

**SICAK EKSTRÜZYON İLE ÜRETİLEN AA7075
ALÜMİNYUM MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN
AŞINMA VE KOROZYON DAYANIMINA ISIL
İŞLEMLERİN ETKİSİ**

**2015
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

Kübra TANATTI

**SICAK EKSTRÜZYON İLE ÜRETİLEN AA7075 ALÜMİNYUM MATRİSLİ
KOMPOZİTLERİN AŞINMA VE KOROZYON DAYANIMINA ISIL
İŞLEMLERİN ETKİSİ**

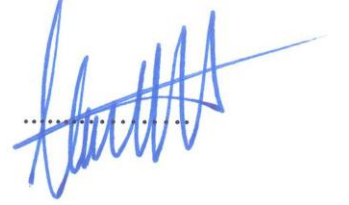
Kübra TANATTI

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2015**

Kübra TANATTI tarafından hazırlanan "SICAK EKSTRÜZYON İLE ÜRETİLEN AA7075 ALÜMİNYUM MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN AŞINMA VE KOROZYON DAYANIMINA ISIL İŞLEMLERİN ETKİSİ" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Ulaş MATİK
Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 16/06/2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan: Prof.Dr. Ramazan ÇITAK (GÜ)

Üye : Prof.Dr. İbrahim ÇİFTÇİ (KBÜ)

Üye : Yrd.Doç.Dr. Ulaş MATİK (KBÜ)



...../...../ 2015

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Mustafa BOZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Kübra TANATTI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SICAK EKSTRÜZYON İLE ÜRETİLEN AA7075 ALÜMİNYUM MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN AŞINMA VE KOROZYON DAYANIMINA ISIL İŞLEMLERİN ETKİSİ

Kübra TANATTI

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Ulaş MATİK

Haziran 2015, 77 sayfa

Bu çalışmada AA7075 matrisli kompozitlerin aşınma, sertlik ve korozyon özelliklerine SiC partikül boyutu, miktarı, T6 ısıl işleminin ve T73 ısıl işleminin etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, AA 7075 alüminyum alaşım tozlarına farklı boyut (8 μm 32 μm ve 82 μm) ve oranlarda (%10 ve %15) SiC partikül ilave edilerek elde edilen toz karışımları Ø34 x30 mm boyutlarında silindirik bloklar halinde preslenmiştir. Preslenen toz kompaktlar 480 °C'de, 8,5:1 oranında 12 mm çaplı çubuklar halinde ekstrüze edilmiştir. Ekstrüzyon işlemi sonrası aşınma testinin uygulanacağı boyutlarda kesilen numunelere T6 ve T73 ısıl işlemleri uygulandı. Isıl işlem sonrası kompozitlere SEM, XRD, mikro sertlik, korozyon, metalografik test ve analizleri uygulanarak yapıları karakterize edilmiştir. Aşınma dayanımlarını belirlemek amacıyla aynı şartlarda adhesif aşınma testine tabi tutulan numunelerin aşınma oranları ağırlık kaybı ölçülerek belirlenmiştir. Yapılan test ve analizler

neticesinde T6 ısıt işlemler uygulanan numuneler T73 ısıt işlemler uygulanan numunelere göre sertlik ve aşınma dirençlerinin yüksek, fakat korozyon dayanımlarının daha düşük olduğu tespit edildi.

Anahtar Sözcükler : Alüminyum matrisli kompozit, aşınma, SiC partikül, ekstrüzyon, korozyon.

Bilim Kodu : 916.3.029

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE EFFECTS OF HEAT TREATMENT ON WEARING AND CORROSION STRENGTH OF COMPOSITES WITH AA7075 MATRIX WHICH ARE PRODUCED BY HOT EXTRUSION

Kübra TANATTI

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Manufacturing Engineering

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Ulaş MATİK

June 2015, 77 pages

In this research, effect of SiC particle size, amount, T6 and T73 heat treatment on wear, hardness and corrosion for AA7075 matrix composites have been researched. For this purpose, various size (8 μm , 32 μm and 82 μm) and ratio (%10, %15) of SiC particle have been added into AA7075 aluminium alloy powders, then $\text{Ø}34 \times 30$ cylindrical blocks are produced by pressing. These pressed powder compacts are extruded at 480 °C, with 8,5:1 ratio as 12 mm dia round bars. Then, heat treatment is applied to sample pieces. After heat treatment, by performing SEM, XRD, microhardness, corrosion, metallographic test and analyses, build of composites are characterized. In order to identify the abrasion strength, wear test is performed to all samples under same conditions. Wear rates are determined by monitoring the weight loss of samples. As a result of these tests and analyses, it is determined that T6 heat

treated samples' hardness and wear strength were found higher, while corrosion strength were less than T73 heat treated samples.

Key Words : Aluminium matrix composites, corrosion, SiC particle, extrusion.

Science Code : 916.3.029

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Ulaş MATİK'e çalıőmalarımın her aőamasında benden yardımını esirgemeyen Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ'ye, Doç. Dr. Halil DEMİR'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Eğitimim boyunca desteğini esirgemeyen anneme, babama ve kardeőlerime teşekkür ederim. Ayrıca, yapılan bu çalışmanın her aőamasında sabır ve desteğiyle yanımda olan eőim Mehmet TANATTI'ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
KOMPOZİT MALZEMELER.....	4
2.1. KOMPOZİT MALZEMELERİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI	5
2.2. METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLER.....	7
2.3. ALÜMİNYUM.....	8
2.3.1. Alüminyum Ve Alüminyum Alaşımları	8
2.3.2. AA 7075 Alüminyum Alaşımı Özellikleri	9
2.4. METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN KULLANIM ALANLARI.....	11
2.5. METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ.....	12
2.6. TOZ METALÜRJİSİ.	13
2.6.1. Toz Metalürjisi Yönteminin Temel Basamakları.	14
2.6.1.1. Toz Hazırlama.....	14
2.6.1.2. Presleme.....	14
2.7. EKSTRÜZYON.	15
2.7.1. Direkt Ekstrüzyon.....	15
2.7.2. Endirekt Ekstrüzyon	16

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 3	17
ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI VE ISIL İŞLEMLER	17
3.1. YAŞLANDIRMA ISIL İŞLEMİ.....	18
3.1.1. Çözeltiyeye Alma İşlemi	18
3.1.2. Su Verme İşlemi	18
3.1.3. Yaşlandırma İşlemi.....	20
BÖLÜM 4	23
AŞINMA.....	23
4.1. AŞINMANIN TEMEL FAKTÖRLERİ.....	23
4.2. AŞINMA TÜRLERİ	25
4.2.1. Abrasif Aşınma	25
4.2.2. Difüzyon Aşınması	27
4.2.3. Oksidasyon Aşınması	27
4.2.4. Yorulma Ve Tabakalaşma Aşınması	28
4.2.5. Adhesif Aşınma	29
BÖLÜM 5	31
KOROZYON	31
5.1. KOROZYON TÜRLERİ.....	31
5.1.1. Fiziksel Korozyon.....	31
5.1.2. Kimyasal Korozyon	32
5.1.3. Elektrokimyasal Korozyonu	32
5.2. HOMOJEN DAĞILIMLI KOROZYON	33
5.3. BÖLGESEL KOROZYON	34
5.3.1. Galvanik Korozyon.....	34
5.3.2. Taneler Arası Korozyon	35
5.3.3. Aralık Korozyonu	35
5.3.4. Çukurcuk Korozyonu.....	36
5.3.5. Seçici Korozyon.....	36
5.3.6. Erozyon Korozyonu.....	37
5.3.7. Gerilmeli Korozyon	37

	<u>Sayfa</u>
5.4. KOROZYONUN ÖNEMİ.....	38
5.5. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	39
BÖLÜM 6	41
DENEYSEL ÇALIŞMA	41
6.1. DENEYSEL MALZEMELER	41
6.2. NUMUNELERİN HAZIRLANMASI	41
6.3. NUMUNELERE UYGULANAN KARAKTERİZASYON TEST VE ANALİZLERİ	44
6.3.1. XRF Analizi.....	44
6.3.2. Yoğunluk Testi	44
6.3.3. Metalografik Çalışma	45
6.3.4. Tarama Elektron Mikroskop Ve EDX Ananlizi	45
6.3.5. XRD analizi	46
6.4. MEKANİK TESTLER	46
6.4.1. Sertlik Testi.....	46
6.4.2. Aşınma Testi.....	47
6.4.3. EXCO Korozyon Testi	47
BÖLÜM 7	49
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	49
7.1. YOĞUNLUK TEST SONUÇLARI.....	49
7.2. AA 7075 ALAŞIM VE KOMPOZİT NUMUNELERİN MİKRO YAPISI .	50
7.3. AA 7075 ALAŞIM VE KOMPOZİT NUMUNELERİN ELEMENTAL ANALİZİ.....	54
7.4. AA 7075 ALAŞIM VE KOMPOZİT NUMUNELERİN XRD ANALİZİ....	57
7.5. AA 7075 ALAŞIM VE KOMPOZİT NUMUNELERİN SERTLİĞİ.....	58
7.6. AA 7075 ALAŞIM VE KOMPOZİT NUMUNELERİN AŞINMA DAYANIMI	60
7.7. AA 7075 ALAŞIM VE KOMPOZİT NUMUNELERİN KOROZYON DAYANIMI	64

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 8	69
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	69
8.1. SONUÇLAR	69
8.2. ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	77

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Kompozit malzemelerin malzeme sınıfları.....	5
Şekil 2.2. T/M yöntemiyle parça üretiminde akış şeması.....	13
Şekil 2.3. Alüminyum ekstrüzyon sisteminin şematik gösterimi.....	16
Şekil 3.1. Isıl işlem prosesi	17
Şekil 3.2. Çözeltiye alma işlemi.....	18
Şekil 3.3. Çözeltiye alma işlemi sonucunda tek faz halindeki katı çözelti	19
Şekil 3.4. Alaşımın kendiliğinden soğuması durumunda oluşan homojen oluşan çekirdeklenme	19
Şekil 3.5. Aşırı doymuş katı çözelti	20
Şekil 3.6. Yaşlanma işleminde ilk kademe değişimi.....	21
Şekil 3.7. Yaşlanma işleminde ikinci kademe değişimi.....	22
Şekil 3.8. Yaşlanma işleminde son kademe yapı değişim	22
Şekil 4.1. Tribolojik sistem şematik gösterimi	24
Şekil 4.2. Temel aşınma mekanizmaları	25
Şekil 4.3. Abrasif aşınmanın mekanizmaları	26
Şekil 4.4. Adhesif aşınmanın oluşması	30
Şekil 4.5. Adhesif aşınmanın türleri.....	30
Şekil 5.1. Galvanik hücre	32
Şekil 5.2. Homojen dağılımlı korozyon	34
Şekil 5.3. Galvanik korozyon.....	35
Şekil 5.4. Aralık korozyon	36
Şekil 5.5. Çukurcuk korozyon	36
Şekil 6.1. Turbula T2F marka 3 eksenli karıştırıcı	41
Şekil 6.2. Ekstrüzyon kalıp düzeneği.....	42
Şekil 6.3. Ekstrüzyon sonrası numunenin görünümü	42
Şekil 6.4. Protherm marka ısıtma işlem uygulanan fırın.....	43
Şekil 6.5. T6 ısıtma işlem basamakları	43
Şekil 6.6. T73 kademeli ısıtma işlemi.....	44

Sayfa

Şekil 6.7. Rigaku ZSXprimus XRF cihazı	44
Şekil 6.8. Nikon Eclipse MA 200 model optik mikroskop cihazı	45
Şekil 6.9. Carl Zeiss Ultra Plus Gemini Fesem tarama elektron mikroskop cihazı .	45
Şekil 6.10. Rigaku Ultra XRD cihazı.....	46
Şekil 6.11. Qness Q250 M marka sertlik ölçme cihazı	46
Şekil 6.12. Pin-on disk tipi standart deney cihazı	47
Şekil 6.13. Epoksiye gömülmüş korozyon test numunesi	48
Şekil 7.1. AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin yoğunluk ölçümü	49
Şekil 7.2. AA 7075 saf numunelerin SEM görüntüleri.....	50
Şekil 7.3. AA7075-SiC(8 µm)-T6 numunelerin SEM görüntüleri	51
Şekil 7.4. AA7075-SiC(32 µm)-T6 numunelerin SEM görüntüleri	51
Şekil 7.5. AA7075-SiC(82 µm)-T6 numunelerin SEM görüntüleri	52
Şekil 7.6. AA7075-SiC(8 µm)-T73 numunelerin SEM görüntüleri	52
Şekil 7.7. AA7075-SiC(32 µm)-T73 numunelerin SEM görüntüleri	53
Şekil 7.8. AA7075-SiC(82 µm)-T73 numunelerin SEM görüntüleri	53
Şekil 7.9. T6 ısıtıl işlemi uygulanmış saf AA7075 alaşımının noktasal EDX analizi	54
Şekil 7.10. T6 ısıtıl işlemi uygulanmış saf AA7075 alaşımının çizgisel EDX analizi	54
Şekil7.11. T6 ısıtıl işlemi uygulanmış AA7075-SiC kompozit numunelerin EDXanalizi	55
Şekil 7.12. T73 ısıtıl işlemi uygulanmış saf AA7075 alaşımının çizgisel EDX analizi	56
Şekil7.13. T73 ısıtıl işlemi uygulanmış AA7075-SiC kompozit numunelerin EDXanalizi	56
Şekil 7.14. AA7075 alaşım numunelerin XRD analizi	57
Şekil 7.15. AA7075-SiC(8µm) kompozit numunelerin XRD analizi.....	57
Şekil 7.16. AA7075-SiC(32µm) kompozit numunelerin XRD analizi.....	58
Şekil 7.17. AA7075-SiC(82µm) kompozit numunelerin XRD analizi.....	58
Şekil 7.18. T6 yaşlandırma işlemi uygulanmış AA7075 kompoziti sertlik değeri ...	59
Şekil 7.19. T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış AA7075 kompoziti sertlik değeri	59
Şekil 7.20. Partikül boyut, oran ve ısıtıl işleme bağlı ağırlık kaybı	60
Şekil 7.21. AA7075 alaşım numunelerin aşınma yüzey görüntüleri	61
Şekil 7.22. AA7075-SiC(8 µm)-T6 numunelerin SEM görüntüleri	61
Şekil 7.23. AA7075-SiC(32 µm)-T6 numunelerin SEM görüntüleri	61

Sayfa

Şekil 7.24. AA7075-SiC(82 µm)-T6 numunelerin SEM görüntüleri	62
Şekil 7.25. AA7075-SiC(8 µm)-T73 numunelerin SEM görüntüleri	62
Şekil 7.26. AA7075-SiC(32 µm)-T73 numunelerin SEM görüntüleri	62
Şekil 7.27. AA7075-SiC(82 µm)-T73 numunelerin SEM görüntüleri	63
Şekil 7.28. AA7075-T6/T73 alaşım ve kompozit numunelerin sürtünme değeri	63
Şekil 7.29. AA7075-T6 alaşım ve kompozitlerin zamana bağlı korozyon kaybı	65
Şekil 7.30. AA7075-T73 alaşım ve kompozitlerin zamana bağlı korozyon kaybı ...	65
Şekil 7.31. AA7075-T6/T73 alaşım ve kompozitlerin 16 saatlik korozyon testi sonrası ağırlıkça korozyon kayıp miktarları	65
Şekil 7.32. AA7075-T6/T73 alaşım numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görünümleri	66
Şekil 7.33. AA7075-SiC(8 µm)-T6 kompozit numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görünümleri	67
Şekil 7.34. AA7075-SiC(8 µm)-T73 kompozit numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görünümleri	67
Şekil 7.35. AA7075-SiC(32 µm)-T6 kompozit numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görünümleri	67
Şekil 7.36. AA7075-SiC(32 µm)-T73 kompozit numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görünümleri	68
Şekil 7.37. AA7075-SiC(82 µm)- T6 kompozit numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görünümleri	68
Şekil 7.38. AA7075-SiC(82 µm)-T73 kompozit numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görünümleri	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Saf alüminyumun önemli fiziksel özellikleri.....	9
Çizelge 2.2. AA 7075 alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi	10
Çizelge 2.3. AA 7075 alüminyum alaşımının mekanik özellikleri.....	10
Çizelge 5.1. Korozyon türleri.....	33
Çizelge 5.2. Bölgesel korozyonun sınıflandırılması	34
Çizelge 6.1. AA 7075 alüminyum alaşımı kimyasal kompozisyonu	41
Çizelge 6.2. EXCO korozyon test çözeltisi.....	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- μm : Mikron Metre
 $^{\circ}\text{C}$: Santigrat Derece
N : Newton
KPa : Kilo Pascal
MPa : Mega Pascal

KISALTMALAR

- MMK : Metal Matrisli Kompozit
SiC : Silisyum Karbür
Mg : Magnezyum
Cu : Bakır
Zn : Çinko
Al : Alüminyum
SEM : Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)
XRD : X-ray Difraktometresi
XRF : X-ray Floraence
EDX : Elemental Analiz

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Teknoloji alanındaki hızlı gelişmeler, geleneksel malzemelere oranla daha üstün özelliklere sahip yeni malzemelerin kullanımını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle sürekli olarak gelişen bu teknolojik faaliyetler, beraberinde endüstriyel sanayinin temel maddesi olan malzemelerde de ilerlemeyi gerekli kılmıştır. Bu sebeple malzeme bilimciler; doğal ve alaşım maddelerinden daha üstün özelliklere sahip yeni malzemeleri araştırmaya yönelmişlerdir. Bu sayede diğer malzemelerden farklı olarak, üstün niteliklere sahip “Kompozit Malzemeler” adı altında yeni malzemeler üretilmiştir. Geleneksel malzemelere göre birçok üstünlüğü bulunan kompozit malzemelerin en belirgin özelliği, hafif ve yüksek dayanıma sahip olmasıdır [1,2].

Mühendislik malzemelerinin yeni bir sınıfını oluşturan Metal Matrisli Kompozit (MMK) malzemelerde, malzemenin özelliklerini iyileştirmek için metal matris içerisine güçlü kılcal kristaller (whiskerler), kısa veya uzun fiberler ve parçacık halinde seramik takviye elemanları ilave edilmektedir. Bu takviye elemanlarının metal matris alaşımlarına ilave edilmesiyle, üstün özelliklere sahip kompozit malzemelerin üretilmesi ile ilgili oldukça yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Günümüzde metal matrisli kompozitler, geliştirilen kaliteli ve ucuz, parçacık ve kısa fiberler sayesinde geçmişe oranla daha ekonomik ve yaygın olarak üretilmeye başlanmıştır [2,3].

MMK üretiminde her türlü metal ve alaşımı matris olarak kullanılabilir. Al ve alaşımları, kolay temin edilebilen SiC, Al₂O₃, SiO₂ ve grafit gibi takviye malzemeleri ile kimyasal ve fiziksel olarak uyumluluk gösterdiklerinden ve geniş uygulama alanlarından dolayı daha çok tercih edilmektedirler [4].

Alüminyum alaşımlarının matris alaşımı olarak tercih edilmelerinin nedeni düşük yoğunluk ve ergime sıcaklığına sahip olmalarıdır. Alüminyum, saf halde matris malzemesi olarak kullanıldığı gibi, alaşım olarak da kullanılabilir [4,5].

AA 7075 alüminyum alaşımları diğer alüminyum alaşımları ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek mukavemete sahip, ayrıca ekstrüzyon işlemi için uygundur. Ancak ürüne dönüşüm süreçlerinde maruz kaldıkları ısıl etkiler yapısal özellikleri ile birlikte mekanik özelliklerini de olumsuz yönde etkilemektedir bunu ortadan kaldırmak için T6 ısıl işlemi uygulanmaktadır. T6 ısıl işlemi mekanik özellikleri geri kazandırmasına karşın AA 7075 alaşımının korozyon direncini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etkileri ortadan kaldırmak amacıyla T73 ısıl işlemi uygulanmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı; toz metal kompaktların sıcak ekstrüze edilmesi ile SiC partikül takviyeli AA 7075 alüminyum matrisli kompozitleri ekstrüzyon yöntemi ile üretmek T6 ve T73 yaşlandırma işleminin kompozitin aşınma ve korozyon dayanım özelliklerine etkilerini araştırmaktır. SiC partikül takviye tercih edilmesinin sebebi alüminyumdaki silisyumun, akışkanlığı artırması buna karşılık sıcak çatlama eğilimini azaltmasıdır. Ayrıca silisyum alaşımının korozyon direncini artırmasıdır. Ekstrüzyon yöntemi ile çeşitli kesitlerde alüminyum profil, çubuk, boru elde edilmektedir. Alüminyum, ekstrüzyon işlemine çok uygun bir metaldir. Böylece, kullanım amacına uygun şekil ve ölçülerde pek çok ürün, başka bir biçimlendirme işlemine gerek kalmadan ekonomik bir şekilde üretilir [5].

Bu yöntemle döküm yöntemi süreçlerinde yaşanan homojensizlikler (partikül dağılımı, malzeme ve enerji kaybı, ısıl etkilere bağlı yapısal ve mekanik homojensizlikler ve toz metalürjisi aşamalarında elde edilemeyen yüksek yoğunluklara, yüksek üretim hızlarına sıcak ekstrüzyon yöntemi ile ulaşılabilir.

Uygulanan ısıl işlem sıcaklığı ve süresi AA 7075 alaşımının korozyon ve mekanik özellikleri üzerinde güçlü etkiye sahiptir. Bu sebeple çalışmada sıcak ekstrüzyon

sonrası T6 ısıt işleml (120°C – 24 saat) ve kademeli olarak T73 ısıt işleml (110°C – 8 saat ve 175°C – 8 saat) uygulanmıştır.

Isıl işlemler sonrası elde edilen kompozit numuneler korozyon ve adhesife aşınma testlerine tabi tutularak korozyon ve aşınma dirençleri belirlenmiştir.

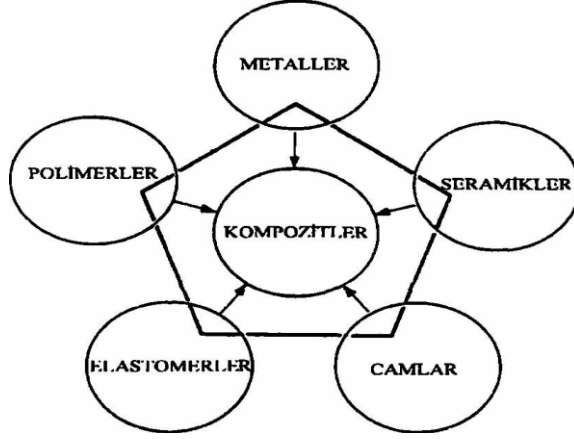
BÖLÜM 2

KOMPOZİT MALZEMELER

Kompozit malzemeler, tek bir malzeme özelliği gösteren ancak kimyasal olarak birbirinden farklı, iki veya daha fazla bileşenden oluşan malzemelerdir [6]. Kompozit malzemelerin üretilmesiyle, kompozit malzemeyi oluşturan malzemelerin her biri tek başına kullanıldığında elde edilemeyen bazı özellikleri elde etmek mümkün olmaktadır. Böylece hedeflenen uygulama alanı için gerekli olan özelliklere sahip yeni bir malzemenin tasarlanması ve üretimi mümkün olmaktadır.

Genelde, kompozit malzemeler, bir veya daha fazla süreksiz fazın, sürekli bir faz içerisinde dağıtılması yoluyla üretilmektedir. Süreksiz faz, genellikle sürekli fazdan daha iyi özelliklere sahip olduğu için kuvvetlendirici veya takviye edici malzeme olarak, sürekli faz ise matris olarak isimlendirilmektedir [7].

Matris malzemesinin görevi, takviyeleri bir arada tutmak ve malzemenin şekilsel bütünlüğünü korumaktır. Takviye malzemesi ise, matris malzemesinin iyileştirilmesi istenilen özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Kompozit malzemeler farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Kompozit malzemenin ana dokusunu oluşturan matris türüne bağlı kompozitler polimer, metal ve seramik matrisli kompozitler olmak üzere üç ana sınıfa ayrılmaktadır [8].



Şekil 2.1. Kompozit malzemelerin malzeme sınıfları [8].

2.1. KOMPOZİT MALZEMELERİN AVANTAJ VE DEZAVANTLARI

Aşağıda bu malzemelerin avantajlı olan ve olmayan yanları kısaca ele alınmıştır. Kompozit malzemelerin dezavantajlı yanlarını ortadan kaldırmaya yönelik teorik çalışmalar yapılmakta olup, bu çalışmaların olumlu sonuçlanması halinde kompozit malzemeler metalik malzemelerin yerini alabilecektir [11].

- **Yüksek Mukavemet:** Kompozitlerin çekme ve eğilme mukavemeti birçok metalik malzemeye göre çok daha yüksektir. Ayrıca kalıplama özelliklerinden dolayı kompozitlere istenen yönde ve bölgede gerekli mukavemet verilebilir. Böylece malzemedan tasarruf yapılarak, daha hafif ve ucuz ürünler elde edilir.
- **Elektriksel Özellikler:** Uygun malzemelerin seçilmesiyle çok üstün elektriksel özelliklere sahip kompozit ürünler elde edilebilir. Bugün büyük enerji nakil hatlarında kompozitler iyi bir iletken ve gerektiğinde de başka bir yapıda, iyi bir yalıtkan malzemesi olarak kullanılabilirler.
- **Korozyona Ve Kimyasal Etkilere Karşı Mukavemet:** Kompozitler, hava etkilerinden, korozyondan ve çoğu kimyasal etkilerden zarar görmezler. Bu özellikleri nedeniyle kompozit malzemeler kimyevi madde tankları, boru ve aspiratörler, tekne ve diğer deniz araçları yapımında güvenle kullanılmaktadır. Özellikle korozyona karşı mukavemetli olması, endüstride birçok alanda avantaj sağlamaktadır.

- Isıya Ve Ateşe Dayanıklılığı: Isı iletim katsayısı düşük malzemelerden oluşabilen kompozitlerin ısıya dayanıklılık özelliği, yüksek ısı altında kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bazı özel katkı maddeleri ile kompozitlerin ısıya dayanımı arttırılabilir.
- Titreşim Sönümlenme: Kompozit malzemelerde süneklik nedeniyle doğal bir titreşim sönümlenme özelliği vardır. Çatlak yürümesi olayı da böylece minimize edilmiş olmaktadır [11,12].

Bütün bu olumlu yanların dışında kompozit malzemelerin uygun olmayan yanları da şu şekilde sıralanabilir:

- Aynı kompozit malzeme için çekme, basma, kesme ve eğilme mukavemet değerleri farklılıklar gösterir.
- Hammaddenin pahalı olması; Uçaklarda kullanılacak kalitede karbon elyafının bir metrekarelik kumaşının maliyeti yaklaşık 50 \$'dır.
- Lamine edilmiş kompozitlerin özellikleri her zaman ideal değildir, kalınlık yönünde düşük dayanıklılık ve katlar arası düşük kesime dayanıklılık özelliği bulunmaktadır.
- Malzemenin kalitesi üretim yöntemlerinin kalitesine bağlıdır, standartlaşmış bir kalite yoktur.
- Kompozitler kırılğan (gevrek) malzeme olmalarından dolayı kolaylıkla zarar görürler, onarılmaları yeni problemler yaratabilir.

Görüldüğü gibi kompozit malzemeler, bazı dezavantajlarına rağmen çelik ve alüminyuma göre birçok avantaja sahiptir. Bu özellikleri ile kompozitler otomobil gövde ve tamponlarından deniz teknelerine, bina cephe ve panolarından komple banyo ünitelerine, ev eşyalarından tarım araçlarına kadar bir çok sanayi kolunda problemleri çözümlenecek bir malzemedir [11,12].

