözenekli olması ve böylece adsorpsiyon veya kimyasal reaksiyonlar için mevcut çok geniş bir yüzey alanına sahip, işlenmiş bir karbon şeklidir (Noijuntira ve Kittisupakorn, 2010). Bu kadar yüksek bir mikro gözeneklilik derecesi nedeniyle, sadece 1 gram aktif karbon, tipik olarak 500 m<sup>2</sup> den fazla bir yüzey alanına (yaklaşık olarak Amerikan futbol sahasının onda biri kadar) sahiptir (Angelo ve Benard., 2007). Yararlı uygulamalar için yeterli aktivasyon sadece yüksek yüzey alanından gelebilir, ancak kimyasal işlem genellikle malzemenin adsorbe edici özelliklerini artırır. Aktif karbon genelde kömürden elde edilir.

### **2.4. Aktif Karbon Sınıflandırılması**

Aktif karbon, davranışları, yüzey özellikleri ve hazırlama yöntemleri temelinde sınıflandırılması zor olan karmaşık ürünlerdendir. Bununla birlikte, fiziksel özelliklerine bağlı olarak genel amaçlı bazı geniş sınıflamalar yapılmıştır (Babel ve Kurniawan, 2004).

#### **2.4.1. Toz Aktif Karbon**

Toz Aktif Karbon (TAK) 0,1 mm'den küçük partikül büyüklüğüne sahiptir ve partikülün ortalama büyüklüğü 0,015 ila 0,025 mm arasındadır. TAK'ın tipik uygulamaları, endüstriyel ve atık su arıtımı, şeker dekolonizasyonu, gıda endüstrisi, farmasötik, civa ve dioksini bir baca gazı akışından uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır (Cook vd., 2001).

#### **2.4.2. Granül Aktif Karbon**

Granül Aktif Karbon(GAK); partikül ortalama boyutu 0,6 – 4 mm arasında demektir (Benard vd., 1858). Genelde gaz ve sıvı proseslerin uygulamalarında kullanılmaktadır. Yeniden üretilebilmesi ve daha sonra bir kereden fazla tekrar kullanılmasıyla birlikte daha düşük bir basınç düşüşü sunması TAK'a göre avantajı vardır. Uygun mikropor

büyüküğü dağılımına ek olarak, yüksek görünür yoğunluk, yüksek sertlik ve düşük aşınma indeksi, GAK'a çeşitli uygulamalar için TAK'a göre daha uygun görülmüştür (Cerminara vd., 1995).

### **2.4.3. Aktif Karbon Elyafı (AKE)**

Aktif karbon elyafı (AKE'ler) karbonize karbonlardır bunlar sürekli oksitleyici bir atmosferde ısı ileme tabi tutulur. AKE, 1970 yılında ilk olarak özellikle selülozdan oluşan rayon lifi kullanılarak geliştirilmeye başlandı (Zenner vd., 2013). İyi bir AKE ham maddesi, doğada; izotropik, grafitik ve grafitleştirilemeyen karbon fiber olmalıdır. 1980'lerin sonundan itibaren, çeşitli ucuz AKE'lerin üretimi üzerinde çalışmalar devam etmektedir (Cook vd., 2001).

## **2.5. Aktif Karbon Uygulamaları**

Aktif karbon, gaz saflaştırma, altın saflaştırma, metal çıkarma, su arıtma, ilaç, atık madde arıtma, gaz maskelerindeki ve solunum maskelerindeki hava filtreleri, basınçlı gazdaki filtreler ve birçok başka uygulamada kullanılmaktadır. Son zamanlarda C filtreleri rekreasyonel kullanıcılar arasında önemli bir yer almıştır ve sigara dumanlarından "Tar"ı etkili bir şekilde filtrelemede kullanılmaktadır. Uygulamalardan bazıları şunlardır:

### **2.5.1. Metal Son İşlem Alanı**

Metal son işlem alanında karbonun önemli bir endüstriyel uygulaması vardır ve çok geniş şekilde elektro çözeltilerin arıtılmasında kullanılmaktadır. Bir örnek olarak, parlak nikel kaplama solüsyonlardan organik safsızlıkları çıkarmak için bir ana saflaştırma tekniğidir (Wyszkowska vd., 2015).

Kaplama solüsyonuna biriktirme kalitesini ve parlaklık, pürüzsüzlük, süneklik gibi özelliklerini arttırmak için organik kimyasallar ile kaplanır. elektrik geçişi ve anodal oksidasyon ve elektrot indirgeme elektrolitik reaksiyonları sayesinde, organik katkı maddeleri cevap olarak istenmeyen bozulma ürünleri üretir (Benard vd., 1858). Aşırı birikimleri, kaplanan metalin kaplama kalitesi ve fiziksel özellikleri üzerinde olumsuz

bir etkiye sahip olacaktır. Karbon işlemi bu tür yabancı maddeleri giderir ve kaplama performansını istenen seviyeye getirir (Wyszkowska vd., 2015).

### **2.5.2. Çevresel Çalışma Alanı**

Burada, aktif kömür yüzey asimilasyonu, hava veya su kirleticileri akıntılarında uzaklaştırılmasında ve dökülme temizleme, yeraltı suyu iyileştirilmesi, içme suyu filtrasyonu, hava temizleme, boyalardaki uçucu organik bileşiklerin tutulması, temizleme, benzin dağıtımını gibi endüstriyel işlemlerde birçok uygulamaya sahiptir (Marsh ve Rodríguez-Reinoso, 2006).

### **2.5.3. Tıbbi Uygulama**

Medikal uygulamalarda, ağızdan yutmadan sonra zehirlenmeleri ve aşırı dozları tedavi etmek için karbon kullanılır. Kullanılan karbonun, zehirli gaza bağlanarak sindirim borusu tarafından emilimini önlediği düşünülmektedir. Şüpheli zehirlenme durumlarında, tıbbi personel olay yerinde veya bir hastanenin acil servisinde aktif karbonu uygular. Dozlama tipik deneysel, olarak bir gram / kg vücut kütlesinde (ergenler veya yetişkinler için, 50-100 g sağılar) tipik olarak yalnızca bir kez verilir ancak alınan ilacı dikkate alarak, bir kereden daha fazla kullanılmamalıdır (Wyszkowska vd., 2015). Nadiren, aktif karbon, ilaç zehirlenmelerinde hastaların kan akışından zararlı ilaçları tasviye etmek için tıbbi yardımda kullanılır.

### **2.5.4. Altın Kazanımı**

Aktif karbon, siyanür atıklarını sünger gibi tutar ve çözünürlükleri farklı olan iyonlara bir sünger görevi yapar. Cevherin partikül büyüklüğünden daha büyük olan karbon partikülleri genellikle cevher ve siyanür çözünürlüğü ile karıştırılır.

Bu genellikle altın çıkarma da kullanılır altın siyanür altın çözünürlüğü ile dengelenene kadar karbon üzerine adsorplanır. Karbon parçacıkları çok daha büyük olduğundan, elekten elenerek süspansiyondan ayrılırlar. Altın daha sonra tekrar geri kazanılır (Wyszkowska vd., 2015).

### 2.5.5. Alkol Saflaştırma

Aktif karbon filtreleri, alkollerin saflığını artıran renk, tat ve koku gibi organik safsızlıkların gideriminde kullanılır (Wyszkowska vd., 2015). Diğer bir yaygın kullanım, mısır ve şeker kamışı saflaştırma, temizleme geri kazanma işlemleri, yağ giderme, katalizör desteği, akü elektrotları ve süper kapasitörlerdir.



### **3. TOZ METALURJİSİNDE ALÜMİNYUM VE AKTİF KARBON UYGULAMALARI**

#### **3.1. Toz Metalurjisi (TM)**

Toz metalurjisi, bu tozların kalıplara yerleştirilmesiyle mamul ürünler veya toz metallere elde edilen ürünler için kullanılır ve yüksek sıkıştırma kuvveti kullanarak aynı şekilde sıkıştırılır (Froes, 1990). Toz metalurjisi işlemiyle parçaların imalatı aşağıdaki adımları içerir:

- Metal tozu imalatı
- Tozların harmanlanması ve karıştırılması
- Sıkıştırma
- Sinterleme
- Bitirme işlemleri

#### **3.2. Metal Tozları İmalatı**

Metalin cinsine ve doğasına bağlı olarak tozların üretimi için çeşitli yöntemler vardır. Bunlar:

- Atomizasyon
- İşleme
- Kırma ve Öğütme
- İndirgeme
- Elektrolitik Biriktirme
- Vurma
- Yoğunlaşma

#### **3.3. Mekanik Alaşımlama**

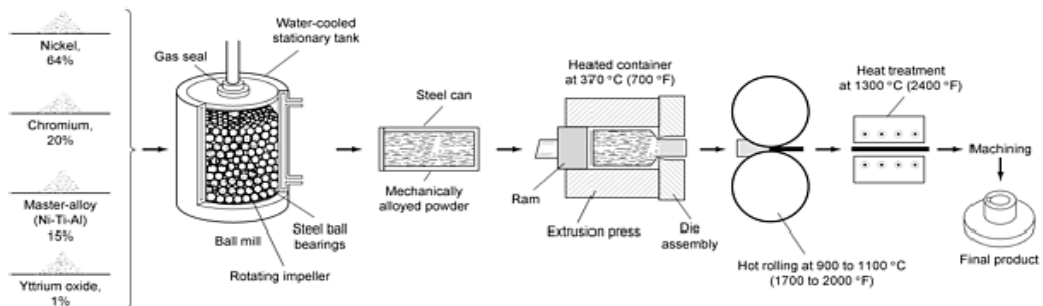
Mekanik alaşımlama, bilyeli değirmene yerleştirilmiş bir toz karışımının bilyelerden yüksek enerjili çarpmaya maruz kaldığı bir bilyalı öğütme işlemidir (Suryanarayana, 2004). İşlem genellikle inert bir atmosferde gerçekleştirilir. Katı halde metalik ve



seramik toz parçacıkları üretmek için alternatif bir tekniktir. Mekanik alaşımlamada yer alan en önemli iki olay, toz karışımının tekrarlanan kaynaklanması ve kırılmasıdır. Alaşımlama işlemi ancak kaynak oranı kırılma oranını dengelediğinde ve tozların ortalama partikül boyutunun nispeten kaba kalması durumunda devam edilebilir. Mekanik alaşımlama katı hal işlemi olduğundan, düşük ve yüksek erime sıcaklığına sahip elementlerin başlangıç karışımını kullanarak yeni alaşımların oluşumundaki sakıncaları gidermek için bir yol sağlar. Genel olarak mekanik alaşımlarda kullanılan ham maddeler malzemeleri birbirine tuturmak için en az bir yumuşak metal içermelidir (Sundaresan ve Froes, 1987).

### 3.3.1. Mekanik Alaşımlama İşlemi

Bu işlemde hammaddeler, kullanılan değirmen tipi, takviye işlemi ve ısıl işlemin ayrıntıları istenen ürünün türüne bağlı olarak değişir, ancak işleme yolu esasen aynı kalır (ASM International, 1998). Mekanik alaşımlama/öğütme işlemi, toz parçacıklarının bir şişe içindeki bilyeler tarafından yüksek enerjili etkiye maruz kaldığı katı halde bir toz işlemidir. Şişedeki toz parçacıkları toplardan sürekli olarak etkilendiğinden, top öğütme işlemi sırasında tekrar tekrar parçacıklar arasındaki soğuk kaynak ve parçacıkların kırılması gerçekleşir. Tüm işlem, öğütme işleminden önce toz karışımının harmanlanmasını, oksidasyon ve kontaminasyonu önlemek için koruyucu gazlarla vakumlama ve/veya doldurmayı ve bilyalı öğütme işlemi içerir. Mekanik alaşımlamanın ardından öğütme sonrası işlemleri, konserve, gaz giderme ve son olarak ekstrüzyon veya haddeleme yoluyla plastik deformasyon içerir. Frezeleme işlemi için, flakon içerisindeki ortam, top/toz ağırlık oranı ve proses kontrol ajanları gibi birçok kontrol parametresi göz önünde bulundurulmalıdır (Sundaresan ve Froes, 1987).

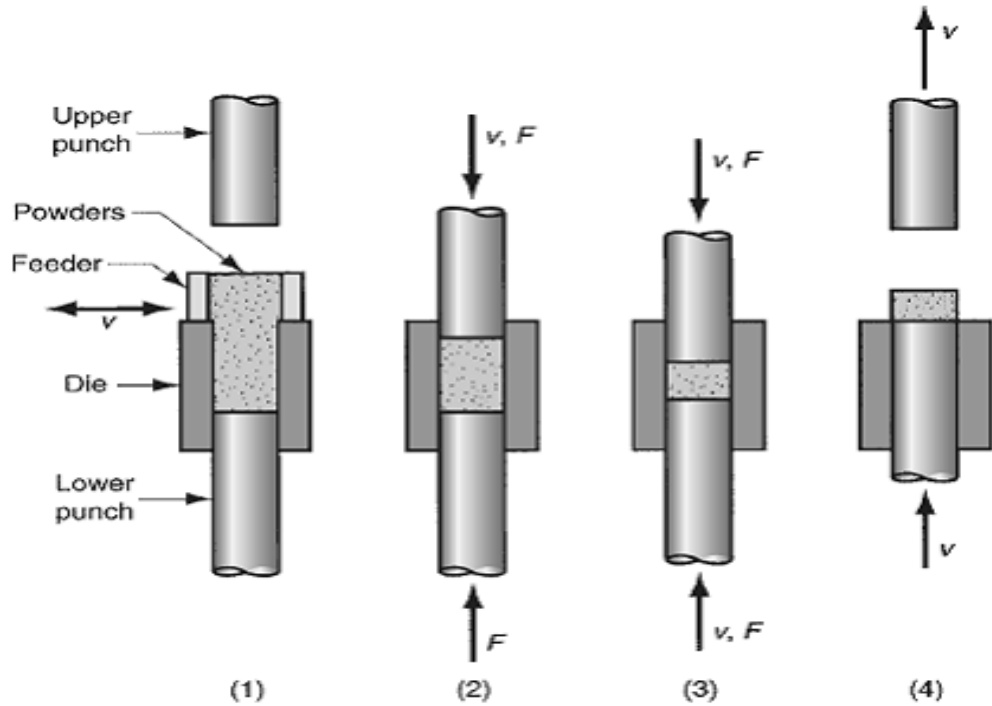


Şekil 3.1. Mekanik Alaşımlama İle Tozdan Bir Ürün Üretme İşlem Yolu (ASM International, 1998).

### 3.4. Sıkıştırma

Toz sıkıştırma, Toz Metalurjisi üretim sürecinde bir sonraki adımdır (Froes, 1990). Toz hazırlama gibi, numunenin sıkıştırma derecesi de malzemenin sonraki özelliklerini önemli ölçüde etkilediğinden büyük öneme sahiptir. Toz karışımların sıkıştırılması genellikle kalıp makinesi kullanılarak gerçekleştirilir. Kalıplar çoğunlukla çelik veya çimentolu karbürlerden yapılır ve yüksek basınç uygulanırken dayanıklı olmaları gerekir (Schwartz, 2005). Kalıpların tasarımı, sıkıştırmanın kolayca çıkarılmasını sağlamak zorunda olduğu için de önemli bir rol oynar, bu yüzden silindirik şekil genellikle kullanılır.

Toz tipi ve özellikleri sıkıştırma basıncını etkiler. Sıkıştırmanın temel amacı, daha sonraki işlemlere dayanacak kadar yeterli dayanıma sahip preslenmiş bir parça üretmektir. Genellikle "yeşil dolgu" olarak adlandırılan preslenmiş kısım sinterleme için alınır. Tozların birleştirilmesi, yüksek sıcaklıklarda da gerçekleştirilebilir. Bu bileşenlerden birini eritmeye ve sonuç olarak malzeme özelliklerinin genel olarak iyileştirilmesine etki eden ara yüz sınırını iyileştirmeye imkan verir (James, 2015)

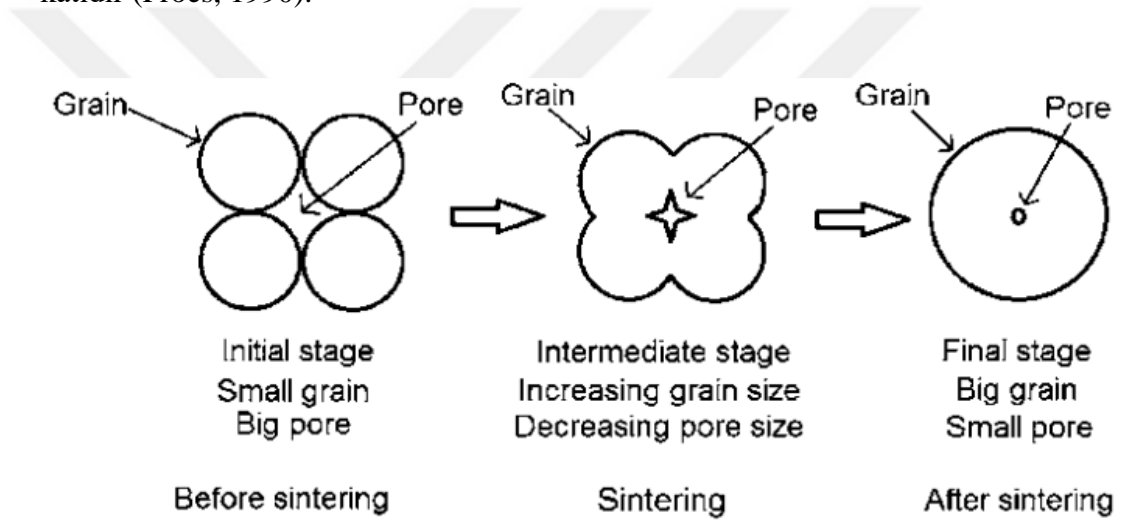


Şekil 3.2. Sıkıştırma İşlemi (URL-3)

### 3.5. Sinterleme

Sinterleme, büyük miktarda, gevşek malzemenin kompakt bir katı parça haline gelmesi için yeterince yüksek bir sıcaklığa ve basınca maruz kaldığı bir ısıl işlemdir (Upadhyaya, 2014). Sinterleme işlemi sırasında uygulanan ısı ve basınç miktarı, malzemenin erime noktasından biraz daha azdır ve sinterlemenin amacı, malzemeye kuvvet ve bütünlük kazandırmaktır.

Sinterleme, partiküllerin arasındaki bağı artırır ve dolayısıyla toz metal sıkıştırılmayı güçlendirir. Sinterleme sıcaklığı ve süresi, genellikle tozun erime noktasının 0.6 ila 0.8 katıdır (Froes, 1990).



Şekil 3.3. Sinterleme (Isıl İşlem) (Of ve Parts, 2019).

## **4. MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ**

### **4.1. Malzemelerin Mekanik Testi**

Malzemelerin çeşitli özelliklerinden bir olan mekanik özelliği iyi bir öneme sahip; çünkü zorlama altındaki kararlılığı temel alan olguları barındırmaktadır. Uygulanan kuvvetlerin altındaki deformasyon ve ayrıca malzemelerin kırılması, malzemenin yapısına bağlıdır (Sturges, 2015). Malzemelerin uygulanan kuvvetlerine verdiği büyük tepkiler, bu kuvvetler yeterince büyükse, sürekli değişen formlarına veya belki de parçalanmalarına neden olabilir. Herhangi bir yapısal değişikliğe karşı, formda veya boyutta direnen atomik kuvvetleri hesaba katarak, atomik kuvvetler, gerçekte 2 yada daha fazla parçaya ayrılarak malzemenin form değişimine sebep olacak ekstar güçlerin üstesinden gelebilir.

#### **4.1.1. Çekme Testi**

En yaygın mekanik gerilme-deformasyon testlerinden biridir. Görüleceği gibi, gerilme testi, tasarımda önemli olan malzemelerin çeşitli mekanik özelliklerini anlamak için kullanılabilir (Rho vd., 1998). Çekme test cihazı, numuneyi sürekli bir oranda uzatmak, dereceyi istemeden birleştirmek ve aynı anda anlık uygulanan yükü (bir yük hücresiyle) ölçmek içindir. Bu sebeple ortaya çıkan uzamalar (bir ekstensometre kullanarak). Bir gerilim kontrolü gerçekleştirmek için birkaç dakika sürer ve tahrip edicidir; Bu, test örneği kalıcı olarak şekilsiz ve tipik olarak bozuktur.

#### **4.1.2. Sıkıştırma Testi**

Sıkıştırma testi genellikle düz sertleştirilmiş çelik plakalar arasında sıkıştırılmış silindirik numuneler kullanılarak uygulanır. Elde edilen gerilme-gerilme eğrisinin şekli, gerilme deneyleriyle karşılaştırılabilir ve aynı zamanda "uç bölgesi" için de aynı düşünce ve gerilme ve gerilme tanımları geçerlidir. Gerilme testlerinde oluşmayan sıkıştırma testleriyle ilgili çeşitli sorunlar vardır, bunlar burkulma, namlu ve sürtünmedir. Bununla birlikte, birçok polimerin ve kompozitin basınç dayanımı, çekme dayanımlarından farklı değildir (Soboyejo, 2002).

#### **4.1.3. Sertlik Testi**

Genel olarak, sertlik metallere için deformasyona karşı direnç anlamına gelir, aynı zamanda kalıcı veya plastik deformasyona karşı dirençleridir (Soboyejo, 2002). yaygın olarak çentik sertliği direnci ölçülmesinde Scratch sertliğine ilave olarak MOH's sertliği ölçülür, Sertlik testleri, üretim elemanlarının yarısına zarar vermeyecek şekilde kolayca iç kontrol kılcalık yüzey çatlakları olarak oluşturularak üretilebilir. Dezavantajı, bir kumaşın sertliğinin plastik özelliklere bağlı olmasına rağmen, gerilme-deformasyon ilişkisinin elde edilememesidir.