2.2. METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLER

Mevcut malzemelerin kullanım sıcaklığının üzerinde sıcaklıklarda kullanılacak ve daha yüksek spesifik mukavemet özelliğine sahip malzemelere duyulan ihtiyaç nedeniyle 1960'lı yılların başında metal matrisli kompozit malzemeler geliştirilmiştir. MMK'lar Sermet, metalik köpük, partikül veya fiber takviyeli metaller gibi geniş bir malzeme grubunu oluşturmaktadır. MMK'lar yerlerine kullanıldıkları metal ve diğer yekpare malzemelere oranla önemli avantajlara sahiptir [9,10].

- Düşük yoğunluk,
- Tekrar üretilebilir içyapı ve özellikler,
- Yüksek mukavemet ve esneklik modülü,
- Yüksek tokluk ve darbe dayanımı,
- Yüksek yüzey sertliği ve yüzey çatlaklarına karşı düşük hassasiyet,
- Sıcaklık değişikliklerine veya ısıl şoka karşı düşük hassasiyet,
- Yüksek elektriksel ve ısıl iletkenlik,

Genel olarak bakıldığında metal matrisli kompozitlerin, metallere göre üstün olan temel özellikleri aşağıda sıralanmaktadır:

- Daha yüksek aşınma direnci,
- Daha iyi yorulma direnci,
- Düşük ısıl genleşme katsayısı,
- Yüksek sıcaklıklarda mukavemetini koruyabilme ve düşük sürtünme oranı gibi daha iyi yüksek sıcaklık özellikleri,
- Yüksek mukavemet/yoğunluk oranı (spesifik mukavemet),
- Yüksek esneklik modülü/yoğunluk oranı (spesifik modül).

Metal matrisli kompozit malzemelerin üstün özelliklerinin yanı sıra çeşitli sınırlayıcı özellikleri de bulunmaktadır. MMK'ların ana sınırlayıcı özellikleri ise aşağıda sıralanmaktadır:

- Sürekli fiber takviyesinin söz konusu olduğu durumlarda kompozit üretimi için genellikle zor ve karmaşık üretim süreçlerinin kullanılması gerekmektedir.
- Metallere göre kompozitlerin sünekliği daha düşüktür.
- Kompozit üretiminde metallere oranla daha yüksek maliyetli üretim sistemi ve teçhizata ihtiyaç duyulmaktadır.
- Kompozitler yeni gelişen bir malzeme ailesi olması nedeniyle firmaların ve üreticilerin bu alanda bilgi birikimi metallere oranla daha zayıftır.

2.3. ALÜMİNYUM

Alüminyum demirden sonra en fazla kullanılan bir metal olmasına rağmen tarihçesi çok yenidir. 1886 yılında, Fransa’da Paul Heroult ve ABD’de Charles Martin Hall birbirinden habersiz olarak ekonomik metotlarla üretimini başarmışlardır. Böylece düşük maliyetle üretimi sağlanmış ve bu tarihten itibaren alüminyum kullanımında büyük aşamalar kaydedilmiştir [11].

Alüminyum yüzyıl içinde kendisinden binlerce yıl öncesinden değeri bilinen, demir ve bakır gibi metallerin kullanılma hızından çok daha büyük bir kullanılma hızı ile demir-çelik dışında en çok üretilen ve tüketilen metal olmuştur [2].

2.3.1. Alüminyum ve Alüminyum Alaşımları

Alüminyumun alaşımları Ticari olarak sadece yüksek elektrik iletkenliğinin istendiği uygulamalarda kullanılan saf alüminyum, oldukça yumuşak ve düşük dayanımlıdır. Mekanik özelliklerini iyileştirmek için, alüminyum matris içerisine Cu, Si, Mg ve Zn gibi alaşım elamanları ilave edilir. Bu elamanların çoğu alüminyum alaşımlandırarak genelde çökelme sertleşmesi mekanizması ile mukavemet değerlerini önemli ölçüde artırır.

Çökelme sertleşmesi demir ve demir dışı malzemelerde uygulanıyor olmasına rağmen, en çok Al alaşımlarının güçlendirmesinde uygundur diye kabul edilir. Yaşlanma sertleşmesi olarak da bilinen bu mukavemetleşme mekanizması, matris yapı içerisinde ısıl işlem yoluyla, Al_2Cu , Al_3Mg ve Mg_2Si gibi sert kimyasal

bileşikler oluşturması ve bu bileşiklerin dislokasyon hareketlerini frenlemesi ile mukavemet değerlerinin artırılması şeklinde gerçekleşir [12,13].

Çizelge 1.1 de arı alüminyumun bazı fiziksel özellikleri gösterilmiştir [14]. Ancak, alaşımlama yapılarak bu özelliklerde gelişmeler sağlanabilmektedir. Diğer taraftan alüminyum belli bir yorulma sınırı göstermediği için kırılma oldukça düşük gerilmelerde bile gerçekleşir. Düşük ergime noktası dolayısı ile yüksek sıcaklık özelliği de iyi değildir. Ancak saf alüminyum düşük mekanik dayanımlarına karşılık iyi korozyon dayanımından dolayı kullanılır [14].

Çizelge 2.1. Saf alüminyumun önemli fiziksel özellikleri.

Özgül ağırlığı (gr/cm ³)	2,78
Ergime sıcaklığı (°C)	660
Ergime ısısı (Kj/kg)	-390
Elastik modülü (GPa)	66
ısı genleşme katsayısı (1/K)	24*10 ⁻⁴
Isı iletim katsayısı (W/mK)	230
Elektrik iletim katsayısı (m ² /Ωmm ²)	40

2.3.2. AA 7075 Alüminyum Alaşımı Özellikleri

AA 7xxx serisi, genellikle düşük yoğunluk, yüksek dayanım, süneklik, tokluk ve yorulmaya karşı direncinden dolayı yapısal uygulamalarda, otomotiv uzay ve havacılık sanayinde yaygın olarak kullanılan malzemedir[15,16].

Mukavemeti artırılan bu alüminyum alaşımı serisi endüstriyel kullanımda herhangi bir termal etkiye maruz kaldığında mekanik özelliklerindeki bu kayıp, bu malzemeye deformasyon yaşlanması uygulanarak giderilebilir. Metaller sahip oldukları kimyasal bileşimler ve mekanik özellikleri, uygulanan farklı ısı işlemlerin uygulanması ile

artırılmaktadır. Alüminyum alaşımlarının sertlik ve dayanımları yaşlandırma işlemi ile artırılabilir [17,23].

7xxx serisi alüminyum alaşımlarında T6 ısıtma işlemi ile yüksek sertlik ve dayanım sağlanmaktadır. 7075 alüminyum alaşımında T6 ısıtma işlemi 120°C’ de 24 saat yaşlandırılması ile gerçekleştirilmektedir[9].

Bu işlem sonucunda korozyona karşı duyarlı bir durum ortaya çıktığından, bu tür alaşımların korozyon dirençlerinin artırılması için T73 ısıtma işlemi geliştirilmiştir. Bu ısıtma işlemi ile alaşımların korozyon direncinde büyük miktarda artış sağlanırken, alaşımın dayanımında ise % 10-15 oranında bir azalma olmaktadır [24-26].

AA 7075 alüminyum alaşımları diğer alüminyum alaşımları ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek mukavemete sahip, ayrıca ekstrüzyon işlemi için uygundur. Ancak ürüne dönüşüm süreçlerinde maruz kaldıkları ısıtma etkileri yapısal özellikleri ile birlikte mekanik özelliklerini de olumsuz yönde etkilemektedir. Bunu ortadan kaldırmak için T6 ısıtma işlemi uygulanmaktadır [25].

Alüminyum alaşımlarının mukavemetini artırılması amacıyla ısıtma işlemleri uygulanır. 7075 alüminyum alaşımları Al-Zn-Mg-Cu ihtiva etmesi sebebiyle farklı ısıtma işlemleri maruz bırakılarak mekanik özellikleri iyileştirilerek ticari olarak kullanıma sunulmuştur [3-4]. Çizelge 1.2 ve 1.3’ de AA 7075 kompozitinin kimyasal bileşim ve mekanik özellik tablosu görülmektedir [27].

Çizelge 2.2. 7075 alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi.

Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Zi+Ti	Diğer	Al
0,5	0,5	1,2-2,0	0,3	2,1-2,9	5,1-6,1	0,18-0,28	0,25	0,15	Kalan

Çizelge 2.3. 7075 alüminyum alaşımının mekanik özellikleri.

Temper	Akma Mukavemeti (MPa) min-max	Çekme Mukavemeti (MPa) min-max	Uzama (%50) min-max	Sertlik (brinel) min-max
0	105	225	17	60
T6	460-505	530-570	10	140-160
T73	435	505	12	140

2.4. METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN KULLANIM ALANLARI

Günümüzde kompozit malzemelerin kullanım alanı çok geniş boyutlara ulaşmıştır. Kompozit malzemelerin başlıca kullanım alanları ve bu alanlarda sağlanan avantajlar şu şekilde sıralanabilir [29-32].

Şehircilik: Bu alanda kompozitler, toplu konut yapımında, çevre güzelleştirme çalışmalarında (heykel, banklar, elektrik direkleri v.s.) kullanılmaktadır. Üreticinin çok sayıda standart ürünü kısa zamanda imal edebilmesi, montajdan tasarruf ve ucuz maliyet imkanları, kullanıcıya da yüksek izolasyon kapasitesi, hafiflik ve yüksek mekanik dayanım imkanları sağlamaktadır [29,30].

Ev Aletleri: Masa, sandalye, televizyon kabinleri, dikiş makinesi parçaları, saç kurutma makinesi gibi çok kullanılan ev aletlerinde ve dekoratif ev eşyalarında kompozit malzemeler kullanılmaktadır. Bu şekilde komple ve karışık parça üretimi, montaj kolaylığı, elektriksel etkilerden korunum ve hafiflik gibi avantajlar sağlamaktadır [31].

Havacılık Sanayi: Havacılık sanayisinde kompozitler, gün geçtikçe daha geniş bir uygulama alanına sahip olmaktadır. Planör gövdesi, uçak modelleri, uçak gövde ve iç dekorasyonu, helikopter parçaları ve uzay araçlarında başarıyla kullanılmaktadır. Daha hafif malzemeyle atmosfer şartlarına dayanım ve yüksek mukavemet sağlanmaktadır [29-31].

Otomotiv Sanayi: Bu alanda kompozitlerden oluşan başlıca ürünler; otomobil kaportası parçaları, iç donanımı, bazı motor parçaları, tamponlar ve oto lastikleridir.

İş Makineleri: İş makinelerinin kapakları ve çalışma kabinleri yapımında da kompozit malzemeler kullanılmaktadır. Bu şekilde üretimde kullanılan parça sayısı azaltılabilmekte, tek parça üretim mümkün olmaktadır. Ayrıca elektrik izolasyon malzemelerinden de tasarruf sağlanmaktadır [29,32].

İnşaat Sektörü: Cephe korumaları, tatil evleri, büfeler, otobüs durakları, soğuk hava depoları, inşaat kalıpları birer kompozit malzeme uygulamalarıdır. Tasarım esnek ve kolay olmakta, nakliye ve montajda büyük avantajlar sağlamaktadır. İzolasyon problemi çözülmekte ve bakım giderleri azalmaktadır [29,32].

Tarım Sektörü: Seralar, tahıl toplama siloları, su boruları ve sulama kanalları yapımında kompozitler özel bir öneme sahiptirler. Kompozit malzemelerden yapılan bu örnekler istenirse ışık geçirgenliği, tabiat şartlarına ve korozyona dayanıklılık, düşük yatırım ve kolay montaj gibi avantajlar sağlamaktadır [31].

2.5. METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ

MMK'ların fiziksel ve mekanik özelliklerinin optimizasyonu için değişik birçok üretim tekniği geliştirilmiştir [28].

Sıvı Faz Yöntemleri

- Erimiş Metali Emdirme veya Presleme
- Erimiş Metale Takviyeyi Karıştırma
- Metal Püskürtme
- İn-situ kompozitler

Katı Faz Yöntemleri

- Toz Metalürjisi
- İnfiltrasyon
- Haddeleme

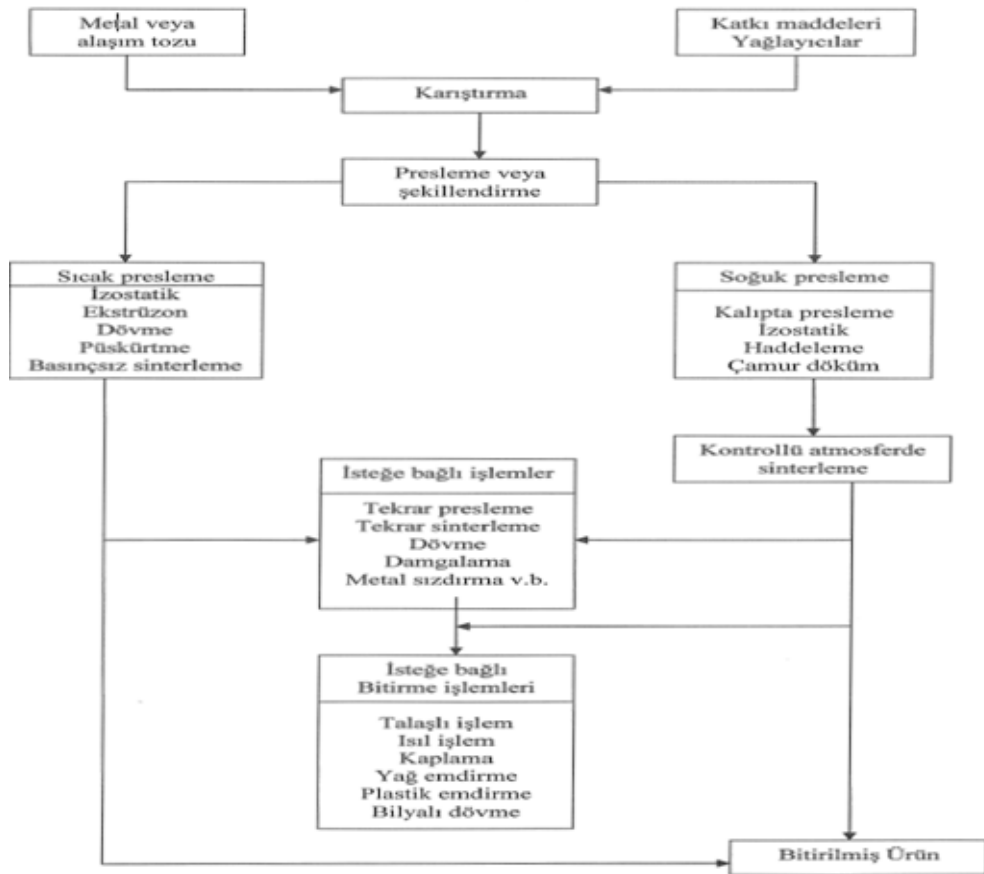
Diğer Yöntemler

- Elektrolitik Yöntem
- Buhar Fazından Çökeltme

2.6. TOZ METALÜRJİSİ

Toz metalürjisi (TM), metalik toz veya bu tozların şekillendirilip sinterlenmesiyle elde edilen ürünlerin imalatını kapsar. Başka bir deyişle toz metalürjisi, metal tozlarının kendine has yöntemler ile küçük, girintili çıkıntılı, diğer klasik metalürji yöntemleriyle üretilmesi zor olan iş parçalarının seri olarak üretilmesine olanak sağlayan toz malzeme teknolojisidir [29-31].

Toz metalürjisi ile şekillendirmelerin ilk modern uygulamaları 1. Dünya Savaşı yıllarında başlamıştır. Gözenekli gereçler, mıknatıslar ve elektrik lamba flamlarının bu yıllarda başlamış ve geliştirilmiştir. Günümüz endüstrisinde, bu yöntemle üretilen parçaların özellikle şekil ve ağırlık bakımından sağladığı avantajlar nedeniyle tercih edilmesi, bu yönde üretim ve araştırma yapan kuruluşların sayısını artırmıştır [32,33].



Şekil 2.2. T/M yöntemiyle parça üretiminde akış şeması [39].

2.6.1. Toz Metalürjisi Yönteminin Temel Basamakları

Gerekli boyut, şekil ve paketleme özelliklerine sahip metal tozunu güçlü, mükemmel ve yüksek performanslı bir şekle dönüştüren toz metalürjisinin de temel basamakları, toza şekil verilmesi veya sıkıştırma işlemi ve sinterleme yolu ile tozların ısı birleştirilmesidir [34].

Ancak T/M parçalarının üretiminde genel olarak beş aşama mevcuttur;

1. Toz hazırlama
2. Presleme
3. Sinterleme
4. Yağ emdirme ve kalibrasyon (gerekirse)
5. Tam yoğunluk işlemleri

Sıkıştırma işlemi bir kalıp içerisinde yapılır ve oluşturulan şekil, pişirilerek (sinterleme) gerekli mukavemete kavuşturulur. Böylece bu uygulama, bir tozun şeklini, özelliklerini ve yapısını bitmiş bir ürüne dönüştürür[34,35].

2.6.1.1. Toz Hazırlama

Sıkıştırma ve sinterleme de başarılı sonuçlar için, başlangıç tozları homojen olmalıdır. Farklı kimyasal bileşimdeki tozlar birbiriyle homojen olarak karıştırılmalıdır. T/M teknolojisi, değişik metallerin, diğer yöntemlerle imal edilmeleri çok zor hatta olanaksız olan alaşımlarla karışmasını sağlar [35].

2.6.1.2. Presleme (Sıkıştırma)

Presleme imal edilecek parça için özel olarak tasarlanmış zımba ve kalıp kullanarak pres tipi bir makinede gerçekleştirilir. Tozlar basınç uygulandığında; önce parçacıklar birbiri üzerinden kayarak ve daha sonra da yüksek basınçlarda parçacığın şekil değiştirmesiyle yoğunlaştırılırlar. Yoğunluktaki artış düşük basınçlarda önce hızlıdır fakat gözenekler kapandıkça toz, yoğunlaşmaya karşı artarak direnç gösterir. Şekil değiştirme parçacıkların sertliğini artırdığından, sıkıştırmayı devam ettirmek

için daha yüksek basınç gerekir. Sıkıştırılmış toza ham parça adı verilir. Preslemeden sonra, ham parça kalıbın içinde mekanik olarak kilitlemiş durumdadır. Parçayı kalıptan çıkaracak kuvvete çıkarma kuvveti denir. Burada yağlayıcı çok etkilidir. Yağlayıcı etkisi arttıkça hem çıkartma kuvveti, hem de kalıp aşınmaları azalır [36].

2.7. EKSTRÜZYON

Ekstrüzyon, silindirik bir metal bloğun, bir kovan içine yerleştirilip, yüksek bir basma kuvveti altında bir kalıptan geçirilerek biçimlendirilmesi olarak tanımlanan bir deformasyon yöntemidir. Alıcı veya kovan denilen kısım çeşitli dayanıklı malzemelerden yapılmış ve yüksek radyal gerilmelere dayanabilen bir yapıya sahip olup, iç kısmına da ekstrüzyon sırasında meydana gelen ağır şartlara (yüksek sıcaklık) dayanabilmesi için dayanıklı bir tabaka giydirilmiştir. Matris deliği ürün kesitinin şeklidir. Ekstrüzyon yapılan metal blok takoz adını alır. Takoza iterek gerekli basma gerilmelerini sağlayan elemana zımba denir. Birde matrisi yani kalıbı tutan kalıp tutucusu mevcuttur. Ekstrüzyon yöntemi ile uzun, doğrusal ve yarı mamul olarak; çubuk içi dolu veya boş parça ve profiller boru tel kablo ve uzun şerit gibi metal ürünler elde edilebilir.

Çelikte, genelde ekstrüzyon tekniği ile verimli kesit dizaynı elde etmek ve ekonomik imalat yapmanın çok sınırlı olması buna karşılık alüminyumun kolay işlenebilir özelliği, modern alüminyum ekstrüzyon tekniklerinin gelişmesine yol açmıştır. Bu gelişmenin alüminyuma olan ilginin büyümesinde önemli bir yeri vardır.

Aynı zamanda çeşitli kaplama yöntemlerinin de gelişmesi ile alüminyum ekstrüzyon ürünlerinin kullanımı bir kat daha artmış ve bu ürünler hayatımızda daha fazla yer almaya başlamıştır [37].

2.7.1. Endirekt Ekstrüzyon

Endirekt ekstrüzyon çoğunlukla kablo, çubuk ve bakır kesit üretiminde kullanılır. Yüksek alaşımlı alüminyum ekstrüzyonun da bu yöntem kullanılır. Kalıp, ucu boşluklu zımbaya yerleştirilir ve kovan içerisinde itilir. Kovan, kalıp üzerine doğru hareket ettiği gibi kalıp ta kovan içerisinde hareket edebilir. Biyet kovana

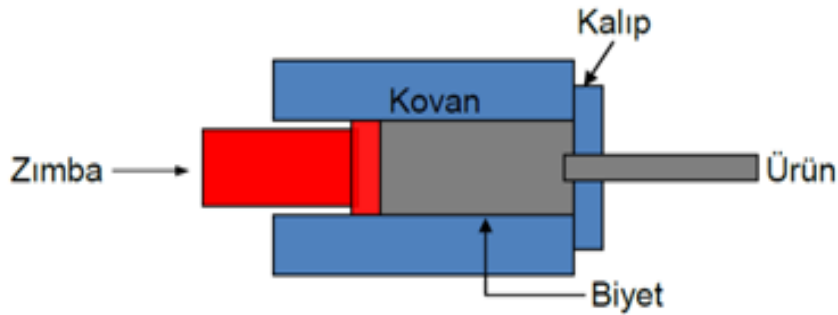
yerleştirildikten sonra ekstrüzyon boyunca sabit kalır ve bu kovan çekirdeği iç yüzeyi ile biyet arasındaki sürtünmeyi engeller.

Direkt ekstrüzyona göre endirekt ekstrüzyonda metal akışı daha homojendir. Bu kaliteli bir form elde etmeye yardımcı olur. Endirekt ekstrüzyonda biyet ve çekirdek arasında sürtünme yoktur. Bu sayede daha uzun biyet basma imkânı elde edilir. Diğer yöntemlerle kıyaslandığında daha fazla ekstrüzyon hızı ve daha uzun profil elde edilebilir. Daha az çapak oluşumu ve yüksek ürün kalitesi de avantajları arasında sayılır [37,38].

2.7.2. Direkt Ekstrüzyon

Direkt Ekstrüzyonda ısıtılmış biyet kovan içerisine yerleştirilir ve zımba ile kalıptan ekstrüze edilir. Zımbanın hareket yönü ile biyetin akış yönü aynıdır. Proses boyunca biyet kovan çekirdeğinin iç yüzeyine sürtünür bu da zımbanın sürtünme gücüne karşı daha fazla basınç uygulaması sonucunu doğurur.

Biyetin tümü ekstrüze edilemez “Araış” olarak nitelendirilen kısmı her basım çemberinde atılarak geri döşüme gönderilir. Direkt ekstrüzyon daha fazla çeşit ve genişlikte profil elde etme imkanı sunar. Direkt ekstrüzyonun en büyük dezavantajı gereken basınç gücünün diğer yöntemlerden çok daha fazla olmasıdır. Çekirdek ve kovan hasarları bu yöntemde daha çok görünür. Yüksek sıcaklık problemi ortaya çıkar. Kıyaslandığında düşük ekstrüzyon hızı vardır [37,38]



Şekil 2.3. Alüminyum Ekstrüzyon Sisteminin Şematik Gösterimi [37]

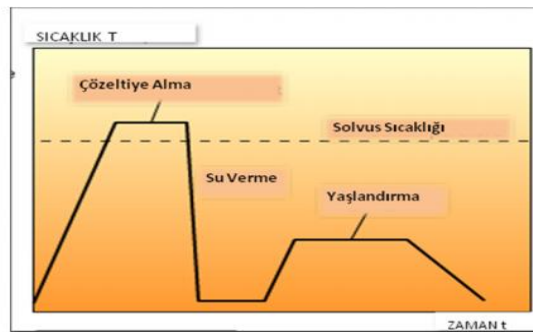
BÖLÜM 3

ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI VE ISIL İŞLEMLER

Alüminyum alaşımları, günümüz teknolojisinin vazgeçilmez malzemelerinden biri haline gelmiştir. Alüminyumun kullanımı sırasında önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Özellikle mekanik özelliklerinin yetersizliği ve aşınma problemleri nedeniyle alüminyuma alaşım elementleri ilave edilmesiyle birlikte çeşitli ısıl işlemler uygulanarak, aşınma direncinin artırılmasına yönelik çalışılmalar çok fazla önem kazanmıştır [40].

Alüminyum alaşımlarında uygulanan işlemler genellikle yaşlandırma işlemine göre değerlendirilmekte ve sadece mekanik özellikler için değil, elektriksel iletkenlik ve korozyon özelliklerini de belirleyici rol oynamaktadır [41].

Isıl İşlemin meydana gelebilmesi için temel olarak üç kademe mevcuttur, bunlar sırasıyla; çözeltiye alma, su verme ve çökeltme (yaşlandırma) işlemidir. Aşırı doymuş katı fazdan yaşlanma işlemi sonucunda yapıda çok ince çökelti fazının dağılımı mekanik özelliklerin iyileştirilmesi için temel kuraldır. Bu çökelti fazının oluşumu, doğal olarak gerçekleşebileceği gibi yapay olarak da yapılabilmektedir. Ancak, genellikle alüminyum alaşımlarında doğal yaşlanma ile mekanik özelliklerde çok etkili bir değişim elde edilemez. Şekil 3.1’de ısıl işlem süreçleri görülmektedir [42].



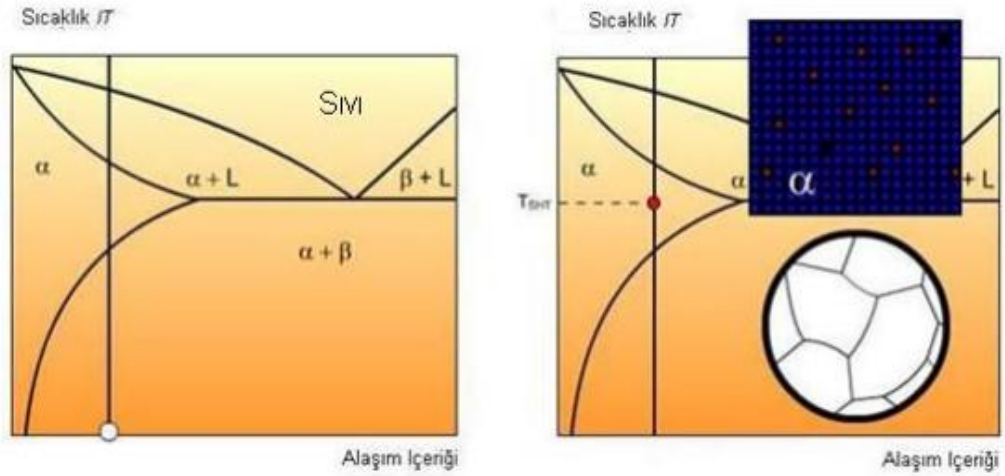
Şekil 3.1. Isıl işlem prosesi [42].

3.1. YAŞLANDIRMA İŞLEMİ AŞAMALARI

3.1.1. Çözeltiye Alma İşlemi

Çözeltiye alma işleminin amacı, tek fazlı katı çözelti elde etmektir. İlk sıcaklıkta β ve α fazı denge halinde değildir. Alaşım solvüs eğrisinin üzerindeki sıcaklığı çıkarılır ve bu sıcaklıkta β fazı (Şekil 3.2), α fazı (Şekil 3.2) içerisinde tamamen çözününceye kadar işleme tabi tutulur. Yapının tümü tamamen α fazına dönüştükten sonra ani olarak soğutulur. Çözeltiye alma sıcaklığı, alaşımın ergimesine sebep olmayacak şekilde seçilmelidir (Şekil 3.2) [44].