#### **4.1.4. Darbe Testleri**

Darbe testi, malzemelerin kırılma tokluğunu değerlendirmek için çok popüler ve hızlı bir yöntemdir. Bu yöntemin amaçlarından biri, testler sırasında standart bir numune tarafından emilen enerjiyi çok yüksek bir gerilme oranlarında değerlendirmektir. Örnek tipine ve darbe makinesinde tutulma şekline bağlı olarak, iki tip darbe (Charpy ve Izod) testi bilinmektedir (Sturges, 2015).

#### **4.1.5. Bükme Testi (Kesme)**

Tüm deformasyon sadece gerilme veya sıkıştırma ile olmaz. Bir numunede, indüklemenin farklı bir yolu vardır. Bükülmeye maruz kalan örneklerde saf kayma gerilmeleri görülür. Bu tür bir deformasyon, gerilme veya basma testleri kadar yaygın değildir, ancak problem için oldukça önemlidir. Bir dizi makine bileşeni hareket kuvvetlerine maruz kaldıktan sonra kayma gerilmesi altında çalışır (Crompton, 2012). Şaftlar, silindirik çubuklar, pervaneler, akslar vb. Kayma tipi deformasyonların gerçekleştiği yerlerdir.

#### **4.1.6. Sünme Testi**

Çekme süresi yükleme koşulu altında, bir malzemeye uygulanan gerilim, malzemenin statik nihai gerilimini (dayanma kapasitesi) aşmadığı sürece başarısız olmaz. Burada, uygulanan gerilmenin büyüklüğü, malzemenin statik nihai gerilmesinin altındaysa, elbette bazı deformasyonlar çok kısa bir sürede gerçekleşir, ancak deformasyon

miktarı büyük değildir. Sünme, sabit yükte bir malzemedeki plastik gerilmenin kademeli olarak artmasıdır (Crompton, 2012).

#### **4.1.7. Yorulma Testi**

Yorulma, bir yapının çatlakların başlatılması ve yayılması ile döngüsel yüklemeye tepkisidir. Yorulma, mühendislik yapılarında 80-90 mekanik arızaları hesaba katacak şekilde hesaplanmıştır (Soboyejo, 2002). Bir malzeme, sonuçta bozulana kadar, akma dayanımının altında birkaç gerilme ve basma döngüsü daha deneyimlidir.



## 5. LİTERATÜR TARAMASI

Zamir vd. 2011 palmiye kabuğundan hazırlanmış aktif karbon ile güçlendirilmiş kompozit hazırlayarak fiziksel özelliklerine ve alüminyum mukavementin aşınma davranışları incelenmiştir. %5, %10, 2 saat 500°C sinterleme ve ardından 200 MPa'da sıkıştırılmış PSAC, 15 dakika güçlendirilmiştir. Kuru kaygan aşınma davranışı üzerindeki ölçüm disk üzerine takılan aşınma test cihazının önerilmesiyle araştırılmıştır. Kompozitin aşınma oranları, monte edilen yüklü yükte (10 N) ve kayganlık oranında (150 rpm) belirlendi. Optik mikroskop, artan PSAC içeriğinin, bileşikler içindeki gözeneklerin artmasına neden olduğunu göstermiştir. Sertlik ve yoğunluk, Ağırlığın %10'undan fazla PSAC içeriği ile ciddi şekilde azalmışlardır. Örneklerin biriken aşınma oranı, ağırlıkça %10 PSAC içeriğinin miktarı ile azaldığı fakat ağırlıkça %10'un üzerinde PSAC içeriği ile arttı belirlenmiş. Optimum aşınma direnci sağlamak için optimum PSAC içeriğinin ağırlıkça %10 olduğu bulunmuştur.

Toz metalurjisi ile üretilmiş alüminyum kompozit ile karbon ağı ve deniz suyunda korozyon davranışı tarafından çalışılmış ve bu çalışma, toz bilim disiplini yaklaşımıyla alüminyum matrisli bir karbon ağı oluşturmuştur. Çapı 30 um olan saf alüminyum tozları, 40 MPa'lık bir basıncın altında benzer büyüklükte şeker parçacıkları ile sıkıştırılmıştır. 500°C'de saf kimyasal element gazı içerisinde iki saat boyunca şekeri karbonlaştırmak için sinterleme, yapılmıştır. Model ürün soğutulduğunda, mikroyapı analizi gerçekleştirildi. üst sıcaklık sinterlemesinin, yapının gözenekli metalik element içindeki tane sınırları üzerine dağılmış karbon ağları ile gelmesine izin verdiği bulunmuştur. Şeker / metalik Al<sub>3</sub>'ün kantitatif ilişkisi, element metal yapısal bütünlüğü tutmak için bileşik içinde azami karbon konsantrasyonuna 1/1, oranı ile ulaşılmış (Gan vd., 2017).

Aktif karbon nano-kompozitlere sahip alümina sudan sülfid iyonu gideriminde kullanılan sentez ve uygulama kompozitler (Al<sub>3</sub>/C = kütlece 1/10), ANC1, ANC2, ANC3 ve ANC4 Alüminyum Asetat (7.6 g), Asetil ile hazır Asetonat (12.02 gr), Laktat (10.89 g) ve Distearat 50 ml su içinde Karbon on g (AC) ile su (22.62 g) dört saat boyunca bir manyetik karıştırıcı kullanılarak karıştırıldı. Her durumda elde edilen süspansiyon, havada kurutuldu ve iki saat boyunca 450°C'de kimyasal elementin

yokluğunda, kapalı bir odada ısıtıldı. SEM, kompozitlerin kırılma yüzeylerini analiz etmek için kullanıldı. Bunun sonucunda, bu Karbon (AK) sert kabuk boru şekilli olan yapıların morfolojik özellikleri ile muamele edildikten sonra, alüminyum karboksilatlar, karbon süngerimsi gözeneklerin içine tenefüs edilmiştir. EDX spektrumları, alüminyumun oksijene atom oranının  $Al_2O_3$ 'e karşılık geldiğini göstermektedir. Bu gözlemden karbonsilatları ısıtmanın matristen çıkan  $CO_2$  nedeniyle karbondaki gözenek sayısının artmasına yardımcı olduğu ve sonuçta  $Al_2O_3$  partiküllerinin yer almasını ve sonuç olarak yüzeyi azalttığı anlaşılmıştır (Balasubramani vd., 2017). Karbon malzemesi aynı zamanda Karbon elyafı, Grafit, Elmas, Karbon Köpükleri, Karbon Nano Borucuklar ve Grafende, mekanik ve veya fiziksel özelliklere sahiptir. Al matris kompozitleri için takviyeyi cazip olan, hafif karbon malzemeleri (C/Al) kompozitler, parça, termal yönetim ve otomobil gibi çeşitli alanlarda ümit vaat eden malzemelerdir. Ancak, yüzey reaksiyonları, düşük ıslaklık kabiliyeti ve anizotropik özellikler gibi çözülmesi gereken bazı zor meseleler vardır. Bu konular bu kompozitlerin kullanımını sınırlandırdı (Huang vd., 2014).  $B_4C$ , SiC ve  $Al_2O_3$  ile güçlendirilmiş Al matrix kompozitlerinin, yapılarında üç farklı seramik parçacığı SiC,  $Al_2O_3$ ,  $B_4C$ 'nin saf alüminyum (%99.99) matriksinde takviye olarak kullanıldı. Gözlenen,  $B_4C$ , SiC ve  $Al_2O_3$  (%0-20 hacim) kuvvetlendirici partikülleri içeren alüminyum metal matriks kompozitler işlendi. Karıştırma döküm üretim yolu ve ardından sıcak ekstrüzyon kullanıldı. Bu yöntem uygun maliyetli endüstriyel yöntemlerden birisidir. %0 SiC'li alüminyumun tane büyüklüğünün oldukça büyük olduğu görülmektedir. SiC parçacıklarının, tane büyüklüğü azalır. Aynı zamanda, karanlık nokta olarak görülen gözenekleri döküm kompozitlerine daha fazla SiC partikülü eklendikçe artar.

EDX analiz sonuçlarından ve Al-SiC'nin zirve oranından, mevcut sistemdeki Al-SiC arayüzünde oluşturulan fazın üçlü bir bileşik  $Al_4SiC_4$  olduğu önerilmektedir. Birkaç çatlak ile kanıtlandığı gibi bir tepkime ürünü olarak oluşan faz, kırılğan olduğu söylenebilir. Bu ikinci fazın,  $Al_2O_3$ SiC kompozit içerisindeki (60 dakika etkileşim süresi) tüm SiC parçacıkları etrafında bulunmadığından, başlangıçta eklenmiş ve bu nedenle eriyik ile daha uzun bir etkileşim süresine sahip olan bazı SiC parçacıklarının etrafında mevcut olduğu belirtilmelidir. Etkileşim katmanını oluşturan bu üçlü bileşiğe ek olarak, bu etkileşim katmanının önünde  $Al_2O_3$  olarak tanımlanan küçük beyaz



parçacıklardır. SiC parçacıkları ve Al erimesi arasındaki temasın, iki bileşen arasında ıslanmayı iyileştiren bir etkileşim katmanı ile sonuçlanması beklenmektedir (Shorowordi vd.,2003).

SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Grafenli alüminyum metal matriks kompozitleri. Mekanik özelliklerinden dolayı Alüminyum metal matriks kompozit endüstri için önemli bir mühendislik malzemesi olmuştur. Bu nedenle, araştırmacılar güçlendirici malzemelerine çok dikkat ettiler. Takviye tipinin ve miktarının doğrudan kompozit malzemenin mekanik özelliklerini belirlediği açıkça anlaşılabilir. Ancak, takviyenin dahil edilmesi hala önemli bir husustur. Özellikle ıslanabilirlik ve gözeneklilik oluşumu değerlendirilmelidir. Karıştırma yöntemi, parçacıkları alüminyum matriks içine sokmanın en iyi yolu olarak ortaya çıkmaktadır. Geliştirilmiş özellikleriyle, alüminyum alaşımları için takviye olarak grafen kullanımı, seramik parçacık ilavelerine kıyasla minimum ilaveler ile daha yüksek tokluk üretme potansiyeline sahip gibi görünmektedir (Aybarc vd., 2018).

Proses Parametrelerinin Al 6061 / Toz Aktif Karbon Metal Matriks Kompozitlerin Mikroyapı Ve Mekanik Özelliklerine Etkisi Al 6061 / aktive edilmiş kompozitler, ağırlıkça %2 ile %6 arasında bir takviye ağırlık yüzdesi ile modifiye edilmiş karıştırma tekniği kullanılarak üretildi ve mikro yapı, mekanik özellikler değerlendirildi. Kompozitlerin kırılma yüzeylerini analiz etmek için SEM kullanıldı. SEM sonuçları, EDAX testinden itibaren EDS spektrumunun kompozit içerisinde alüminyum ve karbon partiküllerinin varlığını gösterirken, homojen dispersiyonlu kompozitte Al6061 ve aktif karbon partiküllerinin varlığını göstermiştir.