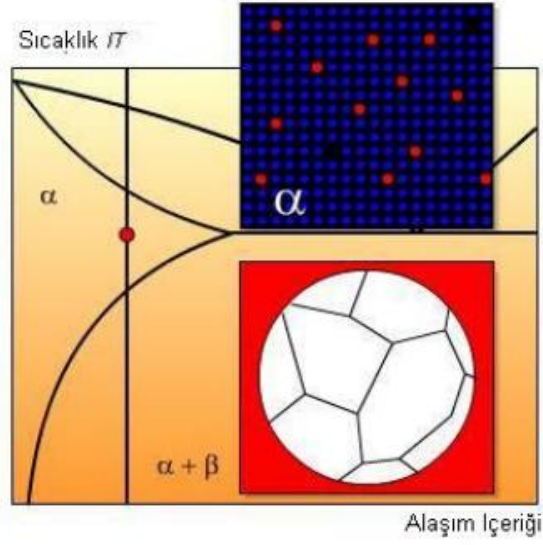
Çözeltiye alma sıcaklığı ve süresi mikroyapıya, parçanın kalınlığına ve fırın kapasitesine/yüküne göre değişiklik göstermektedir. Bu süre ince levhalar için, dakikalar ile ifade edilirken kesit kalınlığı arttıkça saatler ile belirtilmektedir [41].



Şekil 3.2. Çözeltiye alma işlemi [42].

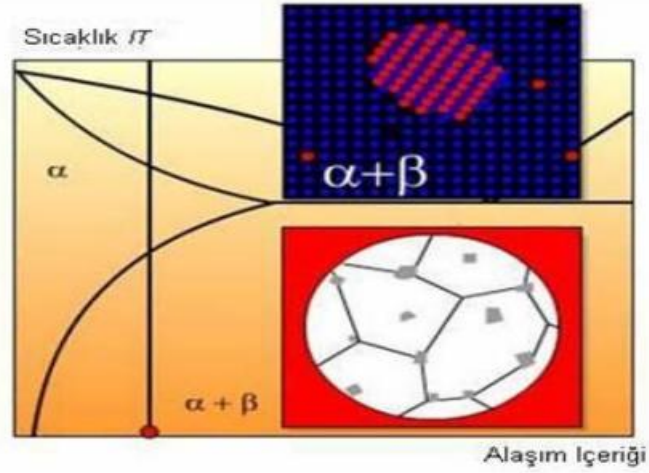
3.1.2. Su Verme İşlemi

Su verme işleminin amacı, çözeltiye almada tek faz haline alüminyum içerisindeki alaşımlandırma elementlerinden oluşan aşırı doymuş bir çözelti oluşturmak (Şekil 3.3) ve alaşımın çözeltiye alma sıcaklığından hızlı bir şekilde soğutulmasıdır [45].



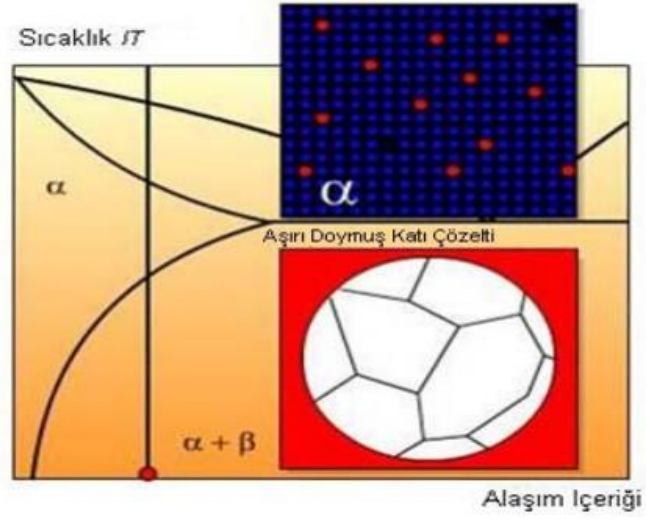
Şekil 3.3. Çözeltiye alma işlemi sonunda tek faz halindeki katı çözelti [42].

Eğer alaşım kendiliğinden (yavaş soğuma) soğumaya bırakılırsa, β fazı çekirdeklenerek denge halinde bir $\alpha + \beta$ fazı oluşturmak için heterojen olarak çökler (Şekil 3.4). Ani soğuma α içerisindeki β fazının çökmesine imkan vermez ve bu nedenle α fazı artık denge halinden daha fazla katı (aşırı doymuş) içermektedir.



Şekil 3.4. Alaşımın kendiliğinden soğuması durumunda oluşan heterojen çekirdeklenme [42].

Bunun yanı sıra su verme difüzyon süresini düşürür ve dengede olmayan α faz yapısının “donmasını” sağlar. Çünkü α fazı denge durumundakinden daha fazla katı içerir. Bu katı çözelti aşırı doymuş olarak adlandırılır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Aşırı doymuş katı çözelti [3].

Su verme işleminde genellikle su kullanılmaktadır. Ancak suyun yanı sıra, su verme ortamı olarak glikol – su karışımları, suda çözülebilen polimerik yağlar veya madeni yağlar da kullanılmaktadır. Alüminyum alaşımlarının ısı iletkenliğinin yüksek olması sebebiyle, aynı parça ince ve kalın kısımlarda soğuma karakteristikleri farklı olduğu için deformasyonlar görülebilmektedir. Dolayısıyla, bu tür deformasyonları önleyebilmek için, su verme ortamı, bu ortamın sıcaklığı dikkatle seçilmeli gerekli durumlarda ya su verme ortamı karıştırılmalı ya da parça ortam içerisinde hareket ettirilmelidir[46].

3.1.3. Yaşlandırma İşlemi

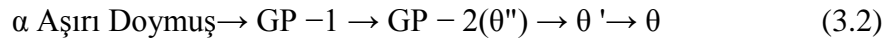
Aşırı doymuş katı çözelti içerisinde çözünmüş halde bulunan Beta fazı, denklem 3.1 de gösterildiği gibi sıcaklık ve zamanın etkisi ile kararlı bir faz olarak çöker.



Bu dönüşüm için, önce β fazının çekirdeklenmesi ve sonra difüzyon ile büyümesi gereklidir. Alaşım eğer ani soğutmadan sonra oda sıcaklığında tutulursa, difüzyon hızı çok yavaş olduğundan β fazı genellikle oluşmaz veya çok uzun sürede oluşur. Çökme, eğer oda sıcaklığında meydana geliyorsa yaşlanma işlemi “doğal”, eğer

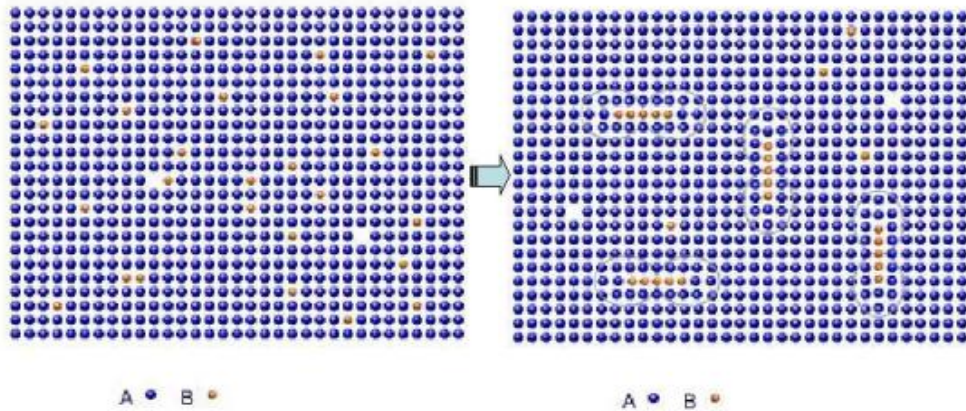
alaşım yayınma hızını arttırmak için oda sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklığa tabi tutuluyorsa “yapay” yaşlandırma olarak adlandırılır [47].

Çökelti fazının oluşumunun anlaşılabilmesi için 1938’de Guinier ve Preston isimli iki araştırmacı tarafından keşfedilen ve isimlerinin baş harfleri ile adlandırılan GP bölgeleri incelenmelidir. Kompleks reaksiyonlar olan alüminyum alaşımlarındaki yer alan çökeltme reaksiyonları ve GP bölgeleri dönüşümleri teorik olarak, denklem 3.2 deki gibi ifade edilebilir;



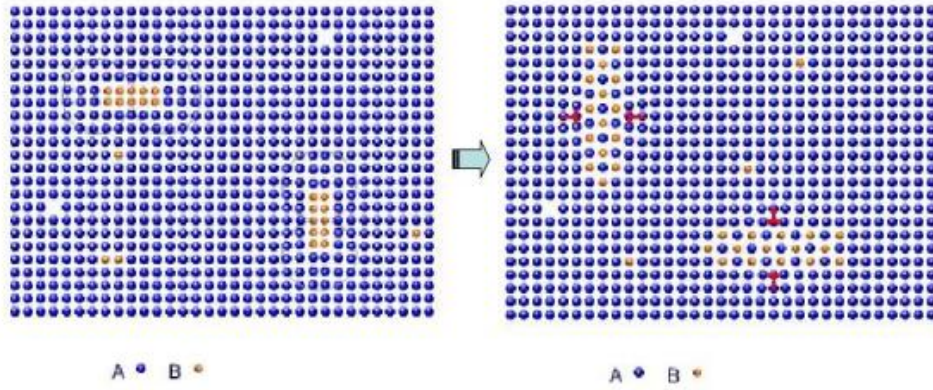
Bu teorik dönüşüm formülüne göre, yaşlanma sırasında aşırı doymuş katı çözültiden çökelti fazının oluşum aşamaları özetlenecek olursa sırasıyla; Çekirdek \rightarrow Ara Çökelti \rightarrow Kararlı Çökelti şeklindedir. Çökelti oluşumunun ara kademeleri temel olarak alaşımın bileşimine, su verme ve yaşlandırma koşullarına bağlıdır.

Çözelti aşaması sonucunda aşırı doymuş yapı, denge yapısına dönmeye eğilimlidir. Şekil 3.6 da sol tarafta görülen yapı, su verme sonucu A (Al) içerisinde aşırı doymuş B (Mg-Si) katı çözeltisi fazını temsil etmektedir. Yaşlandırma işlemi sırasında gerçekleşen difüzyon sonucu B atomları, A latisi içerisindeki spesifik düzlemler üzerinde bölgesel konsantrasyonlar oluşturur (Şekil 3.6 da sağ tarafta görülen yapı). Bu bölgeler GP (Guinier – Preston) bölgeleri olarak adlandırılır. Bazı sistemlerde GP bölgeleri disk, küre veya çubuk şekilli olabilir [41].



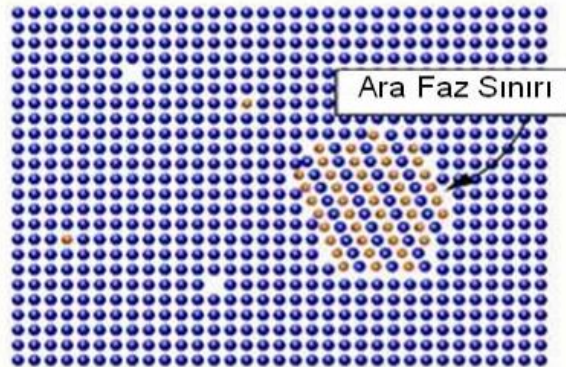
Şekil 3.6. Yaşlandırma işleminde ilk kademe değişimi [42].

Daha sonra GP bölgeleri tutarlı bir ara faz oluşturmak için, çekirdeklenme siteleri oluştururlar. Bu düzlemin etrafındaki A atomları oluşan bu ara fazın ilerlemesi ve yerleşmesi için bozularak bu birleşme işleminden doğan kuvvetin etkisiyle, deformasyona uğrar ve bir yapışma baskısı oluştururlar (Şekil 3.7 de sol tarafta 2. ara kademe). Çökelti büyüdükçe, büyümeden kaynaklanan sıkışmanın bir kısmı, ara yüzdeki dislokasyon oluşumları tarafından giderilir. (Sağ Taraf – ara kademe 3)



Şekil 3.7. İkinci kademe değişimi [42].

Yaşlandırma işleminin son kademesi denge aşamasıdır. Yeterli yaşlandırma işlemi sonucu en son aşama olarak denge fazı oluşur. Bu faz, ana matristen (A atomları) farklı bir kristal yapısına sahip olup bu faz içerisinde yapışık değildir. Böylece büyümeden kaynaklanan sıkışma elimine edilmiştir. Ancak, matris ve çökelti arasında yeni bir ara faz sınırı vardır [41].



Şekil 3.8. Yaşlandırma işleminde son kademe yapı değişimi [42].

BÖLÜM 4

AŞINMA

Çeşitli makine elemanlarının ömürlerine büyük oranda etki eden aşınma, iki cismin birbirine göre bağıl hareketleri sırasında temas halindeki yüzeylerden mekanik veya kimyasal etkenlerden dolayı istenilmediği halde oluşan malzeme kaybıdır.

Sürtünerek çalışan bütün makine elemanlarında kaçınılmaz olan ve kompleks bir sistem özelliği gösteren aşınma büyük miktarlarda malzeme kaybına ve enerji israfına neden olmaktadır. Bundan dolayı, günümüz teknik sistemlerinde yapılan çok sayıdaki araştırmalar sürtünmeyi ve aşınmayı azaltma ve kontrol etme çalışmaları şeklinde yaygınlaşmıştır [49].

Teknik anlamda ise aşınma, cisimlerin yüzeylerinde mekanik etkenlerle mikro taneciklerin kopup ayrılması nedeniyle istenmeyen bir değişikliğin meydana gelmesidir. Belirtilen tariflerden görüleceği gibi hiç bir açıklama yapılmadan genel bir tarif yapmak oldukça zordur. Bu bakımdan aşınmayı bir tarif olarak vermek yerine aşınma olayını niteleyen bazı şartların veya kriterlerin belirtilmesi yerinde olacaktır [49].

Mühendislik malzemelerinde görülen yıpranmanın aşınma sayılabilmesi için şu şartların mevcut olması gerekir; Mekanik bir etken olması, sürtünmenin olması (bağıl hareket) yavaş ve devamlı olması malzeme yüzeyinde değişiklik meydana getirmesi, İsteğimiz dışında meydana gelmesidir [4].

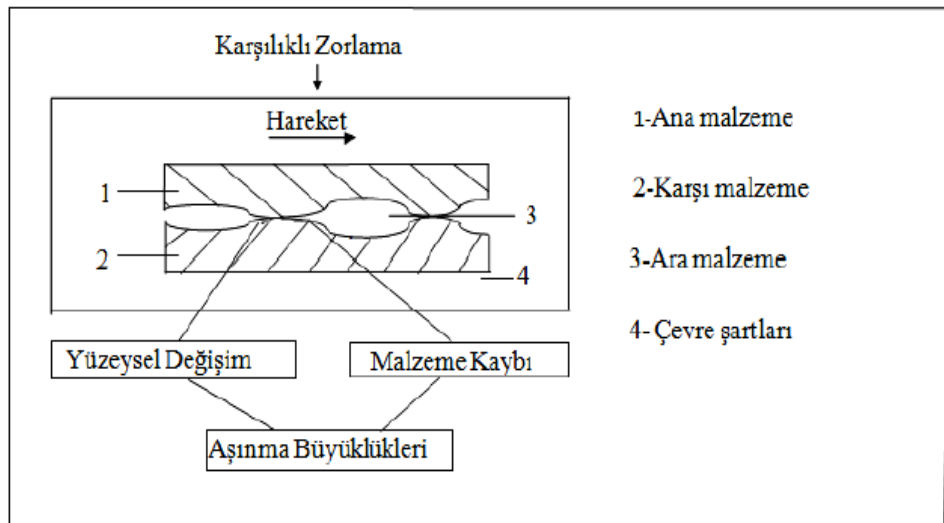
4.1. AŞINMANIN TEMEL FAKTÖRLERİ

Aşınma, kendisini yavaş, yavaş gösteren bir yıpranma faktörüdür. Genellikle makine hasarlarının % 62'sini kullanma hatalarının, % 38'ini ise teknik eksikliklerin

oluşturduğu tahmin edilmektedir. Aşınmanın başlaması ve devam edebilmesi için Sürtünme olmalıdır. Sürtünen iki cismin temas alanı, görünen temas alanından küçüktür. En hassas işleme yöntemleri ile de olsa işlenen katı malzemelerin yüzeyi hiçbir zaman düz olmaz [53].

Yüzeylerin temas etmesi halinde ise yüzeylerdeki karşılıklı pürüzler etkileşir. İlk temas birkaç pürüz tepeleri arasında oluşur. Pürüz tepeleri arasındaki girintiler temas etmezler. Gerçek temas alanı, temasta olan pürüzlerin toplam alanıdır. Yüklemenin şekli ve yük temas alanının büyüklüğünü etkiler. Yük arttıkça ilk temas eden pürüzler şekil değişimine uğrar, yani ezilir ve bunun sonucu kısa boyutlu yeni pürüzler birbiri ile temas ederler. Yüklemenin temas etmesi ile de pürüz sayısı azalır ve gerçek temas alanı görülen temas alanına yaklaşır. Yüzey pürüzlüğünün artışı ile aşınma direnci azalır [56].

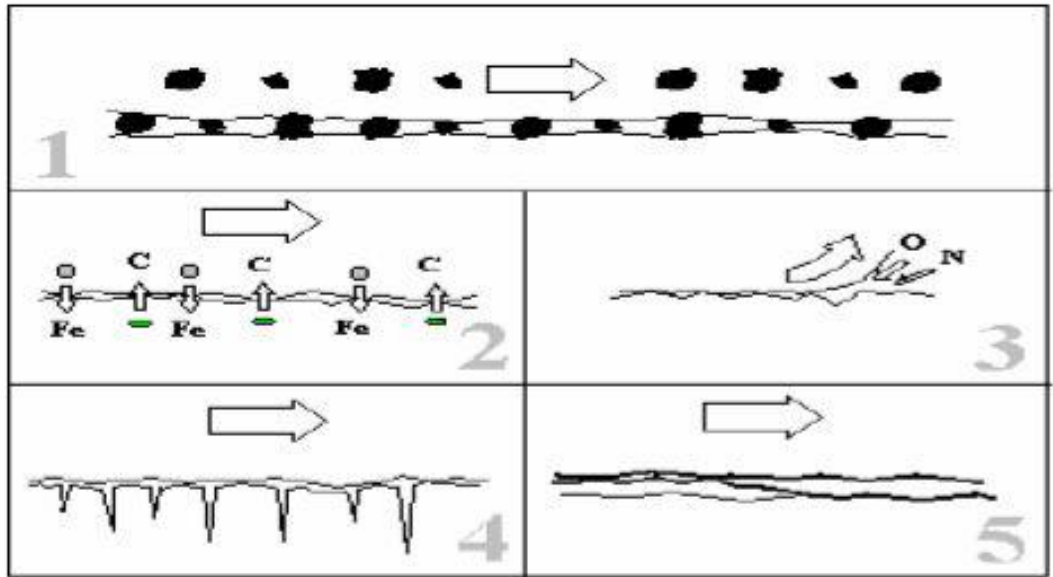
Temasta olan cisimlere bağlı hareket yaptırabilmek için sisteme bir enerji girer. Bu enerji yük ve hareket şeklindedir. Giriş ile çıkış arasındaki fark, mekanik titreşime, ısı, ses ve sürtünme enerjisine ve aşınmaya dönüşür. Tribolojik sistemi oluşturan bu unsurlar Şekil 4.1'de verilmiştir. Aşınma olayını iyi bir şekilde analiz edebilmek için aşınma olayını oluşturan temel unsurların bilinmesi gerekir [54, 55].



4.2. AŞINMA TÜRLERİ

Kompleks bir yapıya sahip olan aşınmanın sınıflandırılması da birçok değişik şekillerde yapılmaktadır. Aşınmanın miktarına göre hafif ve şiddetli aşınma olarak yapıldığı gibi tribolojik sistem direk etkileyen mekanik, kimyasal ve termal olarak da sınıflandırılabilir. Sınıflandırmada esas olan parçanın maruz kaldığı etkenlerdir [49]. Mekanik aşınma içinde;

- Abrasif aşınma,
- Difüzyon aşınması (atomik yer değiştirme),
- Oksidasyon aşınması,
- Yorulma aşınması (statik veya dinamik),
- Adhesif aşınma, şeklinde gruplandırılmaktadır.



Şekil 4.2. Temel aşınma mekanizmaları; 1. abrasyon, 2. difüzyon, 3. oksitlenme, 4. yorulma, 5. adhezyon [48].

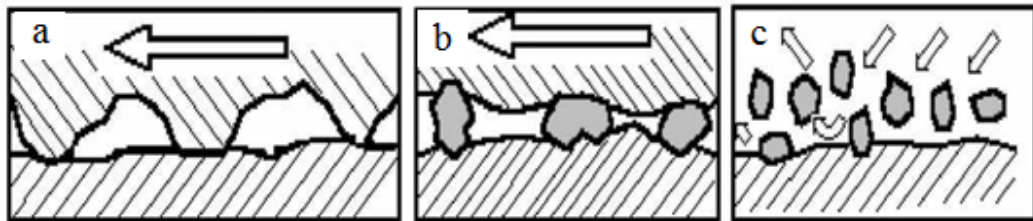
4.2.1. Abrasif Aşınma

Abrasif aşınma; bir yüzeyin temas halinde bulunduğu diğer yüzeyden daha sert olduğu durumlarda veya temas bölgesinde sert taneciklerin bulunduğu durumlarda meydana gelir. Sert yüzeyin yüzey pürüzlülükleri yumuşak yüzeye bastırıldığı zaman yumuşak malzemede plastik akma meydana gelir. Şayet sert yüzey teğetsel olarak

hareket ettirilirse dalma meydana gelir ve yumuşak malzemenin yüzeyinde kanallar ve çizikler meydana gelir. Sert yüzeyin geometrisine ve nüfuziyet derecesine bağlı olarak yüzeyden malzeme uzaklaştırır. Abrasif aşınma iki elemanlı, üç elemanlı ve erozyon aşınması olarak üç gruba ayrılır.

Genel olarak abrasif aşınma türleri üç ana grupta toplanmaktadır. Bunlar; oymalı sürtünme aşınması, öğütmeli sürtünme aşınması ve erozyondur. Birçok karakteristik açıdan bu aşınma türleri birbirlerine benzemelerine rağmen, tek tek incelendikleri zaman, birbirlerinden önemli farklılıklar sergiledikleri görülür. Oymalı sürtünme aşınması, kütleli bir şekilde yüzeyin deformasyonu sonucunda oluşan bir aşınma türüdür. Aşırı yüklemeler etkisi ile meydana gelen oymalı sürtünme aşınmasına örnek olarak, ağır koşullar altında çalışan kazıcı, kırıcı gibi maden araçlarında görülen aşınmalar verilebilir. Öğütmeli sürtünme aşınması, iki yüzeyin birbiri üzerinde hareket etmesi sonucunda ortaya çıkar ve ara yüzeyde abrasyona dayalı parçacıklar bulunmaktadır. Bu ara yüzeyde yer alan taneler, ya bir yüzeyden aşınarak gelir yada her iki yüzeyin birlikte aşınması sonucunda ortaya çıkar. Abrasif aşınma, keskin köşelere sahip olan abrasif tanelerin yüzeye yük uygulanması durumunda parçanın yüzeyini kazıyarak veya kaldırarak parçalar koparmasıyla hasara neden olmaktadır.

Erozif aşınma ise, aşındırıcı tozların askıda durduğu sıvı veya hava gibi akışkan bir ortam vasıtasıyla malzeme yüzeyine çarpma etkisi ile gerçekleşmektedir. Her bir temas malzeme yüzeyinden küçük bir parçanın kaybına neden olmaktadır. Normal şartlar altında aşınma hızı düşüktür. Ancak yüksek sıcaklıklarda, malzemenin akma dayanımı düşmekte ve yüksek akış hızlarında erozif aşınma, hız kazanmaktadır. Şekil 4.3’de abrasif aşınma mekanizmaları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Abrasif aşınma mekanizmaları; a) Oymalı b) Öğütmeli c) Erozyon Abrasyon [48].

4.2.2. Difüzyon Aşınması

Difüzyon aşınmasında, yüzeylerin karşılıklı çalışması sırasında oluşan kimyasal olaylar daha etkili olmaktadır. Karşılıklı çalışan malzemelerin kimyasal özellikleri ve karşılıklı malzemeyle olan birleşme eğilimleri difüzyon aşınması mekanizmasının oluşmasını sağlamaktadır. Karşılıklı çalışan malzemelerin sertliği bu aşınmada çok fazla etkili olmamaktadır. Malzemeler arasındaki metalürjik ilişki, asıl aşınma mekanizmasının büyüklüğünü tayin etmektedir. Mekanizma daha çok sıcaklığa bağlıdır ve bu sebeple yüzeyler arasında yüksek basınç ve yüksek kayma hızlarında daha fazla olmaktadır [48].

Sürtünme esnasında, uygulanan kuvvetle yüzeylerin teması sağlanarak malzeme yüzeylerinde gerilme yığılmaları ve sıcaklığın artışı ile birlikte, temas noktalarında akma ve sürünme başlar. Bunun sonucunda temas noktaları plastik şekil değiştirmeye maruz kalarak temas alanları büyür. Böylece yüzeyler arasında atom alışverişi meydana gelerek mukavemeti düşük olan bir yüzey tabakası meydana gelir. Bu tabaka sürtünmeden ve izafi hareketin devam etmesiyle birlikte esas malzeme yüzeyinden koparak malzeme kaybına sebep olur. Bu şekilde meydana gelen aşınmaya difüzyon aşınması denir. Bu aşınma mekanizması fren balatalarında, uzay araçlarında ve talaşlı imalat işlemlerinde görülür. Demiryollarında çalışan fren pabuçları ile tekerlek arasındaki sürtünmeden dolayı difüzyon aşınması meydana gelebilir [50].

4.2.3. Oksidasyon Aşınması

Pek çok malzeme için oksitlenme oldukça farklı olmakla beraber, metal malzemelerin çoğu için yüksek sıcaklık ve havanın varlığı oksidasyon anlamına gelmektedir. Sürtünme etkisi yüzeyde yüksek sıcaklıkların meydana gelmesine neden olur ve bu sıcaklık artışı kimyasal reaksiyonların sebep olduğu çatlak oluşumunu artırır. Hava çalışan iki yüzey kenarlarından ve abrasif aşınmanın neden olduğu kanallardan içeri girme imkanı bulur. Bu tür aşınma yüksek sıcaklık ve dış hava ile temas gerektirdiğinden daha çok kuru kayma aşınmasında meydana gelir [48].

Malzemelerin izafi hareket sırasında statik ve dinamik sürtünme kuvvetlerinin farklılık göstermesi sebebiyle düşük kayma hızlarında yüzeyler arasında titreşimler meydana gelir. Titreimler yüzeyler arasında bir oksit filminin oluşmasına yol açar. Bu olaya tribolojik zorlanma esnasında meydana gelmesinden dolayı sürtünme oksidasyonu veya tribo-oksidasyon denir.

Sürtünen elemanlar arasında oluşan oksit tabakası ana malzemenin aşınma direncini önemli ölçüde etkiler. Meydana gelen oksit filmi adhesif aşınmaya karşı direncini artırmasına rağmen, izafi hareketin devam etmesiyle birlikte, parçalanan oksit filmi malzemeler arasında aşındırıcı tane oluşturarak abrasif aşınmayı hızlandırır. Bu tür aşınma çoğunlukla ta kırma makinelerinde görülür [50].

4.2.4. Yorulma ve Tabakalama Aşınması

Malzemelerde yorulma yüzeyde balar ve mikro çatlaklara sebep olur. Sürtünen yüzeylerde pulcuklar şeklinde malzeme kaybına neden olur [51]. Yorulma aşınması, genellikle termo-mekanik bir kombinasyondur. Sıcaklık dalgalanmaları ve karşılıklı kaymanın sık sık durup balaması neticesinde çalışan yüzeylerin kenarlarına den yüklerdeki deiimden dolayı kenarlarda çatlaklar ve kırılmalar oluşur. Yorulma büyük bir çatlağın orijinini başlatabilir ve malzeme yüzeyinden taneciklerin kopmasını sağlayabilir.