Kompozitlerin sertliği, takviye olarak ağırlık yüzdesi Aktif Karbon ilavesine ilişkin olarak 40 BHN'den 54 BHN'ye yükseltildi. Parçacıkların takviyesi, Alüminyum Matrisin ve kompozitlerin çekme özelliğini, 154 MPa'dan 176 MPa'ya arttırmıştır ve Termogravimetrik Analizi'nde, kompozitin erime noktası, takviye olarak aktif karbon ilave edilerek hızlı bir şekilde geliştirilmektedir (Diju Samuel vd., 2017). Al7075/Grafit kompozitlerin aşınma ve mekanik özellikleri. Matris malzemesi olarak alüminyum Al7075 kullanılmış ve takviye materyali olarak 20 µm ile 26 µm arasında değişen boyutlarda Grafit parçacıkları kullanılmıştır. Kompozitlerin imal edilmesi için geleneksel bir döküm yolu kullanıldı. Takviye içeriği ağırlık olarak 5, 10, 15 ve 20

olarak seçildi. Kuru kayma koşulları altında kendi kendini yağlama özelliği potansiyelini tanımlamak için grafit yüzdesi gözlemlendi. Eğilme dayanımı artan grafit ile azalır ve bu etki ağırlıkça %5'te daha az olmuştur. Grafit içeriği arttıkça aşınma oranı azalır ve ağırlıkça minimum 5'tir. Diğer bileşimlere göre üstün aşınma özelliklerine sahip olan yüzde grafitte uygulanan yük arttıkça aşınma oranı artar ve bunun nedeni grafitin matris malzemesinden çekilmesidir. Al7075/Grafit kompozitlerin aşınma oranı artan kayma hızı ile azalır ve kayma mesafesi arttıkça artar. Ayrıca 5wt ile yüzdelik grafit ilavesinin daha az olduğu bulunmuştur (Baradeswaran ve Perumal, 2014).

Alüminyum esaslı aktif karbon kompozitlerinin işlenmesi ve karakterizasyonu farklı bir aktif karbon kombinasyonuna sahip alüminyum kompozitlerin üretimi sırasıyla %1, %4, %6, %8 ve %10'dur ve Enhanced Stir Die Casting metodunu kullanılır. Üretilen numunelerde sunulan kompozisyon, X-ışını flüoresan spektrografının analitik metodu kullanılarak belirlendi. Örnekler, kompozitin asıl bileşimini belirlemek için XRF-xx-ışını floresan Spektrografına tabi tutulmuştur. Mekanik özellikleri analiz etmek ve kompozitin sıcaklığını değiştirerek davranışını kontrol etmek için termo gravimetrik ve nihai mukavemet analizi yapılmıştır. Thermo Gravimetrik Analizi'nde, %5.87 karbonlu kompozisyon, %0.15'lik asgari ağırlık kaybını gösterir ve nihai kuvvet analizinden, %4.01 karbonlu kompozisyon, maksimum 17.5KN yüke dayanır. Kompozit için en iyi bileşim %4.01 ile %5.87 arasında karbon içeriğinde bulunur. Yüksek mukavemetli Alüminyum Aktif Karbon kompozitinin tam bileşimini elde etmek için %4.01 ile %5.87 arasında optimizasyon yapılabilir (Dev Anand vd., 2016).

## 6. MATERYAL VE METOD

### 6.1. Malzeme Özelliği ve Üretim Yöntemleri

Bu çalışmada aktif karbonlu alüminyum matris kompozit malzemesi toz metalurjisi işlemlerinden biri olarak soğuk presleme ile üretilmiştir. Bu kompozitlerin imalatı, optimum üretim parametrelerini ve katkı maddesi oranını belirlemek için gerçekleştirilmiştir. Matris malzemesi olarak Al ve Aktif karbon (AK), katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan alüminyum saflığı %99 ve ortalama (17-30) µm partikül büyüklüğüdür. Kompozitler toplam ağırlıkça 2g olarak Mekanik Alaşımlama ile alüminyumun aktif karbon ile karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Tablo 6.1. AK ile Al matris kompozitlerin üretimi için ilave oranlarını ve üretim parametrelerini göstermektedir.

Tablo 6.1. *Kompozit Üretiminde Parametreler Ve Kullanılan Miktarlar.*

No	Kompozisyon (ağırlıkça%)		Sıcak presleme parametreleri		
	AL	AK	Sıcaklık (° C)	Zaman (saat)	Basınç (Pa)
1	98	2	550	1	51.7
2	96	4	550	1	51.7
3	94	6	550	1	51.7

#### 6.1.1. Mekanik Alaşımlama

Aktif karbon (Al-%2 AK, Al-%4 AK, Al-%6 AK) alüminyum tozu mekanik alaşımlama ile karıştırılmıştır. Mekanik alaşım, Şekil 1.6'da gösterildiği gibi bir PM 100 Retsch planetary bilyeli değirmen kullanılarak gerçekleştirildi. Bilyeli değirmen, 60 mm derinliğinde ve 100 mm çapında silindirik bir boşluğu olan çelik yapıdadır. Al ve katkı maddesinin homojen karışımını sağlamak için 12 mm çapında dokuz küçük paslanmaz çelik bilye kullanılmıştır. Bilyeli değirmenin dönme hızı 150 rpm olarak

ayarlanmış ve 60 dk boyunca matriks ve katkı maddesi karıştırılmıştır. Çelik bilyelar ve 100 gram toz karışım ihtiva eden bilyeli değirmen, yüksek saflıkta argon ile doldurulmuş bir havasız ortam kabininde kapatılmıştır. Biri dört nominal kompozisyona sahip iki grup kompozit toz; üretilmiştir. karma tozlar ilk grup: (Al-% 2 AK, Al-% 4 AK, Al-% 6 AK) oranlarında içeren Al-AK bileşimleridir.

Karıştırma tamamlandıktan sonra, hava ile temas etmeyecek ve oksitlenmeyecek şekilde saklama tüpüne koyularak karışım muhafaza edilmiştir.



Şekil. 6.1. PM 100 Retsch Planetary Çelik Bilyeli Değirmen.

### 6.1.2. Toz Takviyesi

Öğütme ile üretilen ultra ince yapıllı Al-AK, toz kompakt dövme ve toz kompakt ekstrüzyon kullanılarak birleştirildi. Toz karışımlar 6 mm kalınlığında, silindirik H13 çelik kalıp (iç çap 13mm) içinde 5 dakika 6-ton basınç uygulayarak sıkıştırılmıştır. Şekil 6.2.'de Manuel Hidrolik Pres cihazının 15 ve 25 tonluk yük konfigürasyonları da mevcuttur ve çok çeşitli laboratuvar pres uygulamaları için tasarlanmıştır. Uygulanan basınçtan sonra, dairesel disk formunda ham ürün elde edilmiştir. Dairesel disk, MTI GSL-1100X-S50 fırınına yerleştirilmiş bir kuvars tüpe koyuldu. alüminyumun oksitlenmesini önlemek için Argon gazı sürekli tüp içinden geçirildi ve

fırın 1 saat boyunca 550°C sinterleme gerçekleştirildi. Daha sonra örnek oda sıcaklığına kadar soğutuldu.



Şekil 6.2. Manuel Hidrolik Pres

## 6.2. Aktif Karbonların Karakterizasyonu

Aktif karbon karakterizasyonu BET yüzey alanını tayin cihazı, FTIR ATR XRD ve SEM-EDS cihazları kullanarak yapıldı. Bir aktivasyon ajanı olarak yer fıstığı kabuğu HNO<sub>3</sub> kullanılarak kimyasal aktivasyon metodu ile 800°C'de pirolizle sentezlendi.

## 6.3. Numune Hazırlama

Numune öğütme işleminden hemen sonra, örneklerin yüzeylerinin pürüzsüz hale getirilmesi için çeşitli boyutlarda (800 ve 1200) zımpara kağıtları ile zımparalanmıştır. Parlatma sırasında su, soğutucu sıvı olarak kullanılmıştır. Parlatmadan sonra, numunelerin dağlanması amacı ile (HF, HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O) dağlama çözeltisi içeren bir çözelti ile örneklerin yüzeyleri dağlanarak optik mikroskop için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 6.3. Taşlama ve Parlatma Makinesi

#### 6.4. Uygulanan Testler

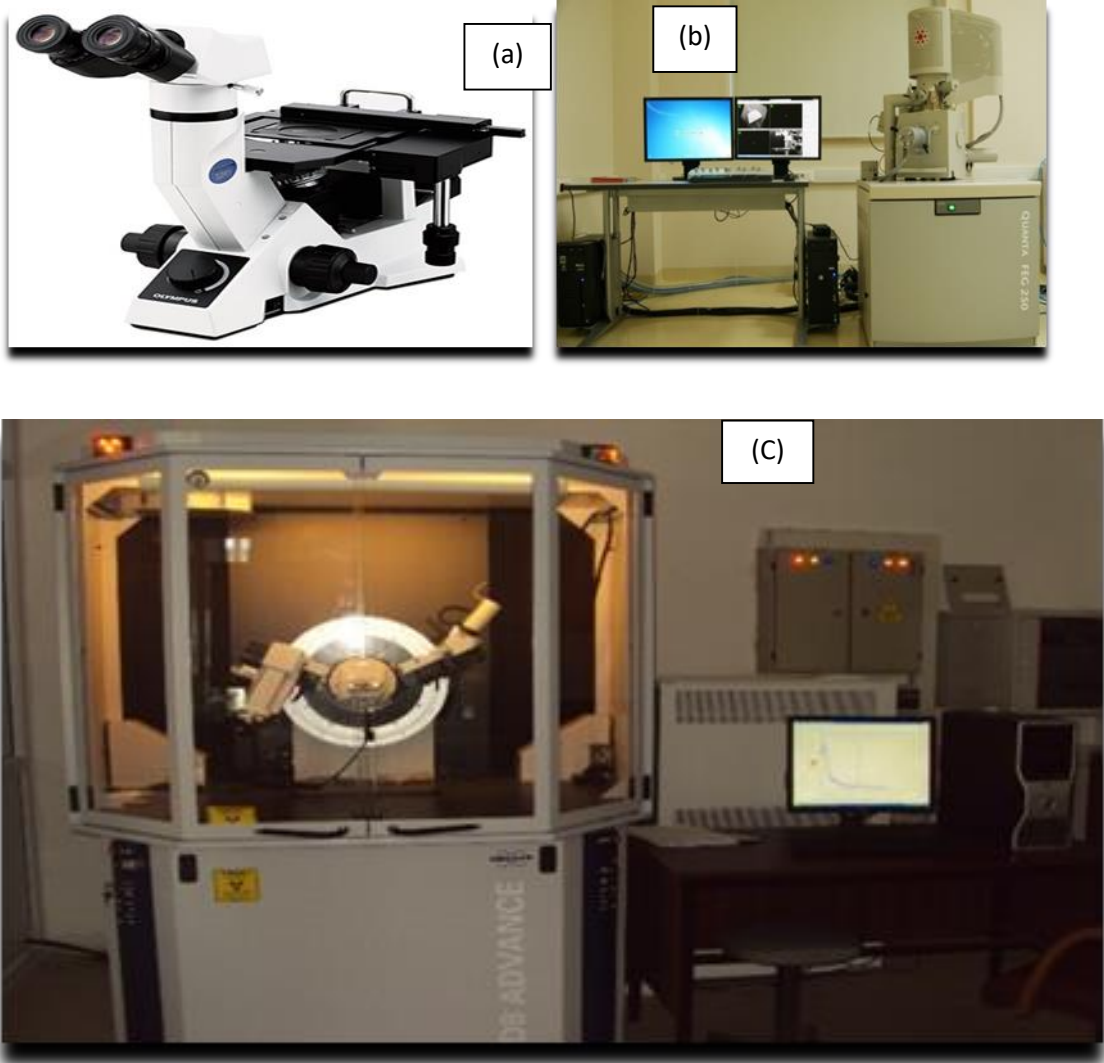
- Mikroyapı incelemeleri (Optik mikroskop, SEM-EDS ve XRD)
- Sertlik Testleri
- Yoğunluk ölçümü
- UMT (ultra mikro sertlik)

##### 6.4.1. Mikroyapı İncelemeleri (Optik Mikroskop, SEM-EDS Ve XRD)

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) heterojen organik ve inorganik malzemelerin mikrometre ( $\mu\text{m}$ ) ölçeğinden nanometer (nm)'ye kadar ölçeklerde yüzeyin ölçülmesi ve karakterizasyonunu sağlar. SEM'in önemi, malzemelerin yüzeylerinin üç boyutlu fotoğraflarını alma kabiliyetinden kaynaklanmaktadır. SEM, taranması gereken alan veya analiz edilecek küçük hacim resimleri, şekillendirmek için numunenin yüzey oluşumunu ince konsantre bir ışın ile tarayarak yüzey morfolojisi hakkında bilgi verir.