Tabakalama aşınması; yüzey pürüzlülüklerinin birbiri üzerinde kayması sırasında mikroskobik ölçekte meydana gelen bir yorulma aınmasıdır. Küçük çatlaklar yüzeyin altında çekirdeklenir. Yüzeyin hemen altında üç eksenli basma gerilmelerinden dolayı çatlak başlangıç yüzeyin hemen altında meydana gelmez. Tekrarlı yükleme ve deformasyonlar, çatlakların genişlemesini, ilerlemesini ve diğer komşu çatlaklarla birleşmesine neden olur. Çatlaklar yüzeye paralel doğrultuda oluşur ve sonuçta uzun ince aınmı tabakalar meydana gelir [48].

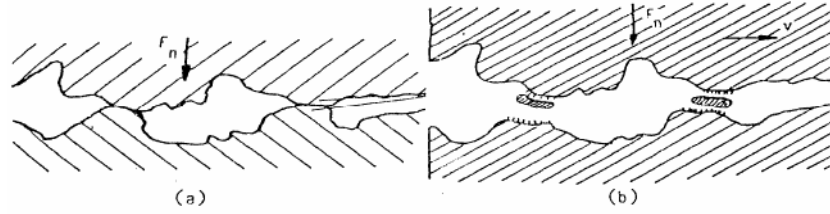
4.2.5. Adhesif Aşınma

Benzer kafes yapısına sahip iki metalin, yüzeyleri arasında adhezyon kuvveti söz konusudur. Bu kuvvetin oluşması moleküllerin yaklaştırılmasına bağlıdır. Temas halindeki yüzeyler birbirleriyle pürüzlü noktalarda etkileşirler. Metal ağırlığı veya herhangi bir dış kuvvet, temasta olan çok küçük pürüz tepelerine çok yüksek basınç olarak etkir. Bu basınç, pürüzlerin akma sınırını aşınca plastik deformasyona, pürüzlerin birbirlerini çizmesine, yarmasına ve birbirlerine sıvanıp kaynak yapmalarına neden olur. Pürüzlerin deformasyonu sonucu mikro adhezyon temas yüzeyi boyunca hızla yayılır. Sonuçta yüzeyde oksit tabakaları parçalanır, nihayet temas noktalarında mikro soğuk kaynak bağları meydana gelir. Bağlı hareketin devamı halinde bağlar kırılarak malzeme kaybına neden olur. Adhesif aşınma izafi hıza ve normal kuvvete bağlı olup, temiz yüzeylerde kısmen daha düşük hızlarda meydana gelir. Archard'ın adhesif aşınma ile ilgili çalışmalarından şu sonuçlar çıkarılabilir. Aşınan malzeme hacmi; sürtünme mesafesiyle, uygulanan kuvvetle doğru orantılıdır fakat malzemenin sertliği ile ters orantılıdır [51].

Yapışma aşınması olarak ta bilinen adhesif aşınma en yaygın olarak rastlanan aşınma türü olmasına rağmen, genellikle adhesif aşınma hasarlarının etkisi bulunmaz. Bu tür aşınma iki malzemenin birbiri üzerinde hareket etmesi sırasında yapışması ve kayması sonucunda küçük parçacıkların ayrılmasıyla oluşmaktadır. İki metal yüzeyi birbiri ile temas ettiği taktirde, malzemenin yüzeylerinde bulunan izler, düzensizlikler malzeme yüzeyinde bölgesel yüksek basınçlar oluştururlar ve yüzey filmlerinin kırılmasına neden olurlar. Temiz metal yüzeyleri birbirlerine temas ettirildikleri zaman, yüzeylerdeki elektrostatik düzensizlikler sebebiyle, kaynama için bir eğilim söz konusudur. Eğer bir yüzey diğer yüzey üzerinde hareket halinde ise, kaynamanın olduğu bölgeler kırılacaktır. Kırılma düzlemi orijinal ara yüzey olabilmekte ve ana malzemede bir zayıflamaya neden olmaktadır.

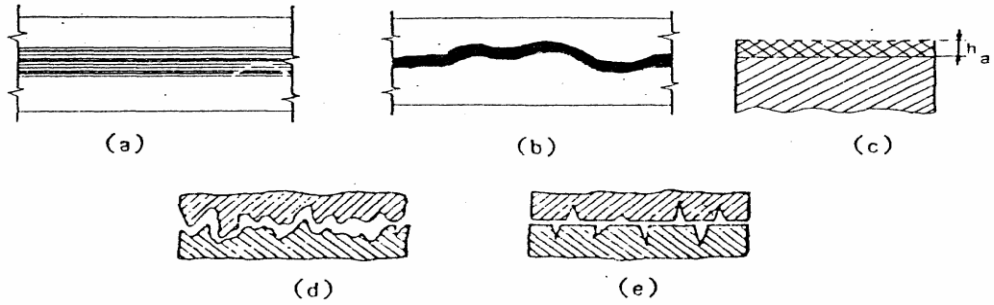
Adhesif aşınmanın esası kaynak bağı teorisi ile açıklanabilir. Daha önce belirtildiği gibi yüzeyler arasındaki gerçek temas alanı çok küçük olduğundan temas noktaları büyük bir basınç altında bulunmaktadır. Normal olarak yüzeylerde adsorbe edilmiş olan tabii veya yağ tabakaları basınç altında parçalanır; malzemelerin molekülleri

doğrudan doğruya temasa gelir ve bölgesel kaynak bağlar oluşur. Bu kaynak bağlarının kopması ile meydana gelen malzeme kaybı Şekil 4.4’de verildiği gibi adhesif aşınmasını oluşturur [52].



Şekil 4.4. Adhesif aşınmasının oluşması a) Yükün etkisiyle kaynak b) Hareketin etkisiyle kaynağın kopması [52].

Adhesif aşınması, yüzeylerde bir takım çizikler şeklinde veya tam tersine yüzeyleri parlatmış gibi görülmektedir; bu şekilde yüzeylerden bir tabaka kaldırılmaktadır. Teorik olarak bu tabakalar Şekil 4.5’de gösterildiği gibi olur.



Şekil 4.5. Adhesif aşınma türleri [52].

Zamana bağlı aşınmanın yanı sıra yenme adını taşıyan ani aşınma tipide vardır; bu aşınmada yüzeyler arasında kuvvetli kaynak bağları oluşur, parçalar birbirine kilitlenir veya hareket ettiği halde yüzeyler tamamen bozulur.

Genellikle yenme; eş çalışan malzemelerin seçiminde yapılan hatalardan, basınç veya kayma hızlarının çok büyük ve yağlanmanın yetersiz olmasından kaynaklanır. Yenmede görülen şiddetli kaynama, o noktanın sıcaklığının artmasından ileri gelir. Sıcaklık arttıkça, yapışmış tabakanın düzeni bozulmaya başlar, belirli bir sıcaklıkta kopar ve metalik kaynak bağları oluşur. Bu sıcaklığa tabakanın kritik sıcaklığı da denilir [52].

BÖLÜM 5

KOROZYON

Korozyon, metalin içinde bulunduğu ortam ile kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyona girerek metalik özelliklerini kaybetmesidir. Metallerin büyük bir kısmı su ve atmosfer etkisine dayanıklı olmayıp, normal şartlar altında bile korozyona uğrayabilir.

Bütün metaller doğada mineral olarak buldukları hale dönüşmek eğilimindedir. Doğada mineraller, söz konusu metalin en düşük enerji taşıyan bileşiği yani en kararlı halinde bulunurlar. Bu mineraller özel metalürjik yöntemlerle ve enerji harcanarak metal haline getirilir. Ancak metallerin çoğu, element halinde, termodinamik olarak kararlı değildir. Uygun bir ortamın bulunması halinde üzerinde taşınmış oldukları kimyasal enerjiyi geri vererek yeniden minimum enerji taşıyan kararlı bileşikler haline dönüşmek isterler.

Bu sebeple korozyon olayı enerji açığa çıkararak kendiliğinden yürür. Bazı soy metaller hariç teknolojik öneme sahip bütün metal ve alaşımlar korozyona uğrayabilir [56,58].

5.1. KOROZYON TÜRLERİ

5.1.1 Fiziksel Korozyon

Organik sıvıların ya da ergimiş metallerin neden olduğu korozyon türüdür. Korozyon doğrudan fiziksel çözünme ya da katı hal değişimi ile gerçekleşir. Civa ya da ergimiş alüminyumun metal malzeme yüzeyinde korozyona neden olması fiziksel korozyona örnek olarak gösterilebilir [58].

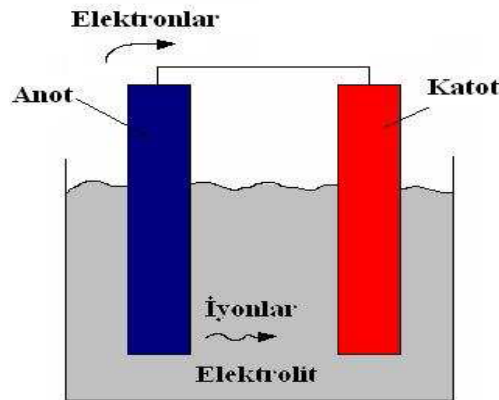
5.1.2. Kimyasal Korozyon

Metal malzemelerin direkt olarak ortamla reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Atmosferik koşullarda en önemli korozyon maddeleri O_2 , H_2S ve halojenler olduğundan genelde metal yüzeyinde korozyon ürünü olarak oksitler ve sülfürler oluşur.

Kimyasal korozyon yüksek sıcaklıklarda meydana geldiğinden yüksek sıcaklık korozyonu olarak da adlandırılmaktadır. Bu korozyon türüne örnek olarak, kazanların alevle ya da sıcak gazla temas ettiği bölgelerde meydana gelen korozyon verilebilir [58].

5.1.3. Elektrokimyasal Korozyon

Sulu ortamda metal ve alaşımlarının bozulmaları ile meydana gelen korozyon türüdür. Elektrokimyasal korozyon mekanizmasında, elektron alışverişi ara yüzeyde meydana gelir. Bu mekanizmanın gerçekleşebilmesi için; aralarında potansiyel fark bulunan malzemelerin aynı ortamda olması ve elektron akışının sağlanabileceği bir elektrolit olması gereklidir [58].



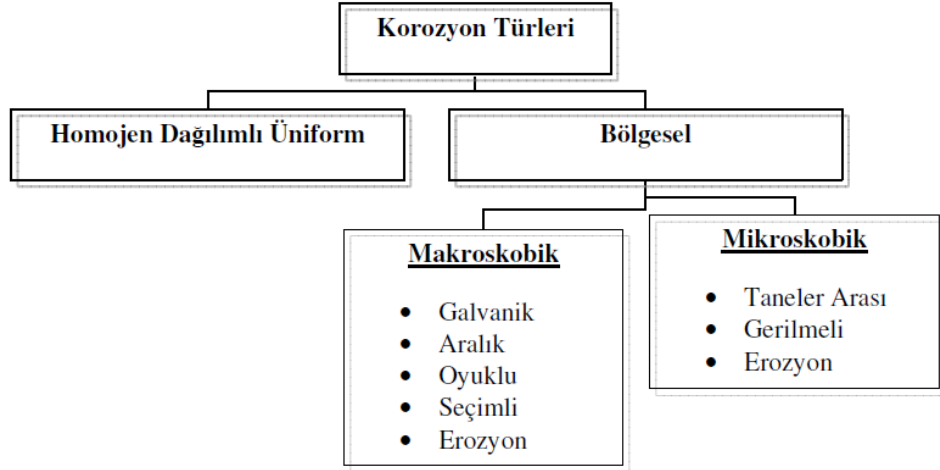
Şekil 5.1. Galvanik hücre [58].

Elektrokimyasal korozyonda elektron alışverişini gerçekleştiren bir elektrolit ve iki tanede elektrot vardır. Katot reaksiyonu bir indirgenme reaksiyonudur. Anot ise bir yükseltgenme reaksiyonudur.

Katot reaksiyonu: $n M^+ + n e^- \rightarrow Mn$

Anot reaksiyonu: $M \rightarrow Mn^+ + n e^-$

Sonuç olarak anodik davranış gösteren malzeme korozyona uğrarken, katodik davranış gösteren malzeme ise korunur. Şekil 5.1’de korozyon hücresi, diğer adıyla galvanik hücre gösterilmiştir [58].



Çizelge 5.1. Korozyon türleri [58].

5.2. HOMOJEN DAĞILIMLI KOROZYON

Malzeme kaybının fazla olduğu, fakat kolaylıkla önceden fark edilebilen bir korozyon türüdür (Şekil 5.2). Korozyona uğrayan kısımlarda aynı oranda malzeme kaybı oluşur. Korozyonun tüm yüzeyde eşit oranda oluşmasının sebebi, anodik ve katodik alanların sürekli yer değiştirmesidir.

Yüzey kaplamaları, katodik koruma ve korozyon ortamının saldırganlığının azaltılması gibi önlemlerle homojen korozyon kontrol altına alınabilmektedir [59].



Şekil 5.2 Homojen dağılımlı korozyon [59]

5.3. BÖLGESEL (LOKAL) KOROZYON TÜRLERİ

Korozyonun çeşitli türleri vardır: öncelikle korozyon bölgesel (lokal) ve tek düze(homojen) olarak ele alınır. Mühendislik açısından daha önemli olan bölgesel korozyon 3 ana başlık altında incelenir:

- a. Gözle görülebilen korozyon (Makro Korozyon) ,
- b. Mikroskopla görülebilen korozyon (Mikro Korozyon) ,
- c. Karışık korozyon (Mikro+Makro Korozyon)

Bölgesel korozyon türlerinin makro, mikro, mikro+makro sınıflandırılması çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

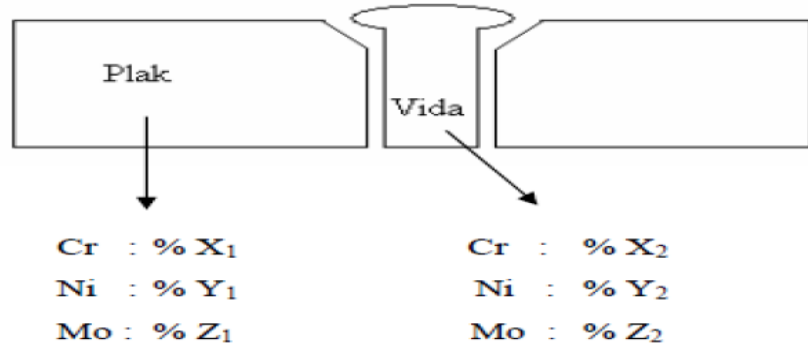
Çizelge 5.2. Bölgesel Korozyonun Sınıflandırılması.

I – Makro Korozyon	II – Mikro korozyon	III - Makro+ Mikro korozyon
Galvanik korozyon	Tanelerarası korozyon	Erozyon korozyonu
Seçici korozyon	Gerilim korozyon çatlama	Titreşimli korozyon
Tabakalaşma	Korozyonlu yorulma	Hidrojen çatlama
Aralık korozyonu		
Oyuklanma korozyonu		
Kavitasyon korozyonu		

5.3.1. Galvanik Korozyon (Makro Korozyon)

Aralarında potansiyel farkı olan iki metal aynı elektrolitin içerisinde bulunuyorsa ve ikisi birbirine bir elektrik temas olacak şekilde yerleştirilmişse, bu iki metalarasında bir potansiyel oluşur.

Anot olan metalden katot olana doğru elektron akımı gerçekleşirken anot metalinde çözünme gözlenir. Bu tip korozyona galvanik korozyon denir. Bu nedenle farklı metaller bir arada kullanılmamalıdır. Aynı metalden yapılmış alaşımlar arasında dahi üretim işlemlerine bağlı potansiyeller olabilir ve galvanik korozyon ortaya çıkabilmektedir. Şekil 5.3 'de galvanik korozyonun mekanizması verilmiştir [56,61].



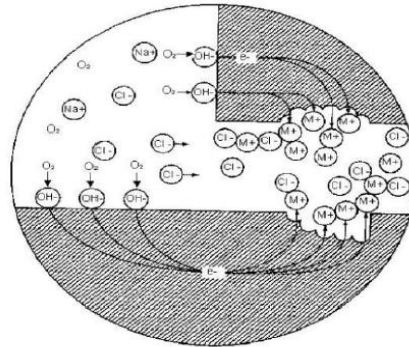
Şekil 5.3. Galvanik korozyon [66]

5.3.2. Taneler Arası korozyon (Mikro Korozyon)

Tane sınırlarının amorf yapıda olması dolayısıyla tane sınırlarının potansiyel farkı tane içine göre daha büyük olduğundan, daha soy yapıda olan tane içi korunur ve tane sınırı korozyona uğrar. Östenitik paslanmaz çeliklerde görülen krom karbür çökmesi bu korozyon türüne örnek olarak verilebilir [59].

5.3.3. Aralık Korozyonu (Makro Korozyon)

Genellikle sızıntı nedeniyle dar aralıklarda oluşan, hızlanmış bir korozyon türüdür. O₂'nin az olduğu yer anot, çok olduğu yer katot davranarak korozyon gerçekleşir (Şekil 5.4). Bir alaşımın homojen olmaması korozyonu hızlandırır. Böyle bir durumda, aynı metalin rastgele farklı bölgelerinde anodik, başka bölgelerinde katodik alanlar oluşabilir. Aralık korozyonun oluşma mekanizması, metalin çözünmesi ve oksijenin hidroksil (OH⁻) iyonuna indirgenmesi ile olur [61].

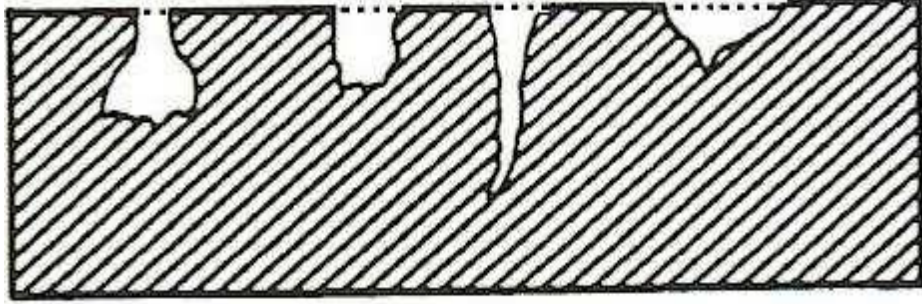


Şekil 5.4. Aralık korozyonu [65].

5.3.4. Çukurcuk Korozyonu

Çukurcuk korozyonu daha çok pasifleşebilen metallerde ve halojen iyonu içeren ortamlarda ortaya çıkmaktadır. Korozyonun genellikle çok dar bölgelerde yoğunlaşması sonucunda, malzeme yüzeyinde çukurcuklar oluşur. Metal yüzeyinde oluşan çukurcukların morfolojisi metal veya alaşımın cinsine göre değişmektedir. Malzeme kaybı az, ancak tehlikeli bir korozyon türüdür (Şekil 5.5).

Çoğunlukla parça delindiğinde korozyon oluşumu fark edilir. Örnek olarak, borularında oluşan çukurcuk korozyonu verilebilir. Al alaşımları ve paslanmaz çeliklerde daha yaygın görülen çukurcuk korozyonunun oluşumunda metal yüzeyindeki süreksizlikler ve mekanik hasarlarda önemli rol oynar [57-62].



Şekil 5.5. Çukurcuk korozyonu [65].

5.3.5. Seçici Korozyon (Makro Korozyon)

Seçici korozyon alaşım elementlerinden birinin korozyona uğrayarak ayrılmasıdır. En yaygın örneği pirinçten çinkonun ayrılmasıdır. Bu olaya da infikizasyon veya çinko kaybı denir. Benzer olay diğer alaşımlar içinde geçerlidir. Mesela altın –gümüş alaşımı seyreltik nitrik asit çözeltisi içinde daldırıldığında gümüşün çözüldüğü ve geriye sadece altının kaldığı görülür.

Bakır çinko alaşımlarında oluşan çinko azalması veya dökme demirde matrisin çözümü ve oluşan grafitleşme olayı da bu tür korozyona örnek olarak verilebilir [64].

5.3.6. Erozyon Korozyonu (Makro + Mikro Korozyon)

Malzeme yüzeyi ile ortam arasındaki hız farkından dolayı oluşan bozunma türüdür. Erozyonlu korozyonda hem kimyasal hem de mekanik etki aynı anda etki etmektedir. Mekanik etki veya kimyasal etkiden hangisinin daha etkin olduğu ortam şartlarına bağlıdır.

Erozyonun aşındırıcı etkisi nedeniyle korozyon sırasında oluşan korozyon ürünleri mekanik etki yapmaktadır. Bozulan yüzeylerin görünüşleri akım yönü doğrultusunda yumuşak engebelerden oluşur ve fazla derin değildir. Erozyon etkisi yüksek akma hızlarında ve türbülans ve çarpma olaylarının fazla olduğu durumlarda çok fazla olur [63].

5.3.7. Gerilmeli Korozyon (Mikro Korozyon)

Korozyonun etkisine, mekanik zorlamaların da eklenmesi, gerilmeli korozyonu çatlama ve korozyon yorulması gibi çok önemli problemlere neden olmaktadır. Gerilmeli korozyonun ortaya çıkabilmesi için, malzemeye çekme veya basma yönünde gerilme uygulanıyor olmalı, mevcut bir çatlak başlangıcı ve olayı destekleyici bir elektrolit bulunmalıdır.

Çatlak başlangıçları, malzemenin yüzeyinde ve büyüklükleri mikroskobik ölçeğin altında olabilen, mekanik gerilme ile korozyonun birlikte etkimesi sonucu ortaya çıkan süreksizliklerdir. Çatlak başlangıcının ucunda çentik etkisi ile gerilme yığılması ve dolayısıyla plastik şekil değiştirmiş bir bölge meydana gelir. Bu bölge yüksek dislokasyon yoğunluğu nedeniyle kısmen azalmış olan gerilme yığılması ve çatlak büyümesi ile taşıyıcı eşit küçülüp ortalama gerilme yükseldiğinden çatlak tekrar etkinlik kazanır. Böylece çatlak ilerlemesi hızlanarak parçanın kısa zamanda kırılmasına yol açar [64,65].

5.4. KOROZYONUN ÖNEMİ

Bütün metal yapılar doğal çevrede belli derecelerde korozyona uğrar. Tunç, prinç, paslanmaz çelik, çinko ve alüminyum koruma olmaksızın uzun süre dayanacakları umulan kullanım koşulları altında çok yavaş bir korozyona uğrarlar.

Demirin ve çeliğin yapısal korozyonu, metal gerektiği ölçüde korunmazsa hızla ilerler. Demir ve çeliğin bu korozyon hassasiyeti önemli bir ilgi odağıdır. Çünkü uygun maliyetleri ve fiziksel özellikleri göz önüne alındığında çok büyük miktarlar kullanılmaktadır. ABD'de çeliğin korozyonundan dolayı uğradığı yıllık kayıp 70 milyar dolara yakın bir değere ulaşmaktadır. Demir ve çeliğin korozyona karşı korunması bakım mühendislerinin vazgeçilmez bir alanıdır.

Korozyon nedeniyle meydana gelen malzeme, enerji ve emek kaybının yıllık değeri ülkelerin gayri safi milli gelirlerinin yaklaşık % 5'i düzeyindedir. Türkiye için bu değer %4,65 civarındadır. Kaynak yöntemi ile imal edilen parçalarda korozyona karşı direnç konusu içerisinde malzemenin metalürjik özelliklerinin yanında kaynak tasarımlarının da büyük önemi vardır [66].

Ekonomik açıdan her ülkenin büyük kayıplara uğramasına neden olur. Bunun dışında korozyon nedeni ile uğranılan zararları kısaca şu şekilde özetleyebiliriz:

- Korozyon her şeyden önce insan hayatını ve sağlığını zarara sokan bir olaydır. Bilindiği gibi bakırın korozyon ürünlerinin insan sağlığı için çok zararlı olması nedeni ile bakır kaplar yüzyıllarca kalayla kaplanarak kullanılmışlardır.
- Korozyon dünyadaki sınırlı metal kaynaklarının en önemli israf nedenidir. Her yıl üretilen metalik malzemelerin yıllık miktarına yaklaşık 1/3'ü korozyon nedeni ile kullanılamaz hale gelir. Devre dışı kalan metalik malzemeler hurda olarak kısmen değerlendirilebilse de 1/3'ü bir daha geri kazanılamamak üzere kaybedilir, yani tabiata geri döner. Bu ise yıllık metalik malzeme üretiminin 1/10'unun, korozyon nedeni ile bir daha geri kazanılamamak koşulu ile kaybı demektir.

- Metalik malzemelerin üretimi “ sermaye - emek - enerji ve bilgi” gerektirir. Korozyon nedeni ile kullanılamaz hale gelmeleri bu nedenle ilave kayıplara neden olur.
- Metalik malzemelerin tabiata geri dönen kısmı ortamı kirletir. Kirli ortam ise korozyonu hızlandırır. Metal kaybı yeni metal üretimini ve dolayısı ile ilave çevre kirlenmesine neden olarak atmosferin ve suyun kirliliğini artırır. Kirli ortamda ise metaller daha hızla korozyona uğrarlar.
- Korozyon olarak nitelendirilebilecek çözümler teknolojinin gelişimi ile daha aşağı sınırlara çekilmektedir. Örneğin, ilaç endüstrisi veya atom santrallerinde “korozyon” olarak nitelenebilecek metal çözünmesi ile atmosferik koşullarda bir çelik yapının “korozyon” u arasında çok büyük farklar vardır. Atmosferik koşullarda milimetrenin kesirli düzeyindeki korozyon nedeni ile uğranılan kalınlık azalmaları normal kabul edilirken bir atom santralinde soğutma suyunun içinden geçtiği borularda korozyonun pratik olarak sifıra yakın olması istenir [66].

5.5. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Dünyada kullanılan metal malzemelerin büyük bir kısmı korozyona maruz kalıp kaybolmaktadır. Korozyon nedeniyle meydana gelen malzeme, enerji ve emek kaybının yıllık değeri ülkelerin gayri safi milli gelirlerinin yaklaşık % 5’ i düzeyindedir. Türkiye için bu değer %4.65 civarındadır.

Bu nedenle gelişen ve değişen günümüz teknolojisinin en ciddi problemlerinden biri hiç şüphesiz malzemelerde meydana gelen korozyondur. Yapılan çalışmalarda, AA 7075 alüminyum alaşımlarına uygulanan yaşlandırma ısıl işleminin korozyon direnci ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan başka çalışmalarda ise alüminyumun ekstrüzyon yöntemi için çok uygun bir malzeme olduğu görülmüştür. Deneysel çalışmalarda, deney numunelerinin bir kısmı 480 °C’ de dört farklı sıcaklıkta (2,4, 6, 8 saat) fırın içerisinde solüsyona alınıp su verme işleminden sonra 120 °C’ de 24 saat T6 yaşlandırma işlemi uygulanmıştır. Bu yaşlandırma işlemi

malzememin mekanik özelliklerini iyileştirmekte fakat korozyona karşı duyarlılığını arttırmakta ve direncini azaltmakta olduğu görülmüştür.

Korozyona karşı dayanımını arttırmak için yapılan çalışmalarda kademeli yaşlandırma işlemi T73 uygulanmış aşırı yaşlandırılmış malzemelerde korozyon direncinin arttığı görülmüştür. Bu yaşlandırma işlemi ısı ve süre ile ters orantılı olmak üzere farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanmıştır. Deneysel çalışmalarda en verimli sonuçların alındığı çalışmaları baz aldığımızda bu sürenin ve sıcaklığın 110 °C'de 8 saat ve 175 °C'de 8 saat de yapıldığı ve sonucunda korozyona karşı direncin büyük ölçüde arttığı görülmüştür.

Bu sebeple çalışmamızda numuneler ekstrüzyon yöntemi ile üretilmiş mekanik ve korozyon özelliklerindeki değişimleri görmek amacıyla T6 ve T73 yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur.

BÖLÜM 6

DENEYSEL ÇALIŞMA

6.1. DENEYSEL MALZEMELER

Deneysel çalışmada matris malzemesi olarak Çizelge 6.1’de kimyasal kompozisyonu verilen (6.3.1’de geçen xrf analizi) ortalama 100 µm partikül boyutuna sahip AA 7075 alaşım tozlar kullanılmıştır. Takviye elemanı olarak 3 farklı ortalama partikül boyutuna sahip (8µm, 32 µm ve 82 µm) SiC seramik tozlar kullanılmıştır.

Çizelge 6.1. AA7075 alüminyum alaşım tozlarının kimyasal kompozisyonu.

ANALIZ SONUCU														
ANALIZ TIPI	EZ TARAMA		ANALIZ TARİHİ	7 Mayıs 2015 10:53		NUMUNE ADI	AA7075							
BİLEŞENLER (%)														
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Ga	Zr
0,3256	1,8481	90,1291	0,2451	0,0312	0,0495	0,2851	0,0554	0,2502	0,2608	0,2319	1,4523	4,7871	0,0155	0,0311

6.2. NUMUNELERİN HAZIRLANMASI

Kompozit malzemeleri elde etmek amacıyla AA7075 alaşım tozlarına ağırlıkça %10 %15 SiC ilave edilmiştir. Tozlar üç eksenli karıştırıcıda (Şekil 6.1) 45 dakika süreyle karıştırılmıştır.



Şekil 6.1. Turbula T2F marka 3 eksenli karıştırıcı.

Saf ve partikül takviyeli karışım tozlar tek eksenli olarak soğuk presleme yöntemi ile 350 MPa basınç altında 35 mm çapında 30 mm yüksekliğinde silindir bloklar halinde preslendi. Soğuk preslenmiş kompaktlar Şekil 6.2’de görülen ekstrüzyon kalıp düzeneği ile 480°C ısıtılıp 1 saat bekletildikten sonra 8,5:1 ekstrüzyon oranı ile 12 mm çaplı çubuklar halinde ekstrüze edildi (Şekil 6.3).

Ekstrüzyon işleminde malzemenin akışını kolaylaştırmak ve daha iyi yüzey kalitesi elde etmek amacıyla kalıp yüzeyleri yüksek sıcaklık dayanımlı gres tipi yağ ile yağlanmıştır.



Şekil 6.2. Ekstrüzyon kalıp düzeneği.



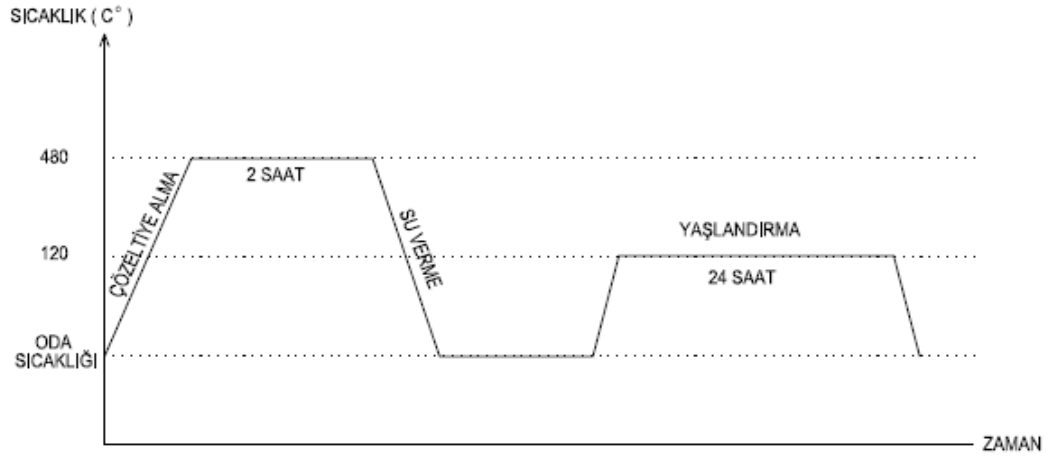
Şekil 6.3. Extrüzyon sonrası numunenin görünümü.

Elde edilen silindir çubuklar diskaton cihazında 15 mm uzunluğunda dilimlenmiştir. AA 7075 alüminyum alaşımlarının aşınma ve korozyon direncini tespit etmek amacıyla numunelere T6 ve T73 yaşlandırma işlemleri uygulandı (Şekil 6.4).



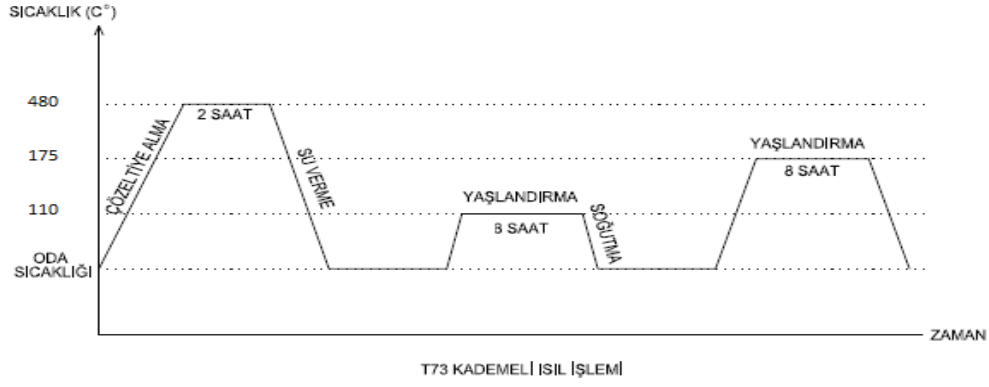
Şekil 6.4. Protherm marka ısıtma işlemi uygulanan fırın.

T6 yaşlandırma işlemi, 480 °C’de 2 saat bekletilerek çözeltilere su verme ve ardından 120 °C sıcaklıkta 24 saat bekletilerek gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. T6 ısıtma işlemi basamakları.

T73 yaşlandırma işlemi, 480 °C’de 2 saat bekletilerek çözeltilere su verme işleminin ardından kademeli olarak önce 110 °C’de daha sonra 175 °C de 8’er saat bekletilerek iki kademeli yaşlandırma işlemi şeklinde uygulanmıştır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6. T73 kademeli ısıtma işlemi.

6.3. NUMUNELERE UYGULANAN KARAKTERİZASYON TEST VE ANALİZLERİ

6.3.1. XRF Analizi

AA7075 alaşım tozlarının kimyasal kompozisyonu Karabük Üniversitesi Demir Çelik Enstitüsünde bulunan Şekil 6.7’de verilen Rigaku ZSX Primus II XRF cihazı ile tespit edildi.



Şekil 6.7. Rigaku ZSX Primus II XRF cihazı.

6.3.2. Yoğunluk Testi

Ekstrüzyon sonrası AA7075 alaşım ve kompozit numunelerden küçük parçacıklar kesilerek Redwag ASR marka model yoğunluk kiti ile arşimed prensibine göre yoğunlukları ölçüldü.

6.3.3. Metalografik Çalışma

Metalografik inceleme için soğuk gömme tekniğiyle bakalitlenerek hazırlanan numunelere sırasıyla 320, 400, 600, 800, 1000, 1200 ve 2000 grit numaralı SiC aşındırıcı zımparalarla sualtında zımparalama işlemi uygulanmıştır. Bu işlemden sonra numuneler sırasıyla 3 µm ve 1 µm elmas pasta ile parlatılmıştır. Mikroyapı incelemeleri için hazır hale getirilen numuneler özel olarak hazırlanan Keller dağlayıcıyla 30Sn dağlanmıştır. Optik inceleme Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi malzeme laboratuvarında bulunan Şekil 6.8’de gösterilen Nikon Eclipse MA 200 model optik mikroskop ile yapılmıştır.



Şekil 6.8. Nikon Eclipse MA 200 model optik mikroskop cihazı.

6.3.4. Tarama Elektron Mikroskop Ve EDX Analizi

Yaşlanma işlemi ile mikro yapıda meydana gelen değişiklikler ve ikinci faz partikülleri ile aşınma yüzeylerini incelemek amacı ile Karabük Üniversitesi Demir Çelik Enstitüsünde bulunan Şekil 6.9’da görülen Carl Zeiss Ultra Plus Gemini Fesem tarama elektron mikroskobu kullanılmıştır.



Şekil 6.9. Carl Zeiss Ultra Plus Gemini Fesem tarama elektron mikroskop cihazı.

6.3.5. XRD Analizi

AA7075 alaşım ve partikül takviyeli kompozit numunelerin faz yapıları Karabük Üniversitesi Demir elik Enstitüsünde bulunan Şekil 6.10'da görülen Rigaku Ultra IV XRD cihazı ile tespit edildi.



Şekil 6.10. Rigaku Ultra IV XRD cihazı.

6.4. MEKANİK TESTLER

6.4.1. Sertlik Testi

Alaşım ve kompozit numunelerin sertlik değerleri Brinell sertlik olarak HBW 2.5x31,25 standardında Şekil 6.11'de görülen QNESS Q250M makro sertlik ölçüm cihazı kullanılarak tespit edildi.



Şekil 6.11. QNESS Q250M makro sertlik ölçüm cihazı.

6.4.2. Aşınma Testi

Aşınma deneyinde Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesinde bulunan Şekil 6.12’de görülen pin-ondisk tipi standart deney cihazı kullanılmıştır. Aşınma testlerinin yapıldığı disk AISI 52100 çeliğinden imal edilmiş olup 58-60 HRC sertliğindedir. Aşınma deneylerine başlamadan önce her numune ve disk yüzeyi alkol ile temizlenmiştir.

Aşınma testleri 40 N yük altında 1000 metre mesafede ve 1 m/s’lik kayma hızında gerçekleştirilmiştir. Numuneler deney öncesinde ve deney sonrasında 0,0001g hassasiyetindeki dijital terazide tartılarak ağırlık kayıpları ölçülmüştür. Ayrıca numunelerin sürtünme kuvvet değerleri bilgisayar bağlantılı yük hücresi ile kayıt edilmiştir.



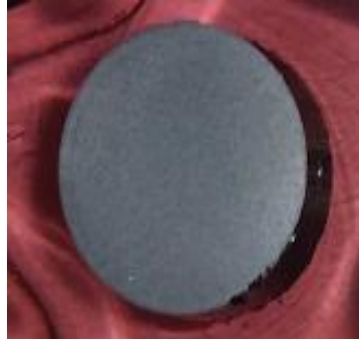
Şekil 6.12. Pin-on disk tipi standart deney cihazı.

6.4.3. EXCO Korozyon Testi

T6 ve T73 yaşlandırma işlemlerinin AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin pullanma korozyon direncine etkisini görebilmek amacıyla 12 mm kesitli numuneler Şekil 6.13’de görüldüğü gibi epoksiye gömülerek yaklaşık 1,13 cm³ yüzey alanına sahip korozyon numuneleri elde edildi. Numuneler ASTM G34-79 standardında kimyasal bileşimi verilen(çizelge 6.2) çözeltiye 4, 8 ve 16 saatlik periyotlarda daldırılarak meydana gelen ağırlık kayıpları ve yüzey durumları incelenerek korozyon dayanımları belirlendi. Korozyon testi 25°C’de ve birim alana düşen çözelti miktarı çizelge 6.2’de verildiği gibi 60 ml/cm² olacak şekilde uygulanmıştır.

Çizelge 6.2. EXCO korozyon test çözeltisi.

Kimyasal	Miktar
Sodyum klorür	234 g
Potasyum nitrat	50 g
Nitrik asit	6,3 ml



Şekil 6.13. Epoksiye gömülmüş ve yüzeyi parlatılmış örnek korozyon test numunesi.

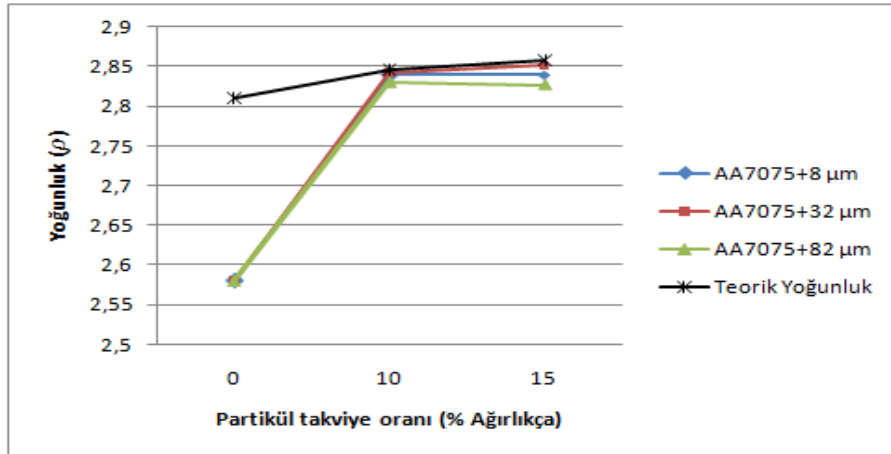
BÖLÜM 7

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

7.1. YOĞUNLUK TEST SONUÇLARI

Ekstrüzyon işlemi uygulanmış AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin yoğunluk ölçüm sonuçları Şekil 7.1'de görülmektedir. Yoğunluk değerleri saf numunelerde oldukça düşükken yapıya ilave edilen farklı boyutlardaki (8, 32 ve 82 µm) partiküller yoğunluk artışına neden olmuştur. Yoğunluk artışı 32 µm partikül takviyeli numunelerde 8 µm ve 82 µm partikül takviyeli kompozitlere nispeten daha fazla olmuştur. AA7075 alaşımının teorik yoğunluğu 2,81 g/cm³ ve SiC'ün 3,21 g/cm³ olarak alındığında, T6 yaşlandırma işlemi uygulanmış AA 7075 alaşımli numunelerde gözenek oranı yaklaşık %8 kompozit numunelerde ise %2'nin altına düşmüştür. T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış AA 7075 alaşım numunelerde gözenek oranı %7'ye düşerek yoğunluk artışına sebep olduğu görülmüştür. Gözenek oranı formülü aşağıdaki gibidir.

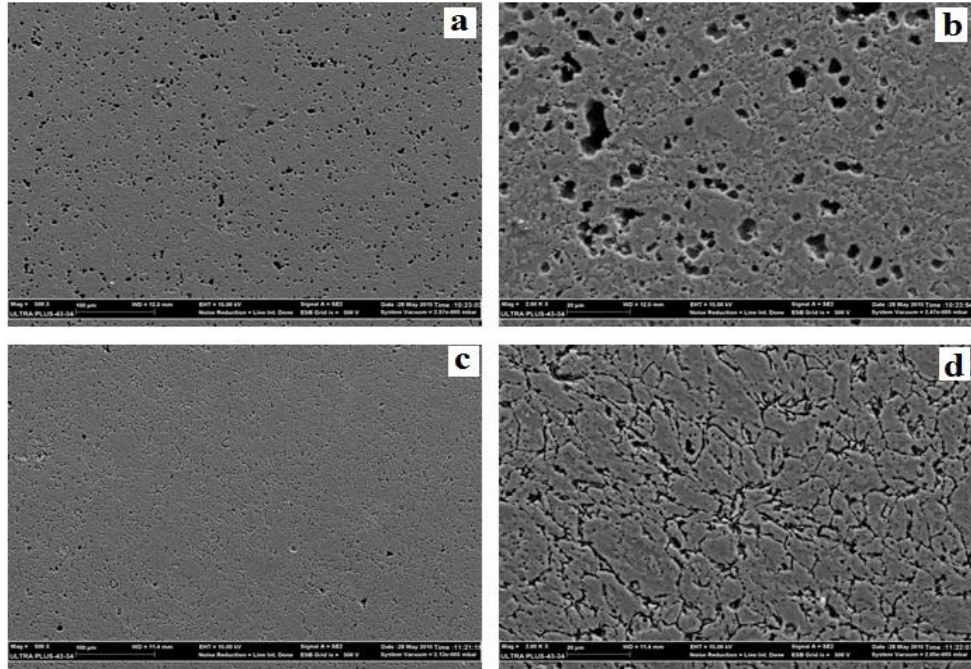
$$\rho = \frac{M_{AA7075}}{V_{AA7075}} + \frac{M_{SiC}}{V_{SiC}} \quad (7.1)$$



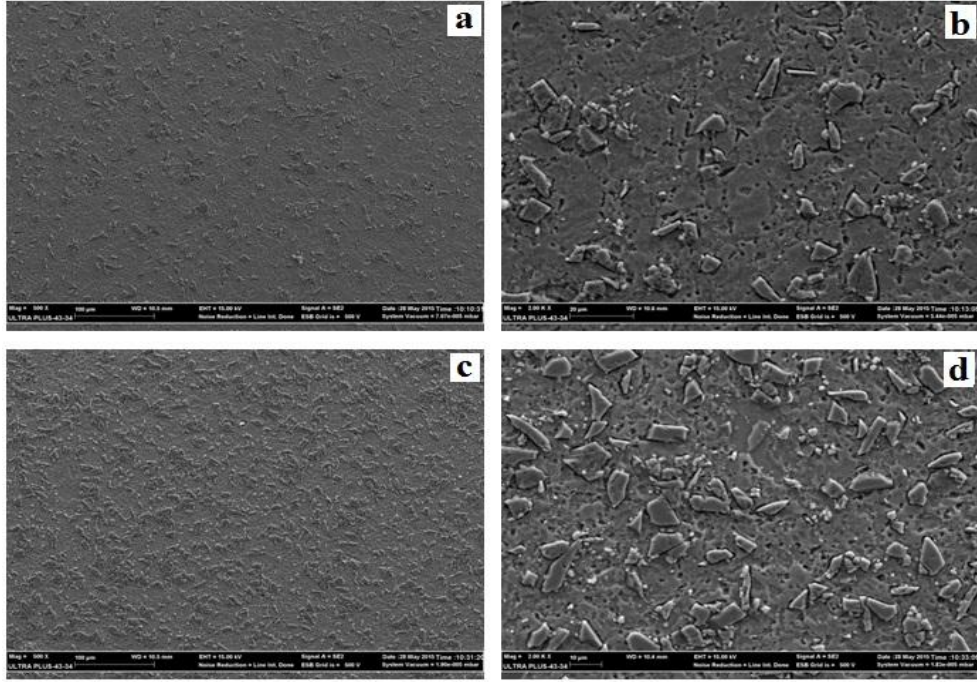
Şekil 7.1. AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin yoğunluk ölçüm sonuçları

7.2. AA7075 ALAŞIM VE KOMPOZİT NUMUNELERİN MİKROYAPISI

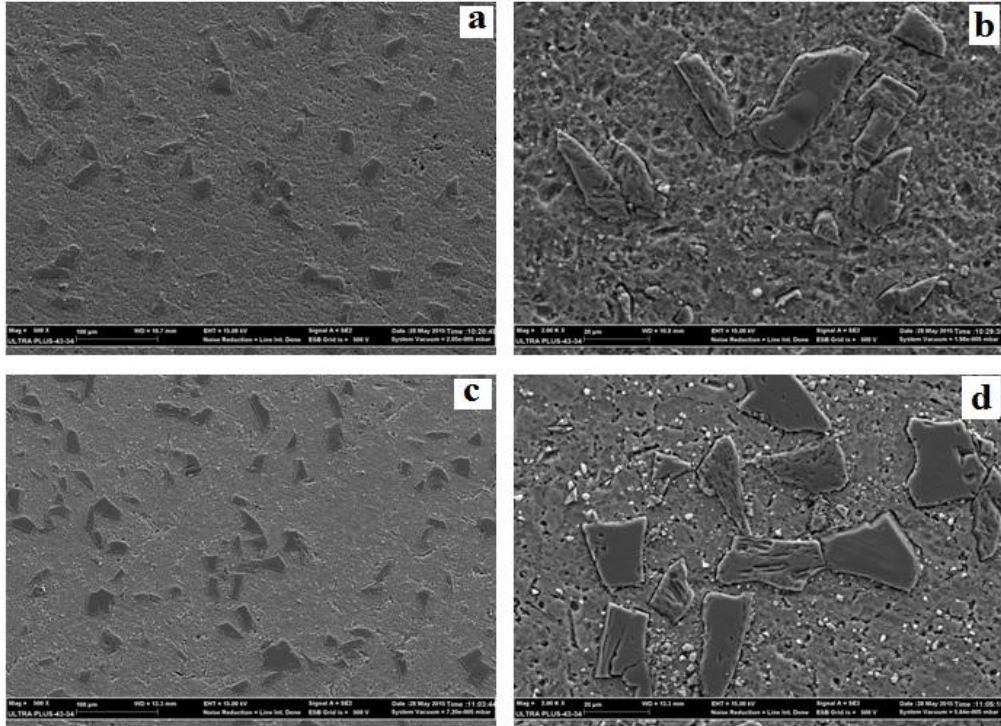
T6 ve T73 yaşlandırma işlem uygulanmış AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin SEM görüntüleri Şekil 7.2-7.8’de verilmiştir. Saf numuneler gözenekli bir yapıya sahipken, kompozit numunelerde gözeneklerin daha az ve küçük boyutlu olduğu görülmektedir. T73 ısıl işlemi uygulanmış saf numunelerde gözenek boyutlarında azalma meydana geldiği görülmüştür. Kompozit numunelerde ise gözeneklerin azalmasındaki temel faktör matris yapıyı oluşturan ve ortalama partikül boyutu 100 μm olan AA7075 alaşım partiküllerinin ara boşluklarının daha küçük boyutlu (8, 32 ve 82 μm) SiC partikülleriyle dolarak gözenek yoğunluğunu azaltmasından ileri geldiği düşünülmektedir. Özellikle 32 μm partikül takviyeli kompozitlerde partikül dağılımının daha homojen şekilde gerçekleştiği gözlenmiştir. 8 μm partikül takviyeli kompozitlerde takviye elemanının bazı bölgelerde topaklandığı tespit edilmiştir.



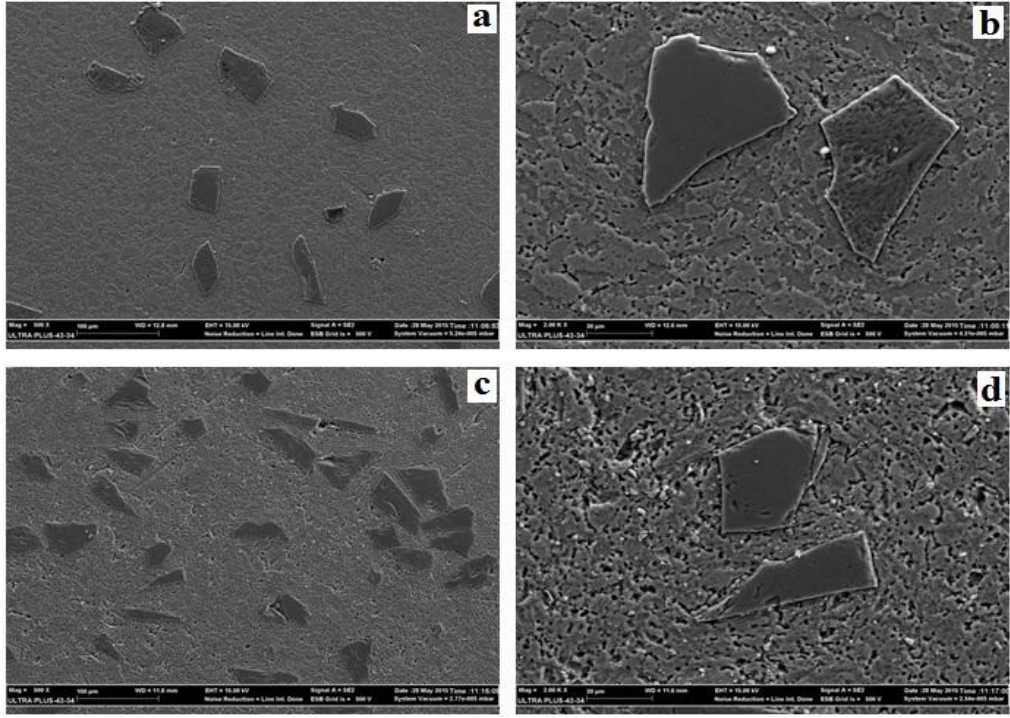
Şekil 7.2. AA 7075 saf numunelerin SEM görüntüleri a-b) T6, c-d) T73 ısıl işlemlili.



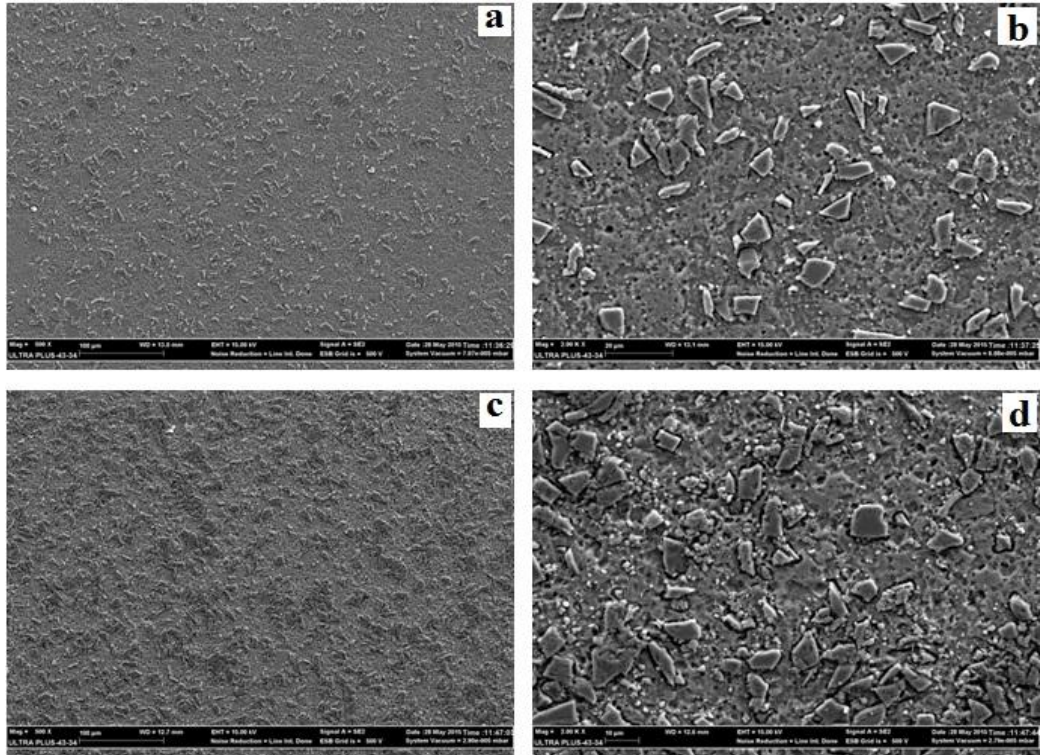
Şekil 7.3. AA7075-SiC(8 μ m)-T6 numunelerin SEM görüntüleri a-b) %10 c-d) %15.