EDS, her elementin X-ışını spektrumunda benzersiz tepe kümelerine izin veren kendine özgü bir atomik yapı içerdiği {elementsel | temel} ilkesine dayanır.

Bir elektron ışınının bir örnek hedefle etkileşimi, x ışınları dahil olmak üzere çeşitli emisyonlar üretir. Farklı elementlerin karakteristik özelliklerini bir enerji spektrumuna ayırmak için bir enerji dağıtıcı (EDS) detektörü kullanılır ve spesifik elementlerin miktarını belirlemek amacıyla ve enerji spektrumunu analiz etmek için EDS sistemi yazılımı kullanılır. EDS, malzemelerin kimyasal bileşimini birkaç mikron spot büyüklüğüne kadar bulmak ve çok daha geniş bir tarama alanı üzerinde element bileşimi haritaları oluşturmak için kullanılabilir. SEM ile birlikte, mikro yapının kimyasal bileşiminin incelenmesi için ek olarak EDS analizleri yapıldı. Mikroyapı içerisinde şekillenen fazların belirlenmesi için X-ışını analizi yapılmıştır. X-ışını analizleri, bir Bruker D8 Advance marka cihaz kullanılarak yapıldı. Şekil 6.3. Mikro görüntüleme ve faz analizinde kullanılan cihazları göstermektedir.



Şekil 6.4. Görüntüleme ve Faz Analizi Tespiti İçin Kullanılan Cihazlar.

### 6.4.2. Sertlik Testi

Sertlik testi, mühendislik tasarımında, yapıların analizinde ve malzeme geliştirmede kullanılan mekanik bir testtir. Sertlik, bir malzemenin girinti, aşınma, çizilme gibi kalıcı deformasyona direnci olarak tanımlanır. Prensip olarak, sertlik testinin önemi, sertlik ve malzemenin diğer özellikleri arasındaki ilişkiyle ilgilidir. Sıcak pres ile elde edilen örneklerde sertliğini tespit etmek için, numunelerin sertliği (62) kg'lık bir yük ve bir (2.5) mm çaplı bir top ile Brinell sertlik test cihazı ile ölçülmüştür Şekil 6.4. Sertliğin tamamen belirlenmesi için, numunelerin orta, uç, orta ve arka bölgelerinden sertlik değerleri ölçülmüş ve her bir numuneden toplam 3 sertlik değeri alınmıştır. Daha sonra, en yüksek ve en düşük olanları çıkararak, kalan değerlerin ortalaması alınarak numunenin ortalama sertlik değerleri belirlenmiştir.



Şekil 6.5. Sertlik Test Cihazı

### 6.4.3. Yoğunluk Ölçümleri

Alüminyum matris kompozitin yoğunlukları, QUANTACHROME marka ve ULTRAPYC Model 1200E helyum piknometresi kullanılarak ölçüldü. Elde edilen sonuçların doğruluğunun en iyi olması için taşan akışkan en küçük olanlar hariç tüm gözeneklere girebilecek inert bir gaz olmalıdır. Bu nedenle, küçük atomik boyutları ile boşluklar ve gözenekler noktasına gelecek olan helyum gazı ideal bir gaz olarak davranışları da tercih sebebidir. Bu elde edilen değerlerden sonra aşağıdaki formüllere,



göre numunelerin bağıl yoğunlukları sinterleme sonucu elde edilen kompozitlerin hangi oranda sinterlenebildiğini anlamak için bağıl yoğunluklar hesaplanmıştır.

$$\rho_{AC} = \frac{W_o}{V_p - \frac{W_t - (W_p + W_o)}{d_s}} \quad (6.1)$$

Aktif karbon hacmi:

$$V_{AC} = V_p - \frac{W_t - (W_p + W_o)}{d_s} \quad (6.2)$$

Piknometrenin ağırlığı:  $W_p$

Aktif karbon ağırlığı:  $W_o$

(Piknometre + Aktif karbon + Sıvı):  $W_t$

Saf sıvının yoğunluğu:  $d_s$

Piknometrenin hacmi:  $V_p$

AK-Al kompozitlerinin teorik yoğunlukları karışım kuralı kullanılarak hesaplandı:

$$\rho_t = \rho_{AL} \times \frac{W}{W}\% + \rho_{AC} \times \frac{W}{W}\% \quad (6.3)$$

$$\rho_b = \frac{\rho_{AC}}{\rho_t} \times 100 \quad (6.4)$$

$\rho_{AC}$  = Deneysel olarak hesaplanmış yoğunluk (gr/cm<sup>3</sup>)

$\rho_b$  = Bağıl yoğunluk (%)

$\rho_t$  = Toz karışım oranına dayalı teorik yoğunluk (gr/cm<sup>3</sup>).

## 7. TARTIŞMA

### 7.1. Aktif Karbonların Karakterizasyonu

Yer fıstığı kabuğu  $\text{HNO}_3$  ön aktivasyon ajanı olarak kullanılmasıyla kimyasal aktivasyon yöntemi ile  $800^\circ\text{C}$ 'de piroliz edilerek sentezlenen aktif karbonların karakterizasyonu, BET yüzey alanı tayin cihazı ve SEM-EDX cihazı kullanılarak karakterize edilmiştir.

#### 7.1.1. BET Yüzey Alanı Ölçümleri

Alüminyum matriksli kompozit malzeme üretiminde kullanılan bitkisel kökenli aktif karbonların yüzey alanı, oluşan kompozit materyalin karakterizasyonunda önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle çalışmada yer fıstığı kabuğundan sentezlenen aktif karbonların yüzey alanlarını optimize etmek için yüzey alanını BET ve mikro yapı cihazı kullanılarak belirlendi. Aşağıda bitkisel materyal için kimyasal aktivasyon yöntemi ile sentezlenmiş aktif karbon örneklerinin BET yüzey alanı sonuçlar tartışılmıştır.

##### 7.1.1.1. Yer Fıstığı Kabuğu

###### 7.1.1.1.1. $\text{HNO}_3$ İle Aktifleştirilmiş Yer Fıstığı Kabuğu

5 M'luk  $\text{HNO}_3$  kullanılarak yer fıstığı kabuğunun inert ortamda  $800^\circ\text{C}$ 'de piroliz edilmesiyle sentezlenen aktif karbonun BET yüzey alanı ve diğer özellikleri Tablo 7.1. de verilmiştir. Şekil incelendiğinde ham yer fıstığı kabuğunun yüzey alanı  $0,83 \text{ m}^2/\text{g}$  ve 5 M'luk  $\text{HNO}_3$  ile  $800^\circ\text{C}$ 'de piroliz edilmiş yer fıstığı kabuğunun Langmiur metoduna göre hesaplanan yüzey alanı ise ( $82,9 \text{ m}^2/\text{g}$ ) bulunmuştur.

Tablo 7.1. Aktif Karbon BET Yüzey Alanı ve Diğer Özellikleri.

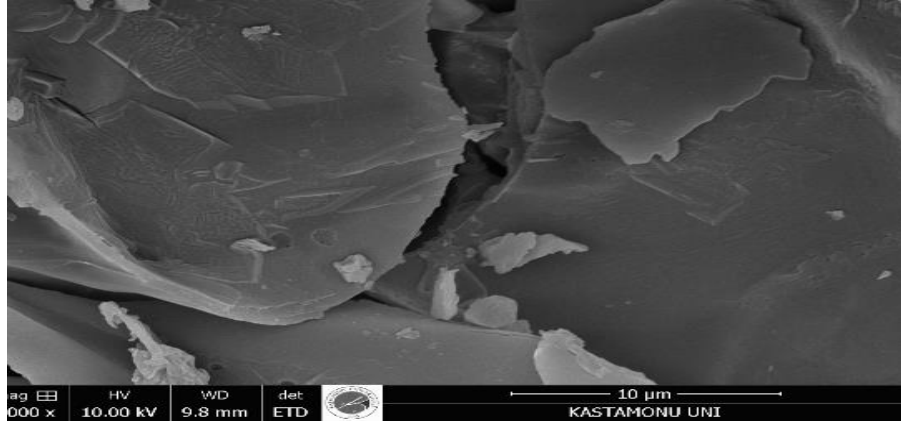
Örnek	BET Yüzey alanı (m <sup>2</sup> /g)	Ağırlıkça % C	Ağırlıkça % O	Ağırlıkça % Al
Ham yer fıstığı	0,83	29,9	22,5	0
Aktif karbon (5M HNO <sub>3</sub> ve 800°C Piroliz)	82,9	55,07	10,67	0
Al+ %2 A K		2	0	98,00
Al+ %4 A K		4	0	96,00
Al+ %6 A K		6	0	94,00

## 7.2. Mikroyapı Sonuçları

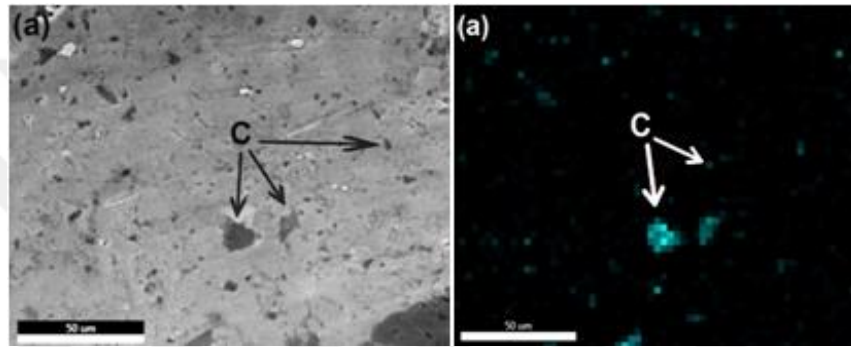
### 7.2.1. Aktif Karbon ve Alüminyum Kompozitlerin SEM ve EDS Görüntüleri

Isı muamelesinden sonra kompozitlerde elementlerin uzamsal dağılımı Al için Şekil 7.1'de ve Şekil 7.4 'da gösterildiği gibi, enerji dağıtıcı spektroskopisi (SEM-EDS) haritalaması ile taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Kütlece %2 AK örneği içeren Al matrisi boyunca iyi gömülü ve homojen bir şekilde görünmektedir. Toz metalurjisi yöntemi ile üretilen örneklerde olduğu gibi, bu örneklerde gözenek oluşumu meydana gelmiştir. Aktif Karbon taneleri alüminyum içerisine gömülmezler, aksine alüminyum taneleri temas noktalarına yerleştirilirler. Ayrıca aktif karbon atomlarının pratik boyutunun eşit olmadığı da gözlenmiştir.