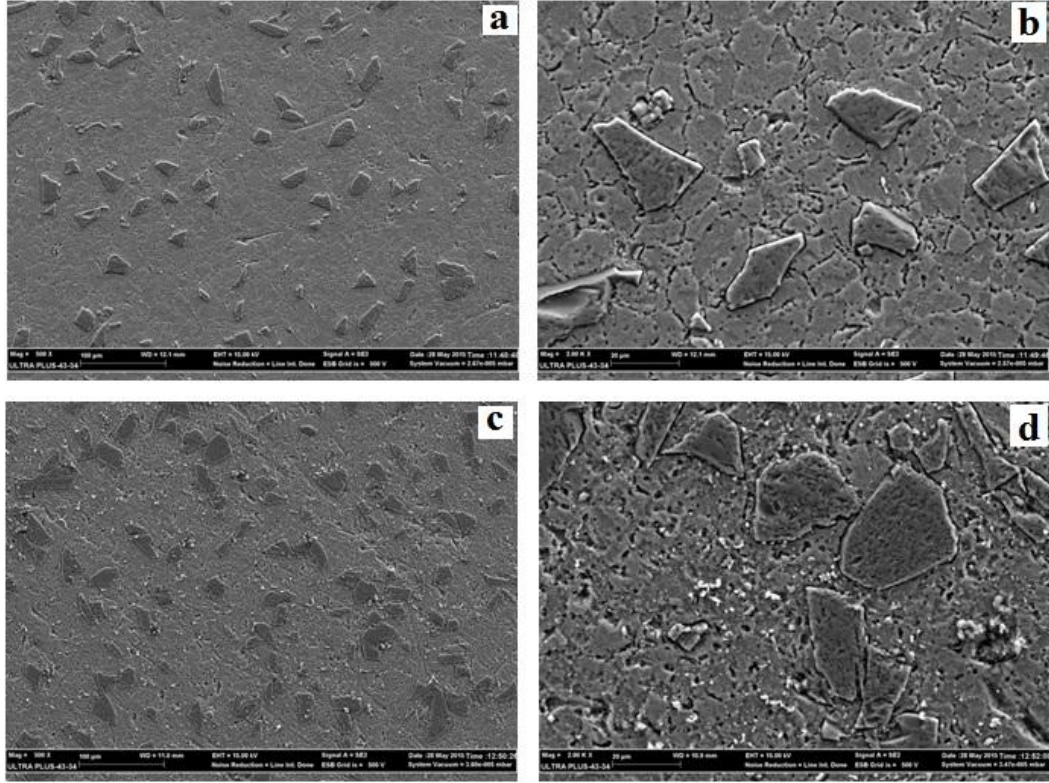
Şekil 7.4. AA7075-SiC(32 μ m)-T6 numunelerin SEM görüntüleri a-b) %10 c-d) %15.



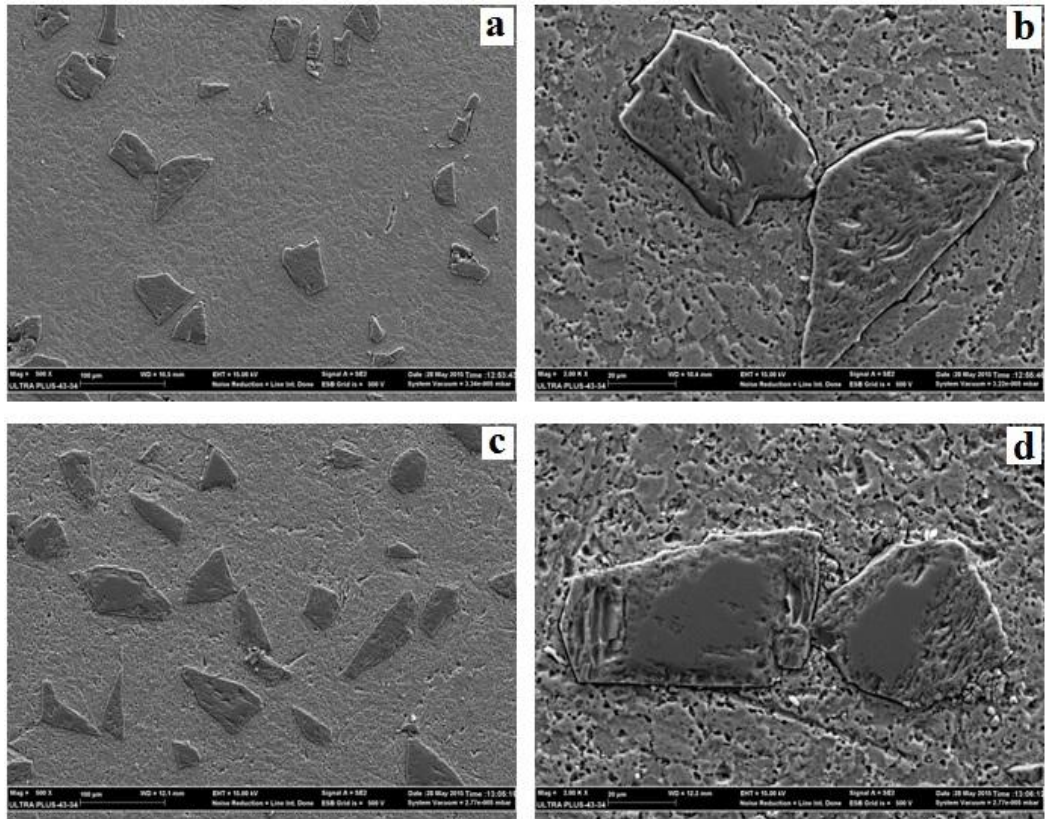
Şekil 7.5. AA7075-SiC(82 μ m)-T6 numunelerin SEM görüntüleri ab) %10 cd) %15.



Şekil 7.6. AA7075-SiC(8 μ m)-T73 numunelerin SEM görüntüleri ab) %10 cd) %15.



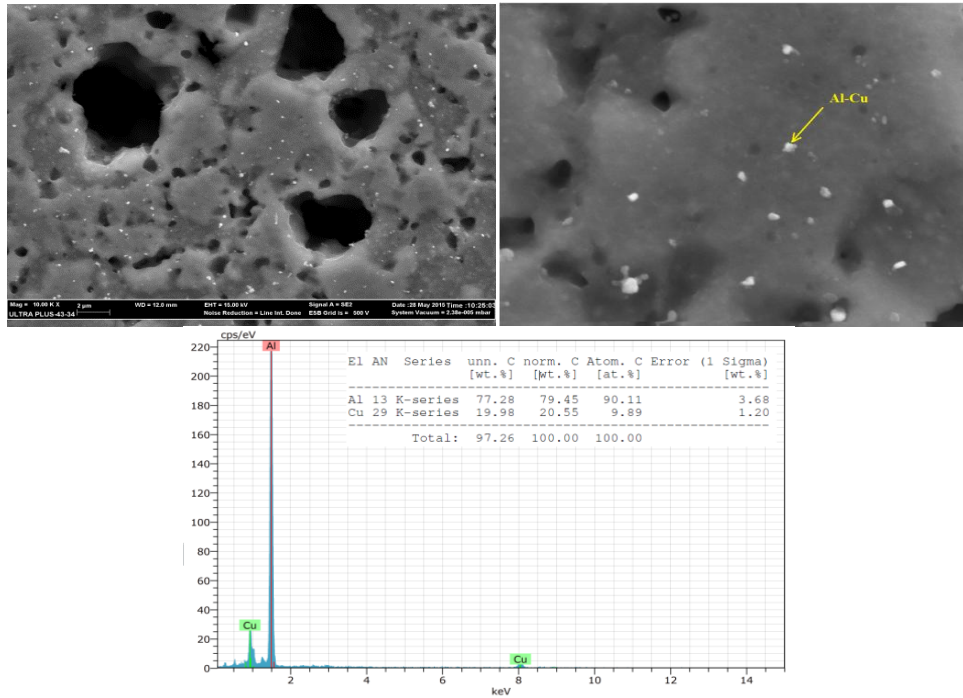
Şekil 7.7. AA7075-SiC(32 μm)-T73 numunelerin SEM görüntüleri ab) %10 cd) %15.



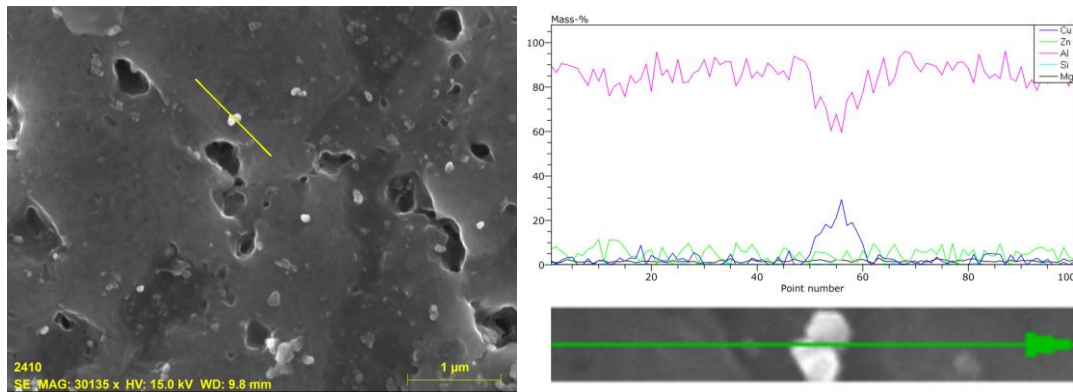
Şekil 7.8. AA7075-SiC(82 μm)-T73 numunelerin SEM görüntüleri ab) %10 cd) %15.

7.3. AA7075 ALAŞIM VE KOMPOZİT NUMUNELERİN ELEMENTAL ANALİZİ

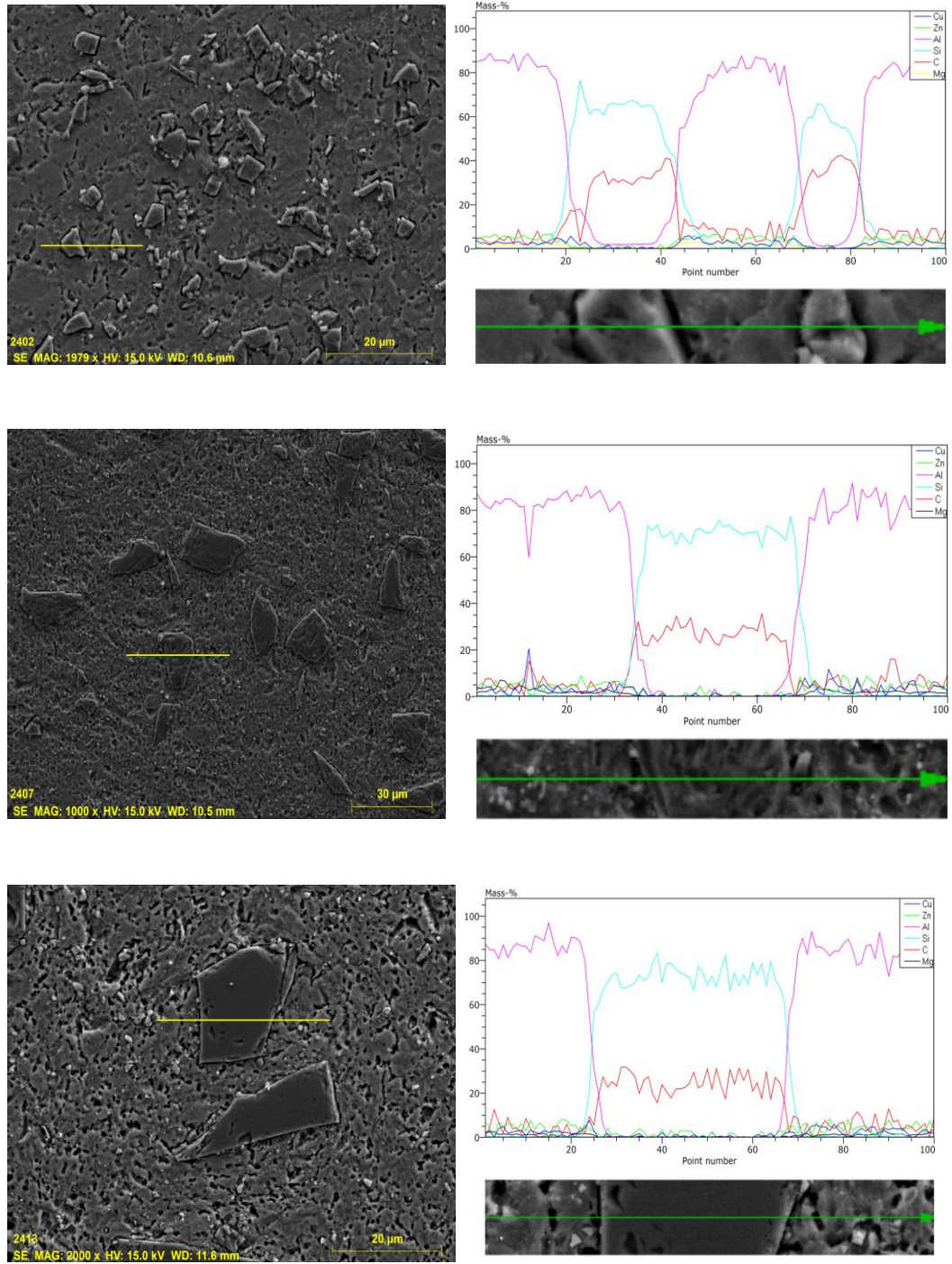
AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin yüzeylerine EDX analizleri uygulanarak matris yapının kimyasal bileşimi ve matris yapı içerisindeki diğer fazların varlığı tespit edildi. T6 ısıl işlemi uygulanmış AA7075 alaşımında yaşlandırma işlemi sonucunda matris yapıda Al-Cu ikincil fazının oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 7.9-7.10). Kompozit numunelerde yapıya eklenen farklı boyutlu SiC partiküller de net bir şekilde görülmektedir (Şekil 7.11).



Şekil 7.9. T6 ısıl işlemi uygulanmış saf AA7075 alaşımının noktasal EDX analizi.

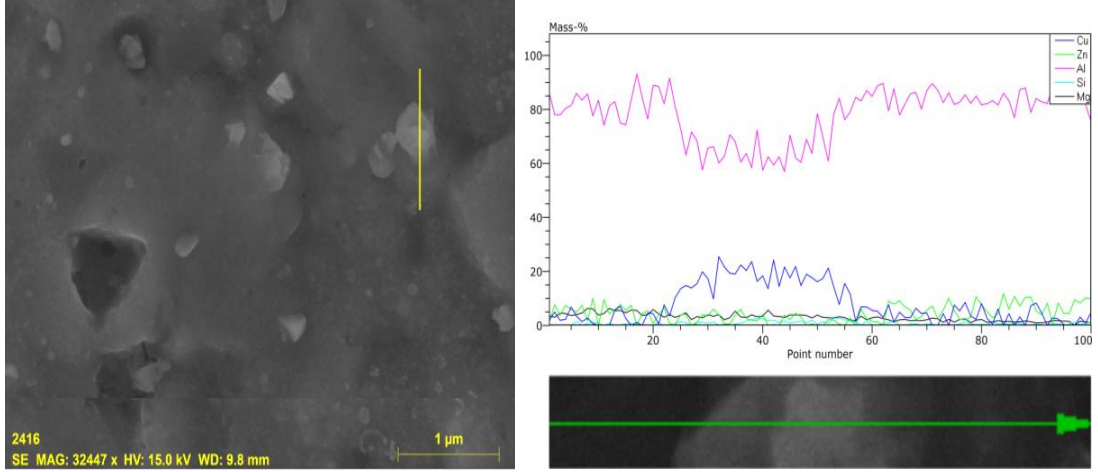


Şekil 7.10. T6 ısıl işlemi uygulanmış saf AA7075 alaşımının çizgisel EDX analizi.

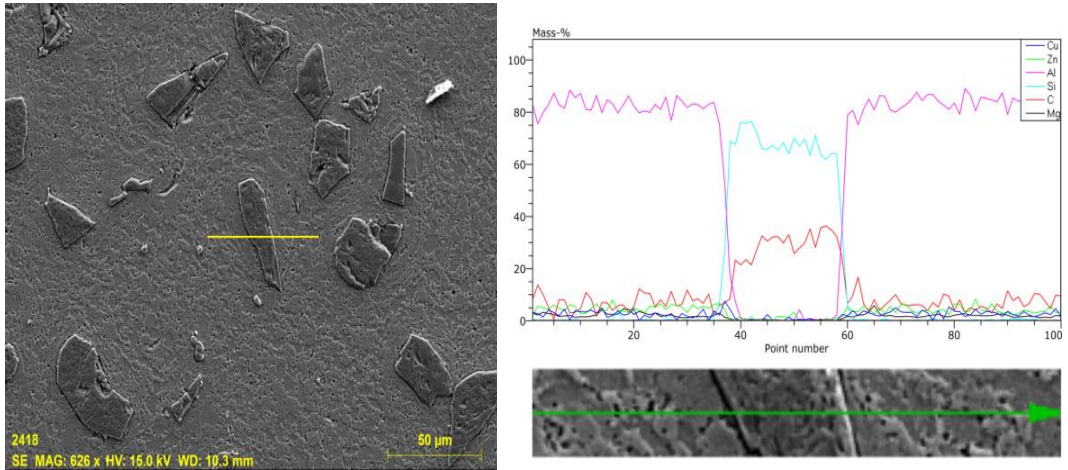
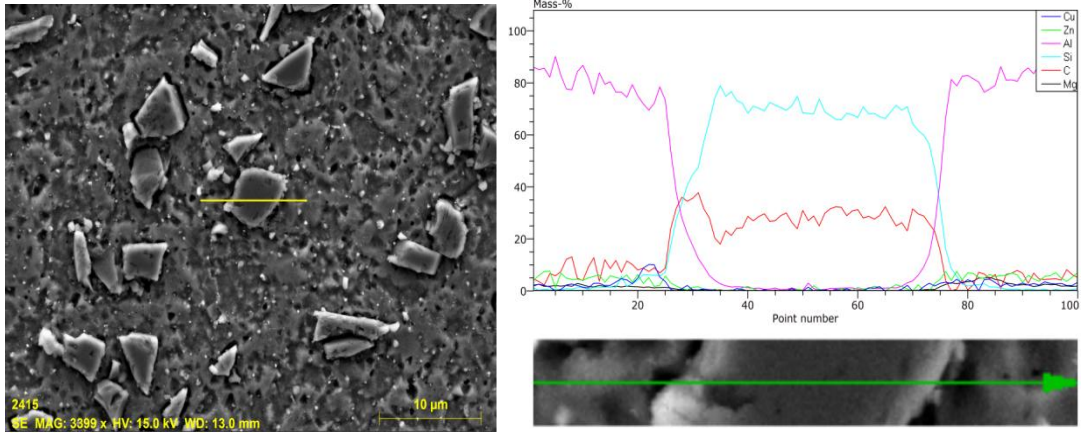


Şekil 7.11. T6 ısıt işlemleri uygulanmış AA7075-SiC kompozit numunelerin EDX analizi.

T73 ısıt işlemleri uygulanmış AA7075 alaşımında yaşlandırma işlemi sonucunda matris yapıda Al-Cu ikincil fazların varlığı tespit edilmiştir. T6 ile karşılaştırıldığında bu çökeltilerin biraz daha büyük olduğu görülmüştür. T73 ısıt işlemi uygulanmış kompozit numunelerde yapıya eklenen farklı boyutlu SiC partikülleri de net bir şekilde görülmektedir (Şekil 7.12-7.13).



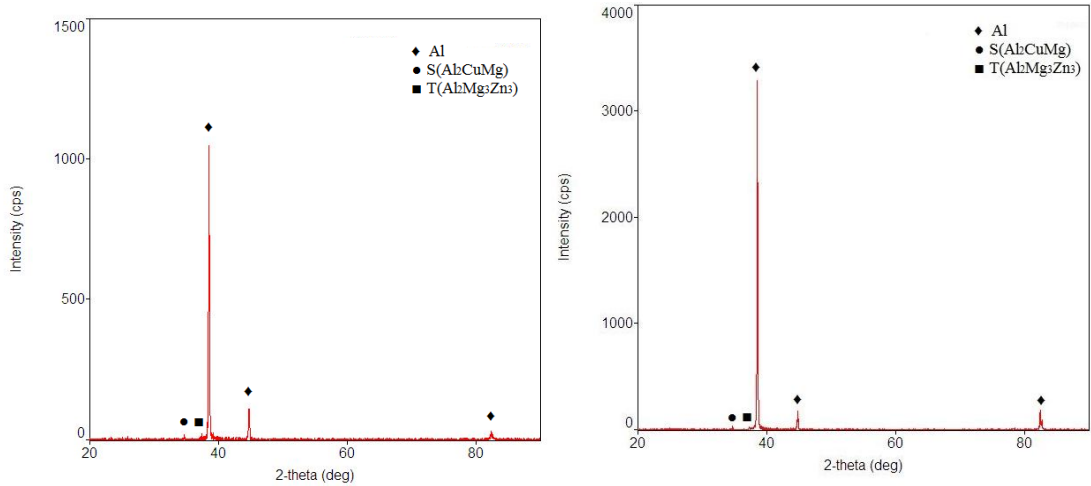
Şekil 7.12. T73 ısııl işleme uygulanmış saf AA7075 alaşıımının çizgisel EDX analizi.



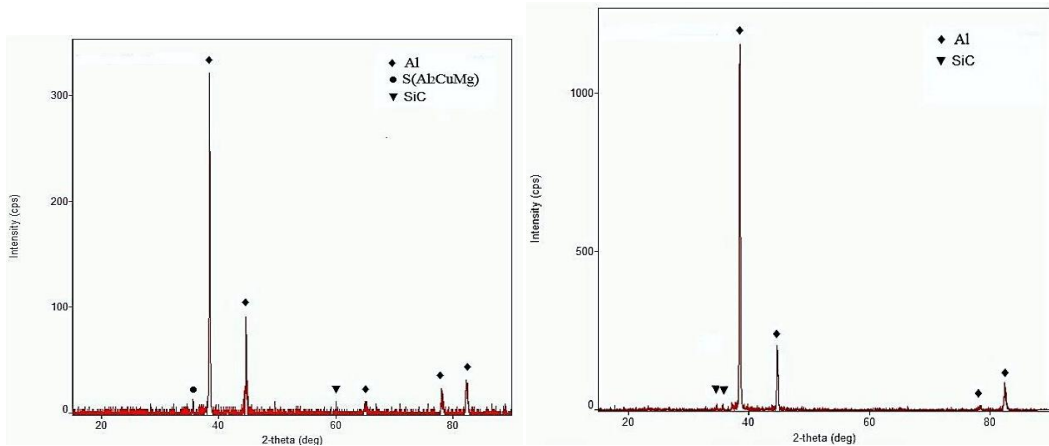
Şekil 7.13. T73 ısııl işleme uygulanmış AA7075-SiC kompozit numunelerin EDX analizi.

7.4. AA7075 ALAŞIM VE KOMPOZİT NUMUNELERİN XRD ANALİZİ

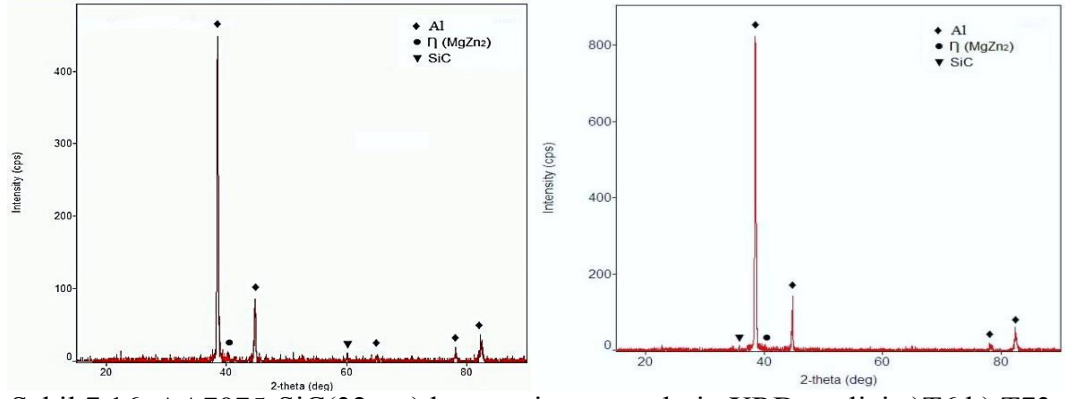
AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin yapısında T6 ve T73 yaşlandırma işlemlerinin meydana getirdiği değişim ve faz yapılarını tespit etmek amacıyla uygulanan XRD kırınım analiz sonuçları Şekil 7.14-7.17’de verilmiştir. EDX analizleri ile yalnızca elemental olarak tespit edilebilen bazı fazların varlığı XRD ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde T6 ve T73 ısıl işlem görmüş saf ve kompozit numunelerin analizlerinde yeterince belirgin olmamasına karşın matris yapıda η (MgZn₂), T(Al₂Mg₃Zn₃), θ (Al₂Cu) ve S(Al₂CuMg) ikincil fazlarının varlığı tespit edilmiştir. Fazlara ait XRD pikleri T6 ısıl işlemlenmiş numunelerde daha belirgin şekilde görülürken T73 ısıl işlem uygulanmış numunelerde belirsizdir.



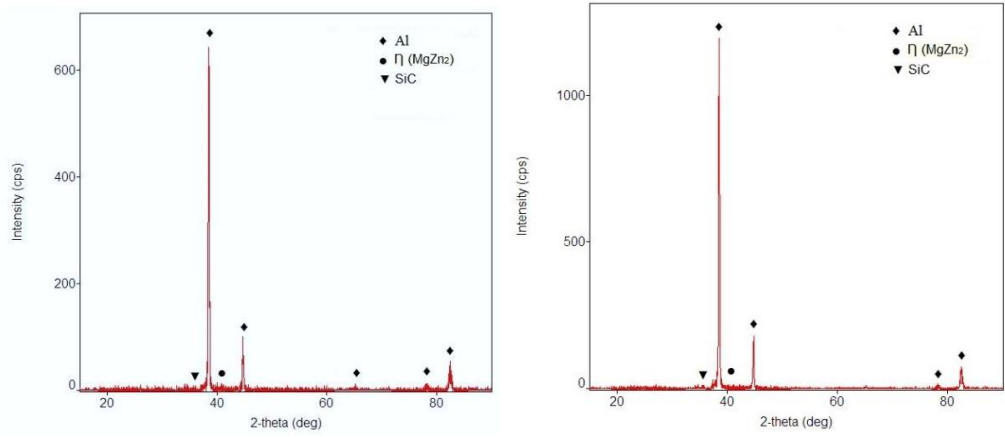
Şekil 7.14. AA7075 alaşımlı numunelerin XRD analizi a) T6 b) T73.



Şekil 7.15. AA7075-SiC(8µm) kompozit numunelerin XRD analizi a) T6 b) T73.



Şekil 7.16. AA7075-SiC(32µm) kompozit numunelerin XRD analizi a)T6 b) T73.

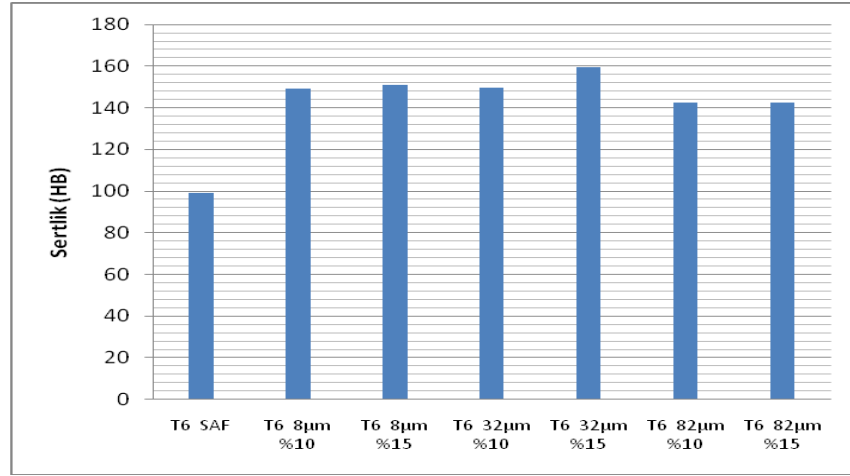


Şekil 7.17. AA7075-SiC(82µm) kompozit numunelerin XRD analizi a) T6 b) T73.

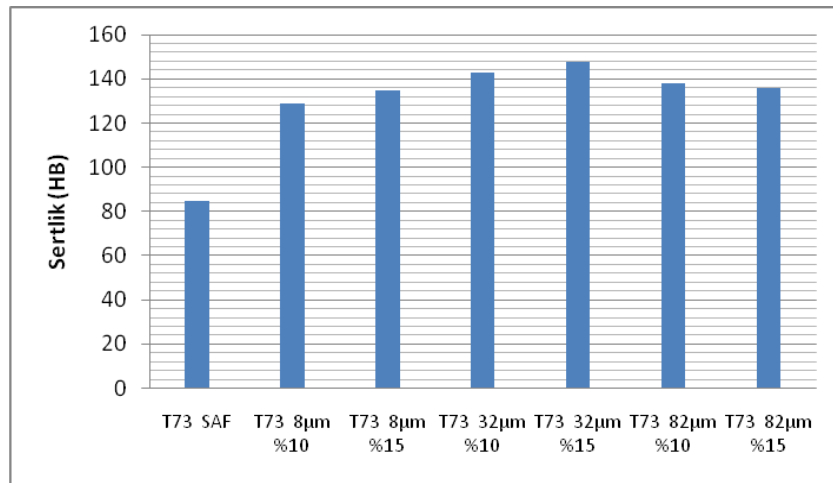
7.5 AA7075 ALAŞIM VE KOMPOZİT NUMUNELERİN SERTLİĞİ

T6 ve T73 yaşlandırma işlemlerinin AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin sertliğine etkisi 2,5 mm çaplı uç ve 31,25 kg yük altında yapılan Brinell sertlik ölçümleri ile belirlendi (Şekil 7.18-7.19). Sertlik ölçümleri T6 yaşlandırma işleminin hem alaşım hem de kompozit numunelerde T73 yaşlandırma işlemine göre sertlik değerlerini daha yüksek değerlere çıkardığını göstermektedir. T6 yaşlandırma işlemi sonucu oluşan ikincil fazlar matris yapıda gerilmeleri arttırması ve dislokasyon hareketlerini engellemesi malzemedeki sertlik ve dolayısıyla mukavemet artışına neden olmaktadır. T73 yaşlandırma işlemi ile elde edilen sertlik değerleri T6 yaşlandırma işlemi uygulanmış numunelere göre daha düşük değerlerde elde edilmiştir. T73 yaşlandırma işlemi sonucu meydana gelen aşırı yaşlanma daha dengeli ikincil fazların oluşmasına sebep olmakta buda yapıdaki gerilmeleri azaltmaktadır. Azalan gerilmeler sertlik değerlerinin düşmesine sebep olmaktadır.

Kompozit numunelerde partikül ilavesi ve oranı sertlik artışında etkili olmuştur. En yüksek sertlik değeri T6 ve T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış 32 µm partikül takviyeli kompozitler de elde edilmiştir. Genel olarak sertlik değeri 8 ve 32 µm partikül takviyeli kompozitlerde birbirine yakın değerler elde edilirken, 82 µm partikül takviyeli kompozitlerin sertliğinde azalma meydana gelmiştir. Daha küçük boyutlu takviye elemanlarında partikül dağılımındaki homojenlik yüksek sertlik değerlerine ulaşılmasını sağlarken 82 µm boyutlu partiküllerde homojen dağılımın nispeten daha düşük olması ve partikül boyutundan kaynaklı gözeneklerin bu düşüşün temel sebebi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 7.18. T6 yaşlandırma işlemi uygulanmış AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin sertlik değerleri.

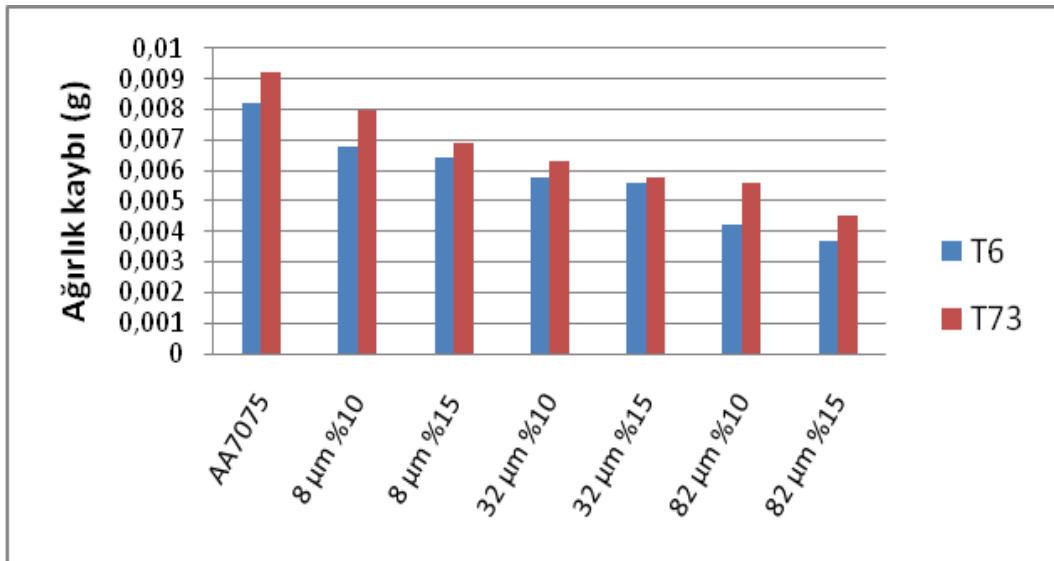


Şekil 7.19. T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin sertlik değerleri.

7.6 AA7075 ALAŞIM VE KOMPOZİT NUMUNELERİN AŞINMA DAYANIMI

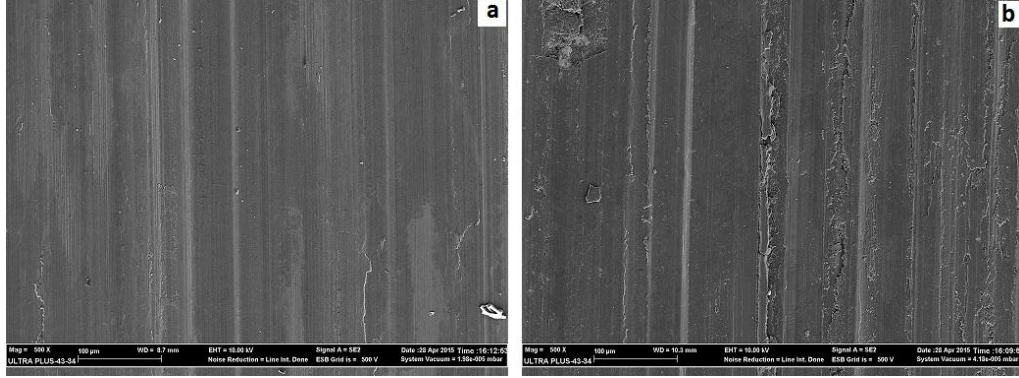
AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin 40 N yük altında ve 1000 m'lik mesafede yapılan aşınma testleri sonucunda meydana gelen ortalama ağırlık kayıpları Şekil 7.20'de verilmiştir. Ağırlık kaybı en fazla AA7075 alaşım numunelerde meydana gelirken, hem T6 hem de T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış numunelerde partikül boyut ve oranının artışına bağlı olarak aşınma kaybında azalma meydana gelmiştir. En fazla ağırlık kaybı T73 ısıtma işlemi uygulanmış numunelerde gerçekleşmiştir. T6 yaşlandırma işlemi uygulanmış numunelerin sertliğinin T73 işlemlili numunelere kıyasla daha yüksek olması aşınma direncini arttırmıştır.

Partikül boyunun artmasına bağlı olarak aşınma kayıplarında azalma meydana gelmiştir. Bu azalışta aşınma esnasında ara yüzeyde kalan parçacıkların yarattığı abrasif etkinin küçük parçacıkların kolaylıkla yüzeyden uzaklaşmasına yardımcı olmasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca küçük partikül takviyeli kompozitlerde takviye elemanlarının topaklanmasının yapı içerisindeki bağ kuvvetini olumsuz etkilediği bilinmektedir. Büyük parçacıklar matris yapıya daha iyi tutunma göstererek aşınma direncinin artışın etkili oldukları düşünülmektedir.

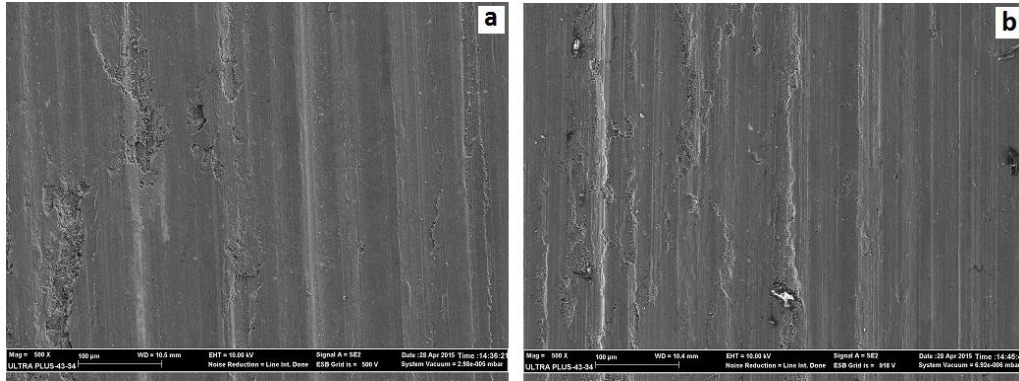


Şekil 7.20. Partikül boyut, oran ve ısıtma işlemine bağlı ağırlık kaybı.

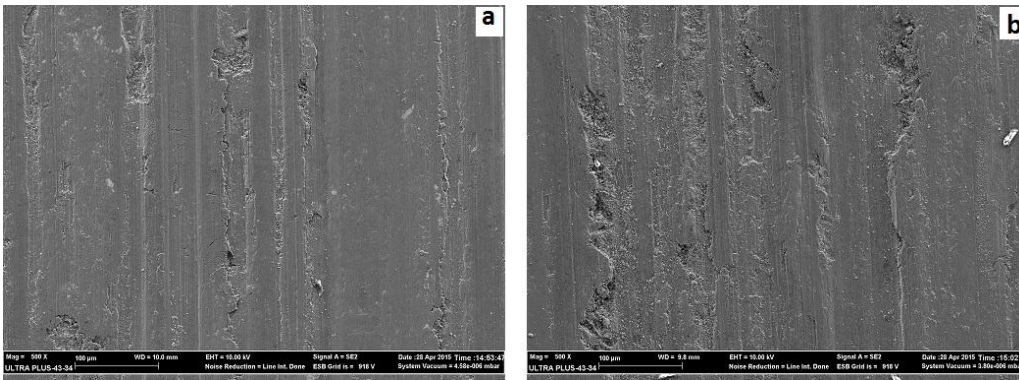
AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin aşınma yzey görüntüleri Şekil 7.21-7.27’de verilmiştir. Aşınma yzeyleri incelendiğinde adhesif aşınmanın yanı sıra özellikle kompozit numunelerde yzeyden koparak ayrılan seramik partiküllerin ara yzeyde meydana getirdiği abrasif aşınma izlerine daha çok rastlanmaktadır.



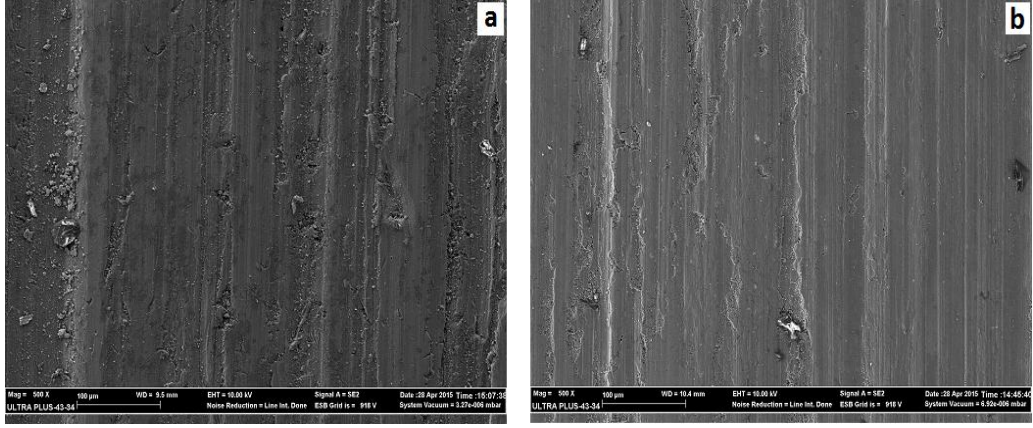
Şekil 7.21. AA 7075 alaşım numunelerin aşınma yzey görüntüleri a) T6, b) T73 ısış işlemleri.



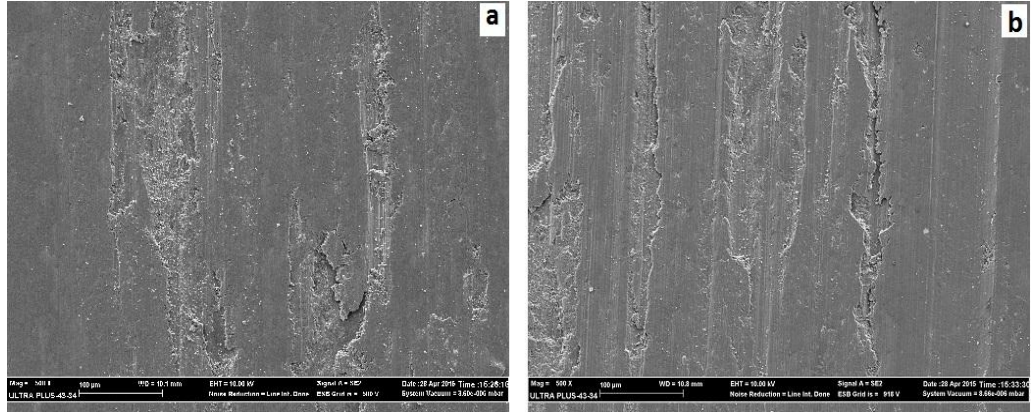
Şekil 7.22. AA7075-SiC(8 µm)-T6 numunelerin SEM görüntüleri a) %10 b) %15.



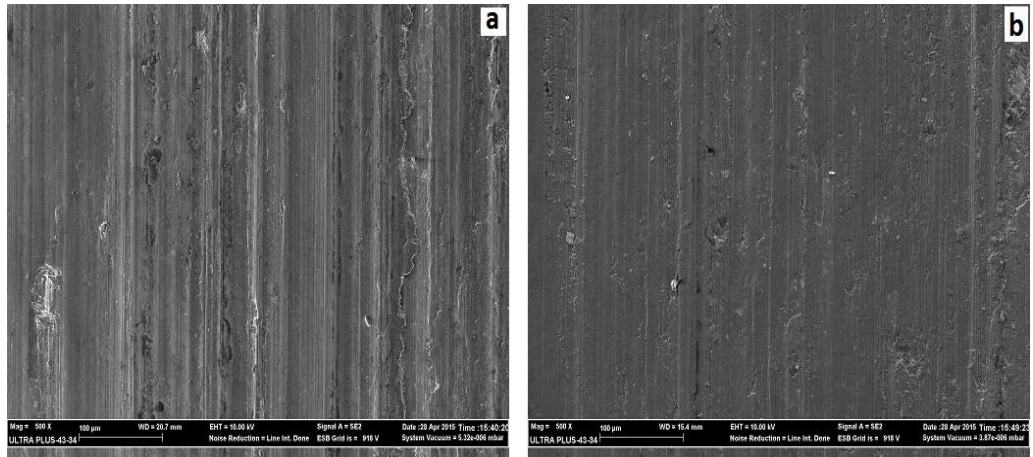
Şekil 7.23. AA7075-SiC(32 µm)-T6 numunelerin SEM görüntüleri a) %10 b) %15.



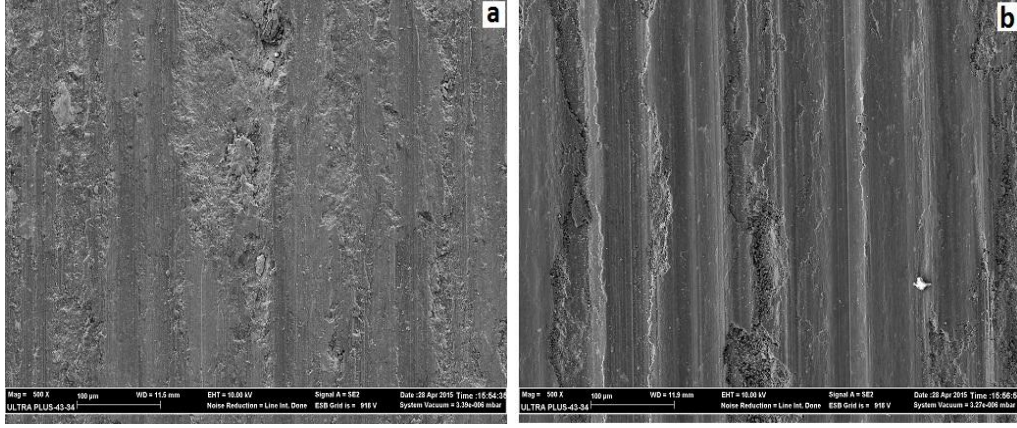
Şekil 7.24. AA7075-SiC(82 μ m)-T6 numunelerin SEM görüntüleri a) %10 b) %15.



Şekil 7.25. AA7075-SiC(8 μ m)-T73 numunelerin SEM görüntüleri a) %10 b) %15.

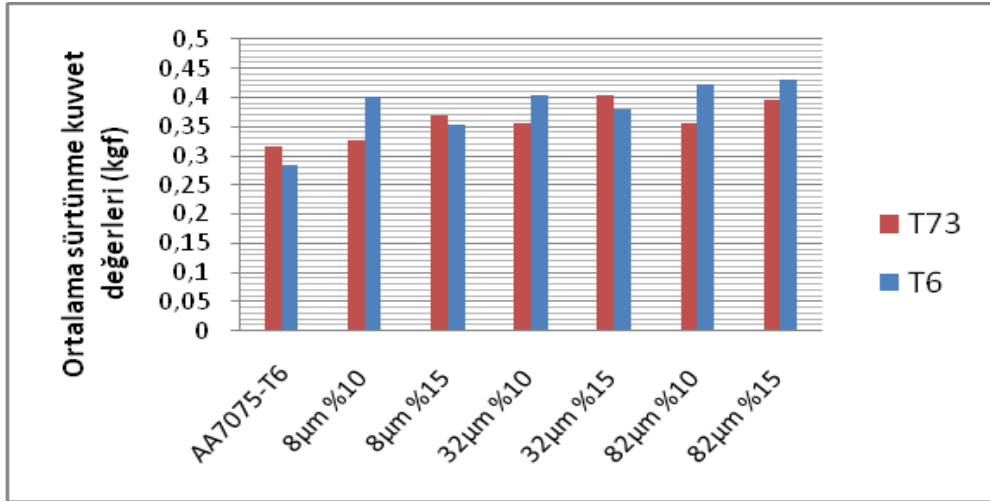


Şekil 7.26. AA7075-SiC(32 μ m)-T73 numunelerin SEM görüntüleri a) %10 b) %15.



Şekil 7.27. AA7075-SiC(82 µm)-T73 numunelerin SEM görüntüleri a) %10 b) %15.

Aşınma esnasında meydana gelen sürtünme kuvvet değerlerine ait grafikler Şekil 7.28’de verilmiştir. Hem T6 hem de T73 yaşlandırma işlemine tabi tutulmuş numunelerde partikül boyutunun artışına bağlı olarak sürtünme kuvvetinde artış meydana gelmiştir. En düşük sürtünme kuvveti AA7075-T6 ve AA7075-T73 numunelerde meydana gelmiştir.



Şekil 7.28. AA7075-T6/T73 alaşım ve kompozit numunelerin ortalama sürtünme kuvvet değerleri.

Partikül takviyeli kompozitlerde yüzeyden kopan parçacıklar ara yüzeyde meydana getirdiği abrasif etkinin sürtünme kuvvetinin artmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

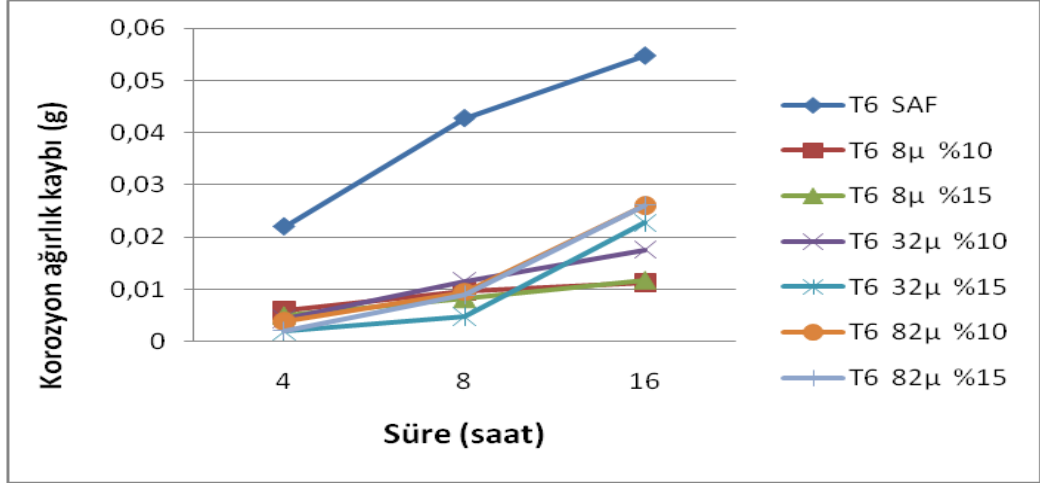
7.7 AA7075 ALAŞIM VE KOMPOZİT NUMUNELERİN KOROZYON DAYANIMI

AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin korozyon dayanımları 4, 8 ve 16 saatlik periyotlarda yapılan EXCO korozyon testi ile ağırlık kaybı ve yüzey görüntüleri dikkate alınarak tespit edildi. Zamana bağlı ağırlık kayıpları Şekil 7.29-7.31'de 16 saat sonundaki ağırlık kaybı miktarları Şekil 7.31'de görülmektedir. Grafiklerden de açıkça görüleceği gibi en fazla ağırlık kaybı T6 ısıl işlem uygulanmış AA7075 alaşımlı numunelerde meydana gelmiştir. Korozyon kayıpları hem T6 hem de T73 yaşlandırma işlem uygulanmış numunelerde zamana bağlı olarak artış göstermiştir.

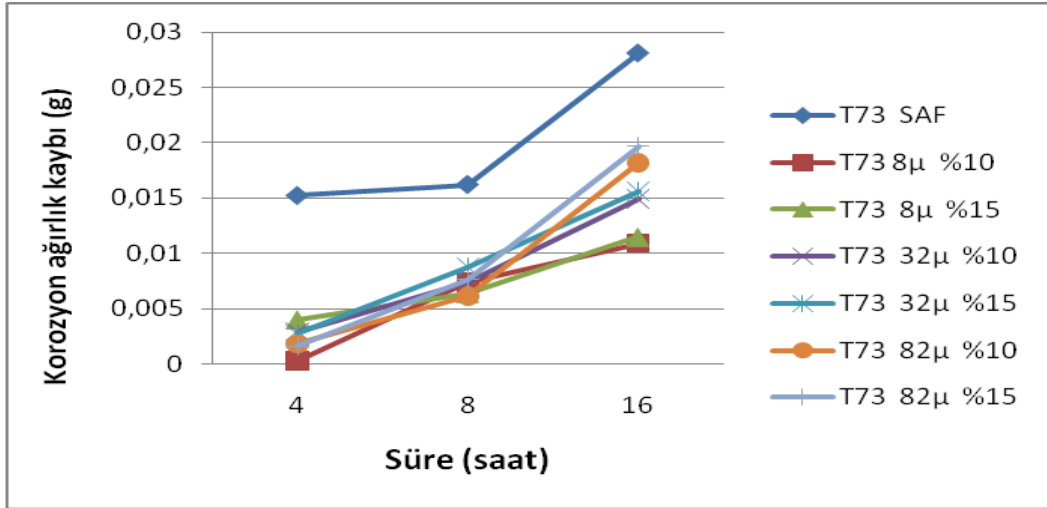
Partikül boyutunun artmasına bağlı olarak hem T6 hem de T73 yaşlandırma işlem uygulanmış numunelerin korozyon direnci azalmıştır. Partikül boyutunun artmasına bağlı olarak korozyon direncinin düşmesi artan partikül boyutunun numune yoğunluğunu düşürmesi sonucu meydana gelen gözenekli yapının korozyona maruz kalan yüzey alanını arttırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

AA7075 alaşım ve kompozit numunelerde en yüksek korozyon direncini T73 ısıl işlem uygulanmış numuneler göstermiştir. Hem T6 hem de T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış 8 µm partikül takviyeli numuneler kompozit malzemeler arasında en yüksek korozyon direnci gösteren numuneler olmuşlardır.

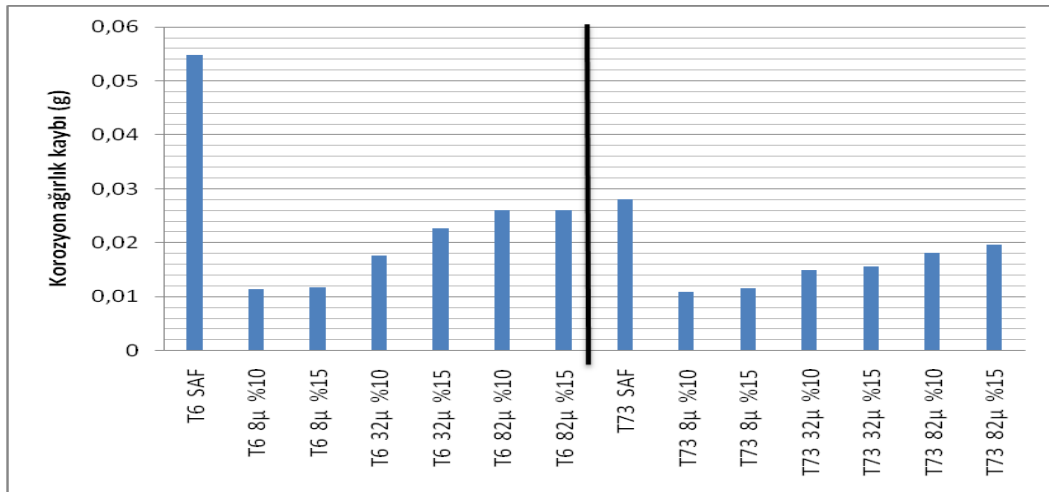
AA7075 alaşım ve kompozitlerde T73 yaşlandırma işleminin korozyon direncini arttırmasındaki temel etken iki kademeli olarak uygulanan ısıl işlemin $\eta(\text{MgZn}_2)$ fazının iyi bir şekilde dağılım göstermesi ve malzeme yapısındaki stresi azaltması ile açıklanabilir.



Şekil 7.29. AA7075-T6 alaşım ve kompozitlerin zamana bağlı korozyon kaybı



Şekil 7.30. AA7075-T73 alaşım ve kompozitlerin zamana bağlı korozyon kaybı.