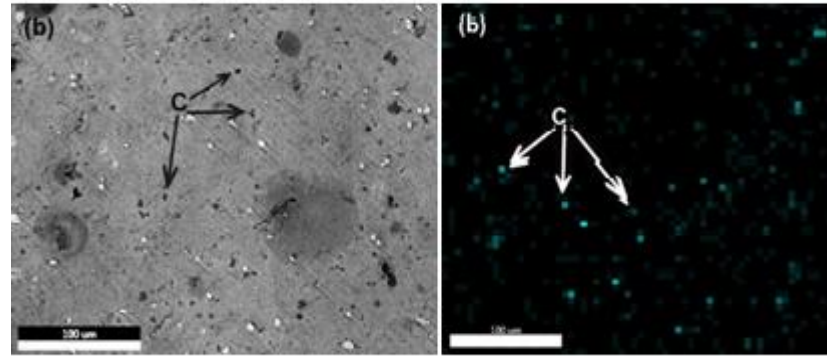
Alüminyumun matris olarak kullanılarak bitkisel ham maddeden elde edilen aktif karbon ilaveli kompozit malzemelerin üretiminde kullanılan örneklerin SEM görüntülerine göre, Al matrisine ilave edilen kütlece %2,4 ve 6 örneklerinin, matris içinde homojen olarak dağılım gösterdiği, hem SEM hem de Mapping görüntülerinde açıkça görülmektedir. Herhangi bir aglomerasyon görülmemektedir. Ayrıca ilave edilen aktif karbon örneklerinin dağılımının homojen olması elde edilen kompozit malzemenin dayanımının arttırdığı söylenebilir.



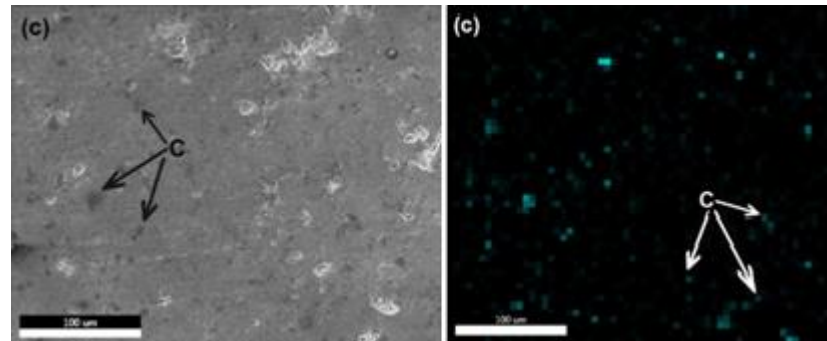
Şekil 7.1. Ham Yer Fıstık Kabuğu ve Al Tozlarının SEM Görüntüsü.



Şekil 7.2. Numunelerin SEM Fotoğrafları: Aktif karbon – HNO<sub>3</sub> (Al + %2 AK)

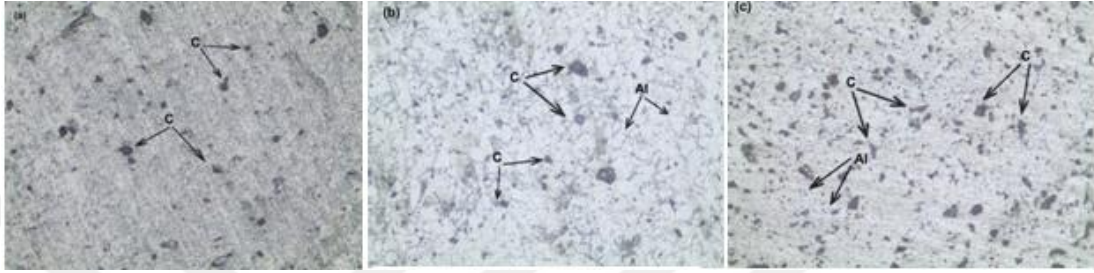


Şekil 7.3. Numunelerin SEM Fotoğrafları: Aktif karbon - HNO<sub>3</sub> (Al + %4 AK)



Şekil 7.4. Numunelerin SEM Fotoğrafları: Aktif karbon - HNO<sub>3</sub> (Al +% 6 AK)

Şekil 7.5.ve Şekil 7.6.'de Al/C kompozit materyaline ait optik fotoğrafları görülmektedir. Saf alüminyum örneğinin optik görüntüsü ile Ağırlıkça %2, %4 ve %6 olarak ilave edilen aktif karbonların optik görüntüleri kıyaslandığında, ilave edilen aktif karbonların Al içerisinde homojen olarak dağıldığı, ve herhangi bir aglomerasyona uğramadığı, aynı zamanda kompozit içerisinde Al/C arasında bir arayüzey tabakası oluştuğu yine optik görüntülerinde gözlenmektedir.



Şekil 7.5.Numunelerin Optik Fotoğraflarını Gösterir: Aktif Karbon (Al +% 2 AK, Al +% 4 AK, Al +% 6 AK)

Kompozit malzemedeki matris içerisinde ilave edilen karbon örneklerinin homojen dağılımı malzemelerin mekanik özelliklerine olumlu katkı sağlamaktadır. İlave edilen malzemenin heterojen dağılımı ise kompozit malzemenin sertliğine olumsuz etki etmektedir. İlave edilen aktif karbonlar matris tarafından sıkı bir şekilde tutulduğu optik görüntülerinde görülmektedir.

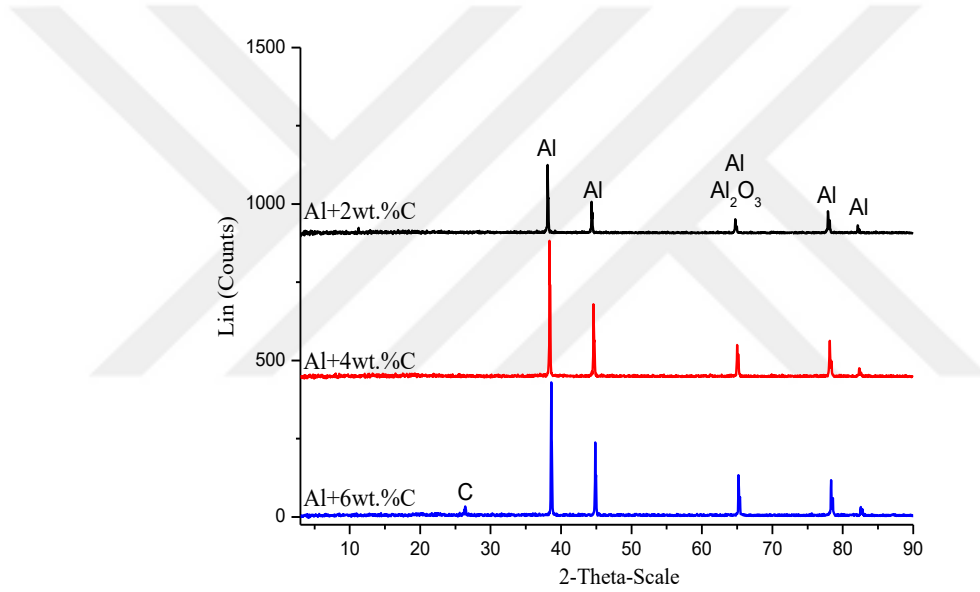
### 7.3. XRD Sonuçları

Tüm EDX analizlerinde üretilen alüminyum, alüminyum oksit ve aktif karbon metal matriks kompozitinin X-Işını Kırınımı (XRD) gösterilmektedir Şekil 7.6.'de alüminyum ve alüminyum okside karşılık gelen piklerin ön materyallerde mevcut olduğu, aktif karbon piklerinin ise ağırlıkça %2, %4 ve %6'ya karşılık gelen pikler ile olduğu gözlenmiştir. Aktif karbon oranının, malzemelerdeki aktif karbon miktarının artmasıyla daha yüksek olduğunu bulunmuştur. Bu durum, Tablo 7.2.'deki görüldüğü gibi, hazırlanan örneğin iyi bir karışım olduğunu gösterir

Tüm şekillerden EDS spektrumu, üretilmiş kompozitte hem Al alaşımının hem de aktif karbonun varlığını gösterir. Şekil 7.5. dışında, mikro grafik aynı zamanda karışımdaki alüminyum ve aktif karbon parçacıklarının topaklaşmadığını da göstermektedir.

Bundan, malzemelerin transferi ve mekanik karışımının iki yüzey arasında gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

Şekil 7.6.'de kompozit malzemelerin XRD grafikleri verilmiştir. Grafikler incelendiğinde Al içerisine ilave edilen aktif karbon miktarı artışına paralel olarak pik şiddetinde de artış izlenmiştir. %6 içeren aktif karbon örneklerde küçükte olsa karbon pikleri görülmektedir. Yine grafik incelendiğinde, örneklerde görülen  $Al_2O_3$  pikinin kaynağı örneklerin hazırlanması aşamasında yüzeyin az da olsa oksitlendiği düşünülmektedir. Bu sonuç EDX verileri de desteklemektedir.



Şekil 7.6. Al / Aktif Karbon Kompozitlerinin XRD Grafiği

#### 7.4. Yoğunluk Sonuçları

Al matrisli aktif karbon ilaveli kompozitlerin deneysel ve bağıl yoğunlukları Tablo 7.2.'de verilmiştir. Deneysel yoğunluklar  $2.28-2.44 \text{ gr/cm}^3$  arasında değişmiş olup teorik yoğunluklar ise ,  $2.54-2.70 \text{ gr/cm}^3$  arasında değişim göstermektedir. Saf alüminyuma ilave edilen aktif karbon miktarı arttıkça teorik yoğunluklar deneysel yoğunluklara kıyasla azalmaktadır. Yoğunluktaki bu azalma  $550^\circ\text{C}$ 'de sinterleme esnasında Al matriksinde gözeneklerin oluşması ve bu gözeneklere hava adsorblanmasından dolayı yoğunluk düşmektedir (Turan, 2019). Bağıl yoğunluklar ise %88.80-95.69 arasında değiştiği gözlenmiştir. Mühendisliğin bir çok uygulama

alanında dayanım/yoğunluk oranının yüksek olması tercih edilmektedir (Member ve Member, 2017) .

Tablo 7.2. Al/Aktif Karbon Kompozitlerin Deneysel ve Bağıl Yoğunlukları

Numuneler	Deneysel yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Teorik yoğunluk(gr/cm <sup>3</sup> )	Bağıl yoğunluk (%)
%2	2,44	2,65	92.21
%4	2,30	2,59	88.80
%6	2.28	2,54	89.69
Saf Al	2.43	2,70	90.00

## 7.5. Sertlik Sonuçları

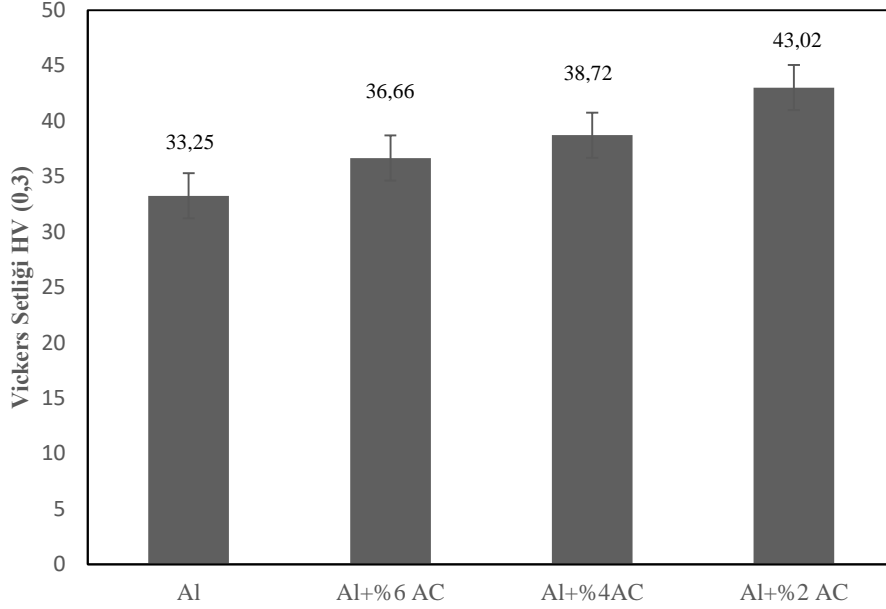
### 7.5.1. Vickers Sertliği

Vickers Sertlik testi, kütlece %2'den %6'ya kadar olan aktif karbonların alüminyum alaşım matrisi üzerindeki etkisini izlemek için yapılmıştır. Al matrisli kompozitlerin sertlik değerlerindeki değişimi Şekil 7.5.'de gösterilmektedir. Saf Alüminyum'un daha az sertliğe sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ağırlıkça %2 oranında aktif karbon ilavesiyle birlikte kompozitlerin sertlik en yüksek değere ulaşmıştır. Kompozit malzemelerin yüksek sertliği, dislokasyon hareketinde bir engel teşkil eden katkı malzemelerin sert parçacıklarının varlığıyla ilişkilendirilmektedir (Member ve Member, 2017).

Hazırlanan örnekler ilave ettiğimiz aktif karbonlar alüminyumdan daha sert olduklarından dolayı kütlece artan aktif karbon miktarı yapının sertliğinde düşüşe sebep olmaktadır. Sertlik artışı karışım kuralı ile açıklanmaktadır. Bağıl yoğunluğu yüksek olan malzemeler için karışım kuralı;

$$H_k = H_m f_m + H_t f_t \quad (7.1)$$

Formülü ile verilmektedir.  $H_c$ , kompozitin sertliği,  $H_m$ , matrisin sertliği,  $H_t$ , takviye elemanının sertliği,  $f_m$  ve  $f_t$  ise sırasıyla matris ve takviye elemanının hacimsel oranıdır.



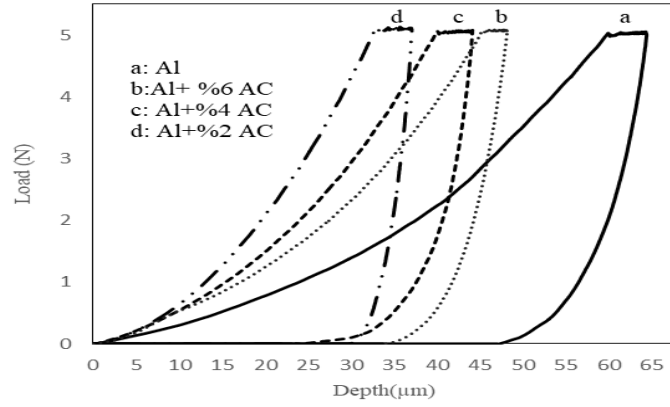
Şekil 7.7 Saf Al ve Al'a Farklı Aktif Karbon Miktarları Eklenererek Elde Edilen Sertlik Değerleri

### 7.5.2. Dinamik Mikro Sertlik Testi Sonuçları

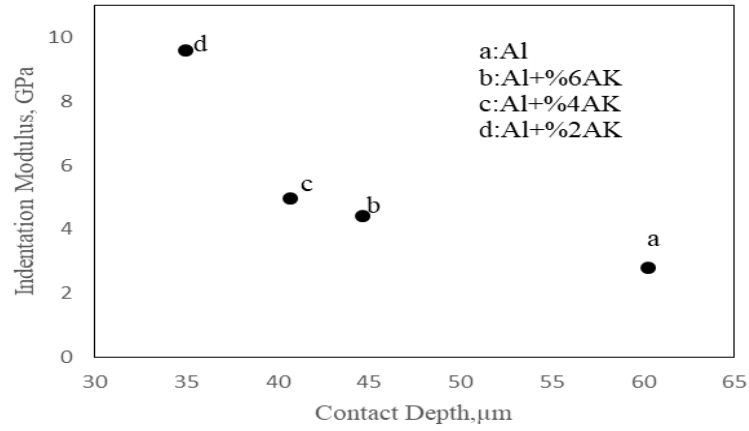
Kompozitin sertliği düşük en boy oranına sahip partikül takviyelerinin güçlendirilmesine bağlıdır. Sertlik testi için ASTM E10 standardı kullanılır. Brinell sertlik testi metalin sertliğini bulmak için uyarlanmıştır. 5 N yükte 10 mm çapında bilyeli tip intender uygulanır. Şekil 7.9., aktif karbonun ağırlık yüzdesinde bir artış ile sertlik değişimini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi en düşük sertlik saf Alüminyumdan elde edilmiş ve bununla birlikte, ilave edilen aktif karbonun miktarı %2'ye yükseltildiğinde, mikro sertlik değeri en yüksek değere ulaşmıştır. Saf alüminyum ile karşılaştırdığımızda sertlik değerindeki artış yaklaşık üç katına çıkmıştır. Bu durum Vickers sertlik testinden elde edilen sonuçlar ile de uyumaktadır. Daha sonra ilave edilen aktif karbon miktarı ile sertlikte düşüş meydana gelmiştir. Bu durum ilave edilen aktif karbon miktarındaki artışın alüminyum ile olan zayıf Van Der Waals etkileşimi sonucunda matriksin yapısını zayıflatıp sertliğin düşmesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla Alüminyum matriksine Aktif karbon takviyesinde en iyi oran %2 Aktif karbon takviyesiyle elde edilmiştir.



Şekil 7.9.'de görüldüğü gibi dinamik sertlik testinden elde edilen elastik modülü değerleri ilave edilen aktif karbon miktarı ile dinamik sertlik değerlerinde olduğu gibi azalmış, en yüksek elastik modülü değerli %2 aktif karbon takviyeli örnekte elde edilmiştir.



Şekil 7.8. Saf Al ve Al'a Değişik Oranlarda İlave Edilen Aktif Karbonların Yükleme Boşaltma/ Derinlik Grafiği



Şekil 7.9. Dinamik Sertlik Testinden Elde Edilen Elastik Modül Değerleri

## 8. SONUÇLAR

Tez çalışmasında, kimyasal akitvasyon yöntemi ile yer fıstığı kabuğundan aktif karbon elde edilmiş, elde edilen aktif karbon karakterize edilmiş ve Al matrisine aktif karbonlar ilave edilerek kompozit malzeme üretilerek kompozitin mikroyapı, sertlik, yoğunluk özellikleri deneysel olarak araştırılmıştır.

Yer fıstığı kabuğundan elde edilen aktif karbonların yüzey alanlarında ciddi bir artış gerçekleştirilmiştir.

- Mikroskopik incelemelere göre Al-AK matrisinde ilave ettiğimiz aktif karbonlar homojen olarak dağılmıştır. Elde edilen kompozitlerin olarak mikroyapıları hemen hemen birbirine benzemektedir.
- XRD sonuçlarına Alüminyum fazı ağırlıklı olarak elde edilmiş ve çok az oranda  $Al_2O_3$  oluşmuştur bunun sebebi ise yüzeyin az da olsa oksitlenmeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu fazın da kompozitin üretilmesi esnasında oluştuğu bulunmuştur.
- Elde edilen kompozitlerin deneysel yoğunlukları  $2.28-2.44 \text{ gr/cm}^3$  arasında, bağıl yoğunluklar ise %88,80-92,21 arasında değişmektedir. Kompozitlerin bağıl yoğunlukları birbirlerine oldukça yakın elde edilmiştir. Dolayısıyla sinterleme işleminin bu üretim için uygun olduğu düşünülmektedir.
- Elde edilen kompozitin saf alüminyuma göre sertliği %2 ilaveli aktif karbon ile oldukça artış göstermiştir. Yaptığımız deneyler sonucunda aktif karbonun kütlece yüzdesi arttırıldığında sertlik değerinde düşüş meydana gelmiştir.
- %2 Aktif karbon eklendiğinde elde edilen kompozitin sertliği saf alüminyum'a kıyasla önemli ölçüde artmıştır. Sonuç olarak, aktif karbon kütle yüzdesi arttığında, sertlik değerinin azaldığını gözlemlendi. Aktif karbon miktarı arttırıldığında sertlik azaldı. Bu, aktif karbon miktarını artırmasından zayıf Van Der Waals'ın alüminyum'a olan etkileşimi nedeniyle matris yapısını

zayıfladır, bu da sertliği azaltır; bu nedenle, aktif karbon takviyesinin alüminyum matrikse en iyi oranı %2 aktif karbon takviyesinde elde edildi.



## 9. ÖNERİLER

Çalışma sonuçlarına göre şu öneriler yapılabilir:

- Aktif karbonlar diğer kimyasal ve fiziksel yöntemler kullanılarak farklı kaynaklardan aktif karbonlar elde edilip, farklı metaller ile kompozitler elde edilebilir.
- Örneklere daha yüksek sıcaklıklarda ısıtım işlemi uygulanarak sertliği ve diğer mekanik özellikleri artırılabilir.
- Örneklere diğer mekanik testler(aşınma ve korozyon) yapılarak, dirençleri araştırılabilir.

## KAYNAKLAR

- Ahmed, A., & Sturges, J. (2015). *Materials Science In Construction: An Introduction*. London: Routledge, <https://doi.org/10.4324/9780080958507>Member, J., & Member, J
- Angelo, L., & Benard, R. (2007). Preparation and .Charactresisation of Activated Carbon From Locally Available Materials, VIZ. Coconut Shells.
- Askeland, D. R. (1994). *The Science and Engineering of Materials. European Journal of Engineering Education*. <https://doi.org/10.1080/03043799408928327>
- ASM International. (1998). Volume 7: Powder Metal Technologies and Applications. In *ASM Handbooks*.
- Aybarc, U., Dispinar, D., & Seydibeyoglu, M. O. (2018). Aluminum metal matrix composites with SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and graphene–review. *Archives of Foundry Engineering, 18*
- Babel, S., & Kurniawan, T. A. (2004). Cr(VI) removal from synthetic wastewater using coconut shell charcoal and commercial activated carbon modified with oxidizing agents and/or chitosan. *Chemosphere, 54*(7), 951–967. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2003.10.001>
- Balasubramani, U., Venkatesh, R., Subramaniam, S., Gopalakrishnan, G., & Sundararajan, V. (2017). Alumina/activated carbon nano-composites: Synthesis and application in sulphide ion removal from water. *Journal of Hazardous Materials, 340*(July), 241–252. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.07.006>
- Bansal, R., C., & Goyal, M. (2005). Activated carbon adsorption. In *Activated Carbon Adsorption*.
- Baradeswaran, A., & Perumal, A. E. (2014). Wear and mechanical characteristics of Al 7075/graphite composites. *Composites Part B: Engineering, 56*(August), 472–476. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.08.073>
- Boehlert, C., Niinomi, M., & Ikeda, M. (2005). *Materials Science and Engineering C: Introduction. Materials Science and Engineering C*. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2004.12.008>
- Callister, W. D. J., & Rethwisch, D. G. (2007). *Materials Science and Engineering: An Introduction Seventh Edition*. In Wiley. [https://doi.org/10.1016/0025-5416\(87\)90343-0](https://doi.org/10.1016/0025-5416(87)90343-0)
- Cerminara, P. J., Sorial, G. A., Papadimas, S. P., Suidan, M. T., Moteleb, M. A., & Speth, T. F. (1995). Effect of influent oxygen concentration on the GAC

adsorption of VOCs in the presence of BOM. *Water Research*.  
[https://doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)00185-A](https://doi.org/10.1016/0043-1354(94)00185-A)

Chawla, N., & Chawla, K. K. (2013). Metal matrix composites. In *Metal Matrix Composites*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9548-2>

Christy, T. V., Murugan, N., & Kumar, S. (2010). A Comparative Study on the Microstructures and Mechanical Properties of Al 6061 Alloy and the MMC Al 6061/TiB<sub>2</sub>. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 09(01), 57–65.  
<https://doi.org/10.4236/jmmce.2010.91005>

Cook, D., Newcombe, G., & Sztajn bok, P. (2001). The application of powdered activated carbon for MIB and geosmin removal: Predicting PAC doses in four raw waters. *Water Research*. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00363-8](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00363-8)

Crompton, T. R. (2012). Chapter 1: Mechanical Properties of Polymers. *Physical Testing of Plastics*, 1–148.

Dev Anand, M., Janardhanan, K. A., Gopu, P., & Rohit, I. J. (2016). Processing and characterization of aluminium based activated carbon composite made by enhanced stir die casting method. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 9(1), 356–359.

Diju Samuel, G., Edwin Raja Dhas, J., Ramanan, G., & Ramachandran, M. (2017). Production and microstructure characterization of AA6061 matrix activated carbon particulate reinforced composite by friction stir casting method. *Rasayan Journal of Chemistry*. <https://doi.org/10.7324/RJC.2017.1031748>

Dubey, V. (n.d.).(2015) Aluminium Metal Matrix Composite Machining using Die Sinking EDM A Review. *Metal Matrix Composite (AlMMC)*.

Froes, F. H. S. (1990). Powder metallurgy. *Advanced Materials and Processes*.

Gan, Y. X., Dong, J., & Gan, J. B. (2017). Carbon network/aluminum composite made by powder metallurgy and its corrosion behavior in seawater. *Materials Chemistry and Physics*, 202, 190–196.  
<https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2017.09.033>

Huang, Y., Ouyang, Q., Zhang, D., Zhu, J., Li, R., & Yu, H. (2014). Carbon materials reinforced aluminum composites: A review. *Acta Metallurgica Sinica (English Letters)*, 27(5), 775–786. <https://doi.org/10.1007/s40195-014-0160-1>

James, W. B. (2015). Powder metallurgy methods and applications. *ASM Handbook*, 7, 9-19.

Kaufman, J. G. (2000). Introduction to Aluminium Alloys and Tempers. In *ASM International*.

Lynch, C. T., & Kershaw, J. P. (2018). Metal matrix composites. In *Metal Matrix*

*Composites*. <https://doi.org/10.1201/9781351074445>

- Marsh, H., & Rodríguez-Reinoso, F. (2006). Activated Carbon (Origins). In *Activated Carbon*. <https://doi.org/10.1016/b978-008044463-5/50016-9>
- Member, J., & Member, J. (2017). *Institute Of Sciences Mechanical And Microstructure Properties Of Aluminium Matrix Hybrid Composite Materials*.
- Mittal, P. (2018). Wear Behaviour of Aluminium 7075 based Composites Reinforced with SiC, Red Mud and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2018.4469>
- Monteiro, S. N., Lopes, F. P. D., Ferreira, A. S., & Nascimento, D. C. O. (2009). Natural-fiber polymer-matrix composites: Cheaper, tougher, and environmentally friendly. *JOM*. <https://doi.org/10.1007/s11837-009-0004-z>
- Noijuntira, I., & Kittisupakorn, P. (2010). Life Cycle Assessment for the Activated Carbon Production by Coconut Shells and Palm-Oil Shells. *The 2nd RMUTP International Conference 2010*.
- Of, S., & Parts, P. (2019). *www . A model explaining the sintering process temperature*. 2–5.
- Okada, A. (2003). Ceramic-Matrix Composites. In *Handbook of Advanced Ceramics: Materials, Applications, Processing and Properties*. <https://doi.org/10.1016/B978-012654640-8/50042-0>
- Packham, D. E. (Ed.). (2006). *Handbook of adhesion*. John Wiley & Sons.
- Prasad, S. V., & Asthana, R. (2004). Aluminum metal-matrix composites for automotive applications: Tribological considerations. *Tribology Letters*. <https://doi.org/10.1023/B:TRIL.0000044492.91991.f3>
- Reinhart, T. J. (1990). Polymer-matrix composites. *Advanced Materials and Processes*.
- Rho, J. Y., Kuhn-Spearing, L., & Zioupos, P. (1998). Mechanical properties and the hierarchical structure of bone. *Medical Engineering and Physics*. [https://doi.org/10.1016/S1350-4533\(98\)00007-1](https://doi.org/10.1016/S1350-4533(98)00007-1)
- Saroya, A. S., & Meena, V. (2011). Study Of Mechanical Properties Of Hybrid Natural Fiber Composite Bachelor Of Technology In Mechanical Engineering By Study Of Mechanical Properties Bachelor of Technology In Mechanical Engineering By Under the Guidance of Prof . S . K . Acharya. *Mechanical Engineering*, 1–39.
- Sayuti, M., Sulaiman, S., Baharudin, B. T. H. T., & Arifin, M. K. A. (2015). Metal Matrix Composite Products by Vibration Casting Method. *Reference Module*

*in Materials Science and Materials Engineering*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.04082-0>

- Schwartz, M. (2005). Powder Metallurgy (P/M). In *New Materials, Processes, and Methods Technology*. <https://doi.org/10.1201/9781420039344.ch6>
- Shorowordi, K. M., Laoui, T., Haseeb, A. S. M. A., Celis, J. P., & Froyen, L. (2003). Microstructure and interface characteristics of B<sub>4</sub>C, SiC and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> reinforced Al matrix composites: A comparative study. *Journal of Materials Processing Technology*, 142(3), 738–743. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(03\)00815-X](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(03)00815-X)
- Soboyejo, W. (2002). Fatigue of Materials. In *Mechanical Properties of Engineered Materials*. <https://doi.org/10.1201/9780203910399.ch14>
- Stanisława Staszica, I. (2015). *MASTER THESIS Research and development of advanced aluminium/graphite composites for thermal management applications AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA*. 1–99. Retrieved from <https://cds.cern.ch/record/1995245/files/CERN-THESIS-2015-014rev.pdf>
- Sundaresan, R., & Froes, F. H. (1987). Mechanical Alloying. *JOM*. <https://doi.org/10.1007/BF03258604>
- Surappa, M. K. (2003). Aluminium matrix composites: Challenges and opportunities. *Sadhana - Academy Proceedings in Engineering Sciences*. <https://doi.org/10.1007/BF0271714>
- Suryanarayana, C. (2004). Mechanical alloying and milling. In *Mechanical Alloying and Milling*.
- Turan, M. E. (2019). Investigation Of Mechanical Properties Of Carbonaceous (MWCNT, GnpS And C60) Reinforced Hot-Extruded Aluminum Matrix composites. *Journal of Alloys and Compounds*, 788, 352–360. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.02.253>
- Upadhyaya, G. S. (2014). Powder Metallurgy Technology. *Cambridge International Science Publishing*. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>
- Wyszkowska, E. (2015) *Research and development of advanced aluminium/graphite composites for thermal management applications* (Doctoral dissertation, CERN)
- Zamri, Y., & Shamsul, J. B. (2011). Physical properties and wear behaviour of aluminium matrix composite reinforced with palm shell activated carbon (PSAC). *Metallic Materials*. [https://doi.org/10.4149/km\\_2011\\_4\\_287](https://doi.org/10.4149/km_2011_4_287)
- Zenner, D., Southern, J., Van Hest, R., De Vries, G., Stagg, H. R., Antoine, D., & Abubakar, I. (2013). Active TB case finding strategies in high-risk groups in low-incidence countries-A literature review. *European Respiratory Journal. Conference: European Respiratory Society Annual Congress*.



Brian James, (2015). "Powder Metallurgy Methods and Applications", Powder Metallurgy, P. Samal, J. Newkirk

URL-1. Digital innovation and the future of flight 15/12/2018 tarihinde [www.businessinsider.com](http://www.businessinsider.com) adresinden alınmıştır.

URL-2. [www.metalmatrixinnovation.com](http://www.metalmatrixinnovation.com), adresinden 15/12/2018 tarihinde alınmıştır.

URL-3. [www.powdercompactionprocess.com](http://www.powdercompactionprocess.com) adresinden 30/12/2018 tarihinde alınmıştır.



## ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı :Ayman Mohammed Salam EISAY

Doğum Yeri ve Yılı :Alzawiyah, 1985

Medeni Hali :Evli

Yabancı Dili :İngilizce

E-posta : aiman.salam85@gmail.com

### **Eğitim Durumu**

Lise :Alzahra Applied Sciences high school

Lisans :Univercity of Zawia, Mechanical Engineering Department

### **Mesleki Deneyim**

İş Yeri :Zawia University, Lecture Assistant