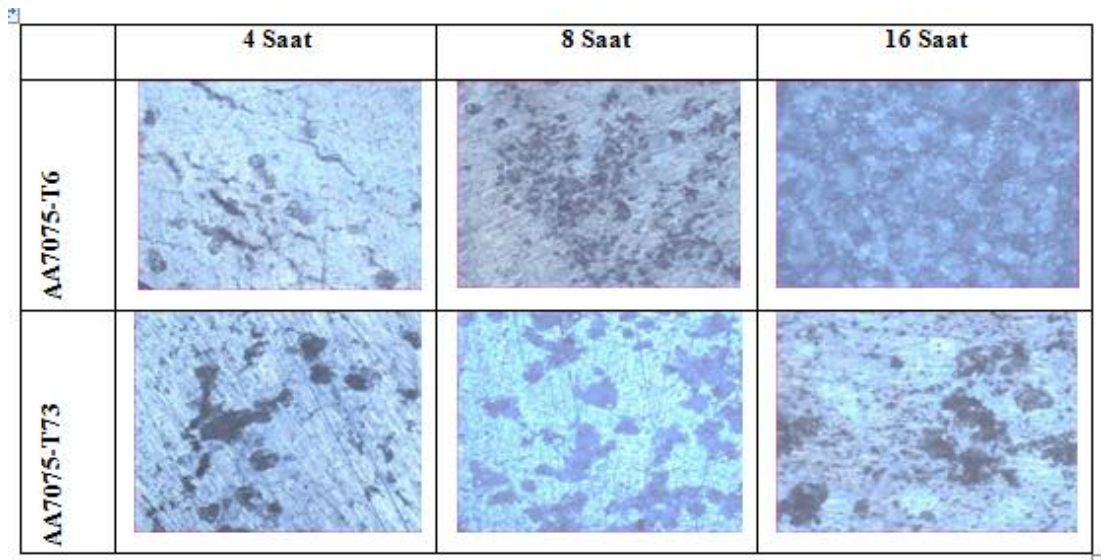


Şekil 7.31. AA7075-T6/T73 alaşım ve kompozitlerin 16 saatlik korozyon testi sonrası ağırlıkça korozyon kaybı miktarları.

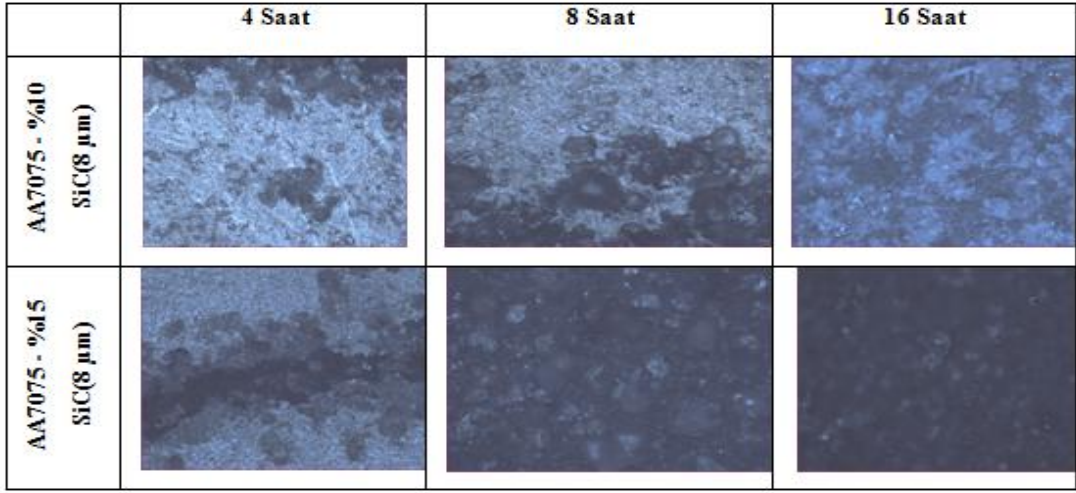
Epoksiye gömülerek yüzeyleri parlatılmış numunelerin 4, 8 ve 16 saat sonundaki yüzey durumları Şekil 7.32-7.38’de verilmiştir. Genel olarak hem T6 hem de T73 yaşlandırma işlemine tabi tutulmuş AA 7075 alaşımli numunelerde 4 saatlik süre sonunda çukurcuk korozyonu şeklinde korozyon oluşumları gözlenmiştir. Sonrasında ise özellikle T6 yaşlandırma işlemi uygulanmış numunelerde yayılarak tüm yüzeyde homojen şekilde korozyon oluşumu meydana gelmiştir. T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış numunelerde korozyon yayılmasına karşın daha lokal yayılımlar göstermiş homojen bir dağılım ve renk değişimi meydana gelmemiştir.

Kompozit numunelerde ise yapı içerisindeki partiküllerin etkisiyle meydana gelen gözeneklerin çözeltinin malzeme içine nüfuz etmesini kolaylaştırması sebebiyle T6 ve T73 yaşlandırma işlemlerinin uygulandığı numunelerde partikül takviye elemanının artmasına bağlı olarak korozyon şiddetinin arttığı tespit edilmiştir.

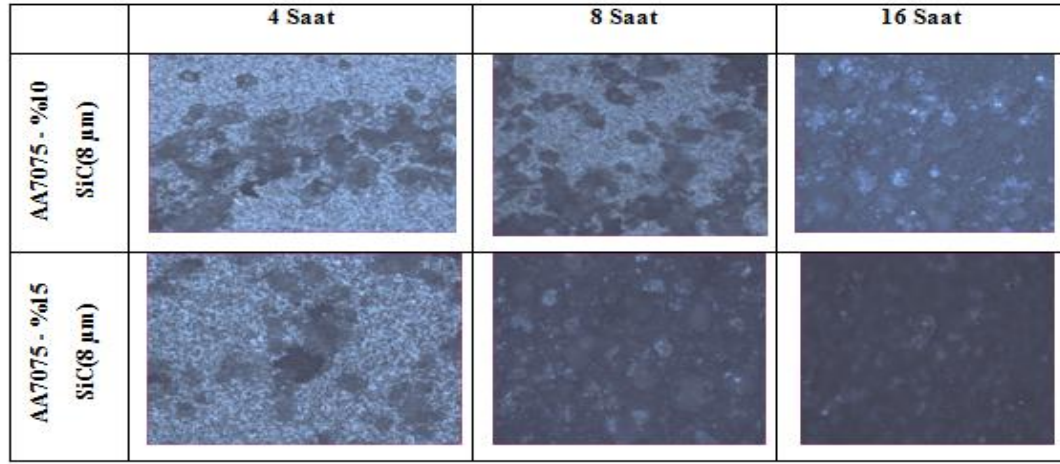
Genel olarak T6 ve T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış numunelerin korozyon yüzey görüntüleri karşılaştırıldığında T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış numunelerin korozyon direncinin daha yüksek olduğu görülmüştür.



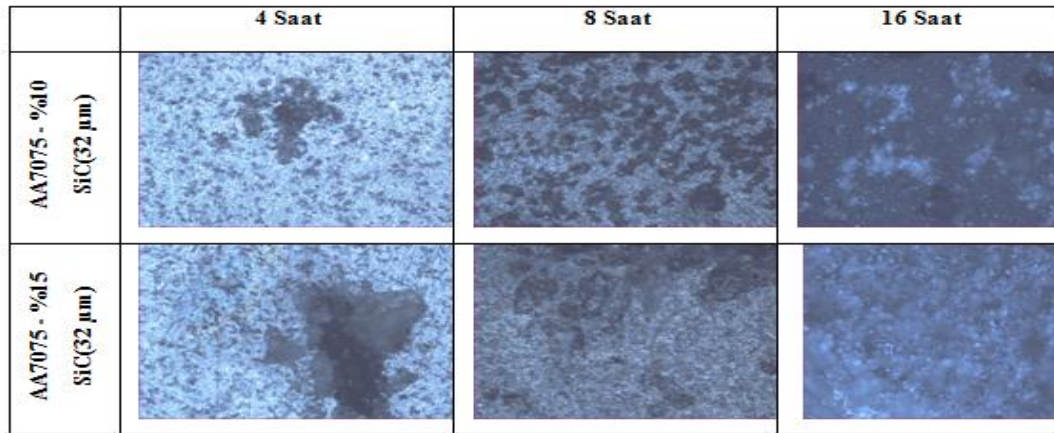
Şekil. 7.32. AA7075-T6/T73 alaşım numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görüntüleri.



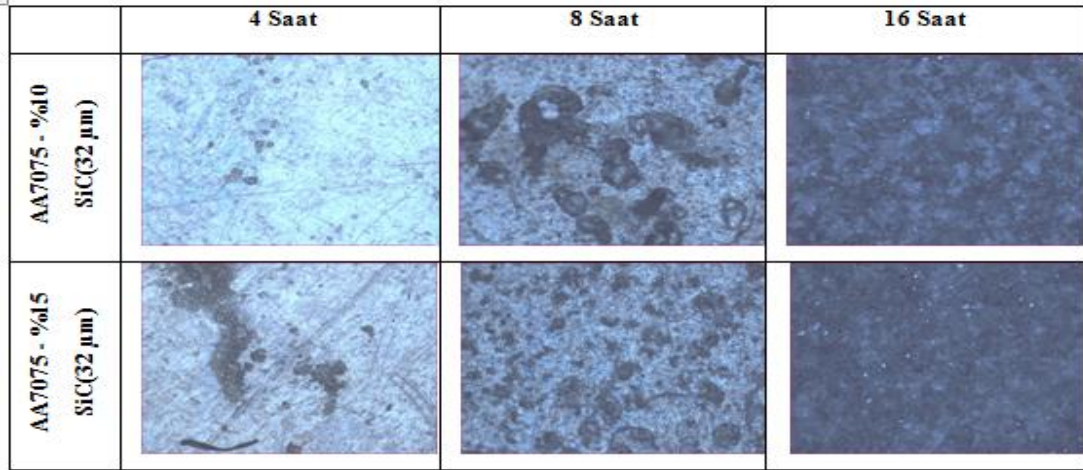
Şekil 7.33. AA7075-SiC(8 µm)-T6 kompozit numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görünümleri.



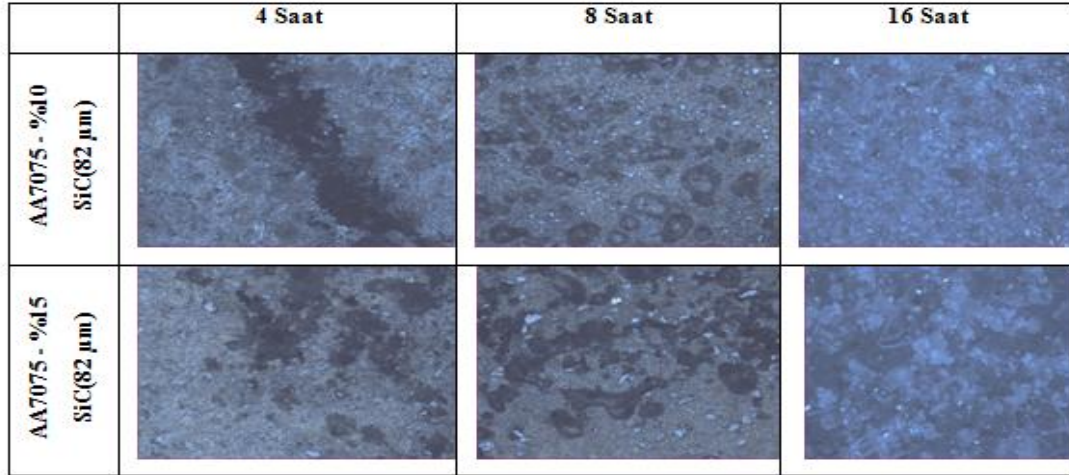
Şekil 7.34. AA7075-SiC(8 µm)-T73 kompozit numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görünümleri.



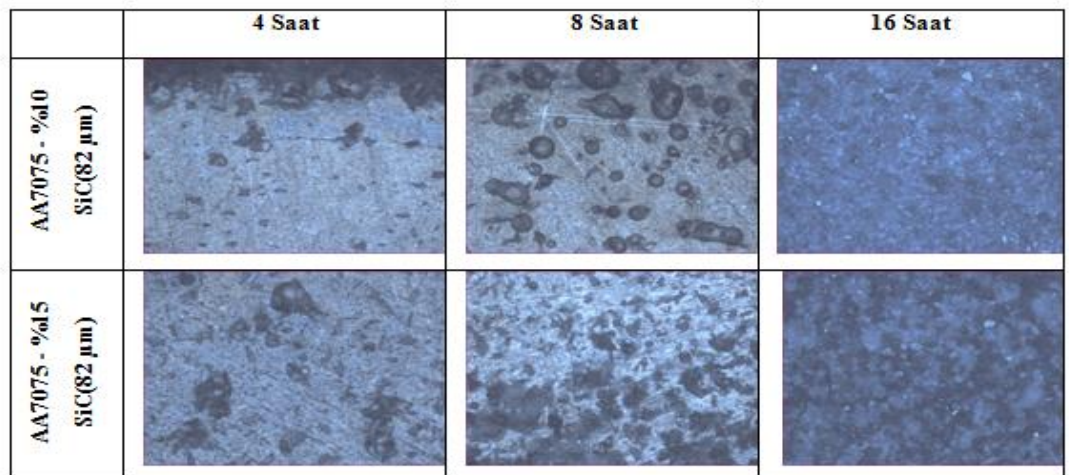
Şekil 7.35 AA7075-SiC(32 µm)-T6 kompozit numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görünümleri.



Şekil 7.36. AA7075-SiC(32 μ m)-T73 kompozit numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görünümleri.



Şekil 7.37. AA7075-SiC(82 μ m)-T6 kompozit numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görünümleri.



Şekil 7.38. AA7075-SiC(82 μ m)-T73 kompozit numunelerin 4, 8 ve 16 saatlik korozyon testleri sonrası yüzey görünümleri.

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1. SONUÇLAR

AA 7075 alaşımı ve kompozitlerin toz metal kompaktların sıcak ekstrüzyonu ile üretilmesi ve sonrasında uygulanan test ve analizler neticesinde aşağıda belirtilen temel sonuçlara ulaşılmıştır.

- AA7075 alaşım ve kompozit malzemeler toz metal kompaktların sıcak ekstrüzyonu ile başarıyla üretilmiştir.
- AA7075 alaşım ve farklı boyutlu SiC takviyeli kompozitler, toz karışımlarının 350 MPa ön preslenmesi ile elde edilen toz metal kompaktlar, 480°C’de sıcak ekstrüzyonla başarılı bir şekilde üretilmiştir. 480°C’nin altında yapılan ekstrüzyon işlemlerinde özellikle 8 µm partikül takviyeli kompozit çubuklarda çatlaklar ve matris malzemeyi oluşturan AA7075 alaşım tozlarının yeterince birbirine bağlanmadığı tespit edilmiştir.
- Ekstrüzyon işlemi sonucunda AA 7075 alaşım numunelerde yaklaşık %7-8 gözeneklilik oranına sahip numuneler elde edilirken kompozit numunelerde % 2’nin altında gözeneklilik değerlerine ulaşılmıştır.
- Partikül boyutuna bağlı olarak 32 µm ortalama partikül boyutuna sahip numunelerde en yüksek yoğunluğa ulaşılırken en düşük yoğunluk 82 µm partikül takviyeli kompozitlerde elde edilmiştir.
- T6 ve T73 yaşlandırma işlemleri AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin sertliğini arttırmıştır. Sertlik artışı en fazla T6 yaşlandırma işlemi uygulanan numunelerde gerçekleşmiştir. Sertlik artışında takviye eleman partikül

boyutunun da güçlü bir etkiye sahip olduğu ve partikül boyutu küçüldükçe malzemenin sertliğinin arttığı tespit edilmiştir. İlave edilen partikül oranın artışına bağlı olarak kompozit malzemelerin sertliğinde artış meydana gelmiştir. T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış numunelerde sertlik artış veya azalış belirli bir eğim göstermeden partikül takviye oranının artışına bağlı olarak sertlik değeri de artmıştır.

- XRD analizleri T6 ve T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış saf ve kompozit numunelerin yapısında yeterince belirgin olmamasına karşın matris yapıda $\eta(\text{MgZn}_2)$, $\text{T}(\text{Al}_2\text{Mg}_3\text{Zn}_3)$, $\theta(\text{Al}_2\text{Cu})$ ve $\text{S}(\text{Al}_2\text{CuMg})$ ikincil fazlarının varlığını ortaya koymuştur.
- SEM incelemeleri ve EDX analizleri her iki yaşlandırma işleminde de matris yapıda Al-Cu intermetalik fazların oluştuğu tespit edilmiştir.
- Ağırlık kaybı en fazla ağırlık kaybı hem T6 hemde T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış numunelerde partikül boyut ve takviye oranına göre azalma göstermiştir. Takviye elemanı boyutunun artması aşınma direncini arttırmış, partikül boyutunun artmasına bağlı olarak hem T6 hem de T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış numunelerde aşınma ağırlık kaybında azalma meydana gelmiştir.
- Sürtünme kuvvet değerlerinde T6 ile T73 arasında belirgin bir değişim ve farklılık gözlenmezken her iki işlemin uygulandığı AA7075 alaşım ve kompozitlerde partikül boyut ve oranının artışına bağlı olarak sürtünme kuvvetlerinde de bir artış meydana gelmiştir.
- Korozyon testleri sonucunda ağırlık kaybı miktarları dikkate alındığında T73 yaşlandırma işlemi uygulanmış AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin T6 yaşlandırma işlemi uygulanmış numunelere göre daha yüksek korozyon dayanımına sahip olduğunu ortaya koymuştur.

- T73 yaşlandırma işlemi malzemenin sertlik ve aşınma direncini düşürmesine karşın korozyon direncini arttırmıştır.
- Korozyon dayanımı her iki yaşlandırma işleminin uygulandığı numunelerde de artan partikül boyut ve takviye oranına bağlı olarak belirgin bir azalma göstermiştir.

8.2. ÖNERİLER

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar neticesinde bundan sonra konuyla ilişkili olarak yapılacak çalışmalara ışık tutmak amacıyla aşağıdaki önermelerde bulunulmuştur.

- AA7075 alaşımli ve kompozit malzemelerin, özelliklede alaşım malzemelerde meydana gelen gözenekli yapının ortadan kaldırılması veya daha az seviyeye indirilmesi amacıyla, toz kompaktların üretilmesinde uygulanan basıncın artırılması, matris partikül boyutunun daha küçük seçilmesi, ekstrüzyon sıcaklığının ve ekstrüzyon oranının artırılması gibi değişkenler denenebilir.
- Farklı takviye elemanları ile çalışmalar yapılabilir.
- Ekstrüzyon işleminin sorunsuz şekilde gerçekleştirilmesi için kalıp ölçü hassasiyetine, kalıp sıcaklığının homojen dağılımına ve yüksek sıcaklığa dayanıklı ekstrüzyon yağının kullanılmasına dikkat edilmelidir.
- Homojen partikül dağılımının sağlanabilmesinde tozların presleme önce etkin şekilde karıştırılması gerekmektedir.
- Aşınma dayanımını belirlemek amacıyla abrasif aşınma testi tercih edilebilir.
- Aşınma ve korozyon testi kombineli olarak uygulanabilir.
- Korozyon hücresi kullanılarak potansiyodinamik polarizasyon eğrileri elde edilerek malzemenin korozyon dayanımları belirlenebilir.

KAYNAKLAR

1. Çıtak, R., “Metalik baryum-alüminyum başlangıç tozlarının düşük sıcaklıkta oksidasyonu ile alüminyum matrisli kompozit üretimi”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 4-26, Ankara (1998).
2. Acılar, M., “Al/SiC kompozitlerin vakum infiltrasyon yöntemi ile üretimi ve aşınma davranışlarının araştırılması”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**
3. Yılmaz, M., Durlu, N., ve Altıntaş, S., “Al-SiC kompozitlerin toz metalürjisi yoluyla üretilmesi”, 1. Ulusal Toz Metalürjisi Konferansı, **Gazi Üniversitesi**, 277-285, Ankara (1996).
4. Akbulut, H., Durman, M., ve Yılmaz, F., “SiC seramik partikül takviyeli alüminyum-silisyum metal esaslı kompozitlerin üretimi ve özelliklerinin incelenmesi”, 7. Uluslararası Metalürji ve Malzeme Kongresi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 1183-1192, Ankara (1993).
5. Akbulut, H., Durman, M., ve Yılmaz, F., “Vorteks metodu ile üretilen partikül takviyeli Al-Si metal matrisli kompozitlerin mekanik davranışları”, 8. Uluslararası Metalürji ve Malzeme Kongresi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 1329-1334, İstanbul (1995).
6. Sarıtaş, S., **Engineering metallurgy and materials**, Ankara, 5–30, (1995).
7. Agarwal, B.D., and Broutman, L.J., “Analysis and performance of fiber composites”, **John Wiley & Sons**, A.B.D., (1980).
8. Hull, D., and Clyne, T.W., “An introduction to composite materials”, 2nd Edition, **Cambridge University Press**, İngiltere, (1996).
9. Mazumdar, S.K., “Composites manufacturing materials, product and process engineering”, **CRC Press LLC**, A.B.D., (2002).
10. Akbulut, H., “Alümina fiber takviyeli Al-Si metal matrisli kompozit üretimi ve mikro yapı özellik ilişkilerinin incelenmesi”, Doktora Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi**, İstanbul (1995).
11. Sur, G., “Alüminyum esaslı kompozitlerin üretimi ve işlenebilirliğinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 3-42, Ankara (2002).
12. Önel, K., “Süreksiz SiC katkılı alüminyum matrisli kompozitler (1.bölüm)”, **Metalürji Dergisi**, 46-53, Ankara (1995).

13. H.yılmaz., N. Aydın., ve Ş. Sarıtaş., “Toz metalürjisi ile üretilmiş alüminyum esaslı tanecikli kompozitlerin mekanik özellikleri”, Uluslararası Katılımlı 2.Ulusal Toz Metalürjisi Konferansı, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi*, 621-629, Ankara (1999).
14. Farag, M.M., “Selection of materials and manufacturing processes for engineering design”, *The cambridge University Press*, Cambridge, (1989).
15. K. H. Rendigs., “Aluminum structures used in aerospace Status and prospects”, *Mater Sci Forum*, (1997).
16. J. C. Williams., and E. A. Jr Starke., “Progress in structural materials for aerospace systems [J]”, *Acta Mater*, (2003).
17. M, V. Lancker., “Metallurgy of Aluminum Alloys”, *Chapman and Hall*, (2007).
18. Sun, Y, Baydoğan., and Çimeoglu, H., “The effect of deformation before ageing on the wear resistance of an aluminium alloy”, *Wear*, 236: 144-152 (1999).
19. D, Gedik., “Alüminyum yüzeyindeki oksit tabakasının sodyum dikromat ve sülfürik asit anodizing yöntemiyle geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana (2008).
20. Ilgaz, U.M., “Basınçlı döküm yöntemiyle üretilen seramik parçacık takviyeli Al-Si esaslı metal matrisli kompozit malzemelerin mekanik özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (1997).
21. O, Arıcasoy., “Kompozit sektör raporu”, *İTO*, aralık (2006).
22. ÖZDİN, K., “Alüminyum esaslı SiC takviyeli kompozitlerin üretimi ve aşınma özelliklerinin araştırılması”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2006).
23. A. Deschmps., and Y. Brachet., *Acta Mater*, 47-281, (1999).
24. Ay, N., “7075 Alüminyum alaşımında RRA ısı işleminin mikro yapıya etkisi ve kinetik analiz”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (1989).
25. Baydoğan, M., “Retrograsyon ve yeniden yaşlandırma uygulanmış 7075 kalite alüminyum alaşımlarının mekanik ve korozyon özelliklerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2003).
26. Parker, J. K., and Ardell, A.J., “Effect of retrogression and reaging treatments on the microstructure of Al-7075-T651”, *Mater Trans*, 1531–1543, (1984).

27. İnternet: Ayhan Demir & Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş.,“AA 7075 alaşımı malzeme özellikleri”, <http://www.ayhandemir.com.tr/Urunler/KaliplikAluminyum/7075-Alznmgcu> (2014).
28. İnternet: Aran, A., İstanbul Teknik Üniversitesi, “Metal matrisli kompozit malzemeler”, <http://web.itu.edu.tr/~arana/IML212-N9.pdf> (2014).
29. Kajikawa, T.N., and Flemings, M.C., “Pressureless infiltration of aluminium metal-matrix composites”, *Metallurgical and Materials Transactions*, 2155-2159 (1995).
30. Hanyaloğlu, S.C., and Mc Colm, I.J., “Alüminyum nitrür / nikel-alüminyum kompozitlerin toz metalürjisi metoduyla üretimi”, Uluslararası Katılımlı 2. Toz Metalürjisi Konferansı, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi*, 653-659, Ankara (1999).
31. Tomac, N., and Tonnessen, K., “Machinability of particulate aluminium matrix composites”, *Annals of the CIRP*, 41-43, 55-58 (1992).
32. Kurt, A., “Toz metal bronz yatak malzemelerin özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 8-35, Ankara (1992).
33. Tekeli, S., “Alüminanın düşük sıcaklık sinterlenmesi”, Uluslar arası Katılımlı 2. Ulusal Toz Metalürjisi Konferansı, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi*, 489-492, Ankara (1999).
34. Man, H.C., Kwork, C.T. and Yue, T.M., “Cavitation erosion and corrosion behaviour of lazer surface alloyed MMC of Sic and Si3N4 on Al alloy AA6061”, *Surface and Coatings Technology*, 132:11-20, Hong-Kong (2000).
35. Feng, A.H., Geng, L., Zhang, J. and Yao, C. K., “Hot compressive deformation behaviour of eutectic Al-Si alloy based composite reinforced with α -Si3N4 whiskers”, *Materials chemistry and physics*, 82:618-621, Chiana (2003).
36. Randall M., “Toz Metalürjisi ve Parçacıklı Malzeme İşlemleri”, German (1991).
37. İnternet: Kamtech Associates Pvt. Ltd.,“Manufacturing of Bearing”, <http://bearingsindustry.com/manufacturing.pdf> (2014).
38. İnternet: Damatool Extrusion Press Component & Tooling., “Alüminyum ekstrüzyonmetodları”,<http://www.damatool.com/hizmetlerimiz/7aluminyumekstruzyonmetodlari.html> (2015).
39. Arslan, F., ve Öztürk, S., “Toz metalürjisi deneyi labaratuvar föyü”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi*, Trabzon (2009).
40. Aydın, B., “AA2014 alaşımında yaşlandırma ısıl işleminin islenebilirlik üzerindeki etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 129, Ankara (2002).

41. Demir, E., “Alüminyum alaşımlarda ısıl işlem etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir (2008).
42. İnternet: Matter Alüminyum, <http://aluminium.matter.org.uk> (2015).
43. Doğan, M., “Alüminyumların ısıl işlemi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (1989).
44. Ersümer, A., “Alüminyum Alaşımlarının Isıl ve Mekanik işlemleri”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını*, İstanbul (1960).
45. Karakıslak, M., “Alüminyum Alaşımları ve Isıl işlemi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (1978).
46. MMO “Alüminyum Isıl işlemi”, *Metalürji Müh. Odası Yayınları*, 60, Ankara (1978).
47. Erdoğan, M., “Al-Li-Cu-Mg Alaşımlarında Yaslandırma Mekanizması ve Isıl işlemi” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 140, Ankara (1996).
48. Lahiff, C., Gordon, S. and Phelan P., “PCBN tool wear modes and mechanisms in finish hard turning”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23: 638–644 (2007).
49. Gültaş A., “Aşınma deney aparatının tasarımı, üretimi ve metal matrisli kompozitlerin aşınma davranışlarının deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (1998).
50. Yılmaz, H., “Toz metallurjisi yöntemleri ile elde edilen seramik tanecik destekli alüminyum esaslı kompozit malzemelerin aşınma özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (1999).
51. Çelik, A., “Karbonitrasyon ile sertleştirilmiş AI S I 1020 ve AISI 5115 çeliklerinin kuru sürtünme şartlarında tribolojik özelliklerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri (1993).
52. Grzesik, W., “Wear of tools in hard machining”, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 26 (2): 127-130 (2008).
53. İpek, R., “AISI 1020 çeliğinin, yüzey sertleştirme işlemleri uygulanarak AISI 5155 çeliğinin yerine kullanılabilirliğinin deneysel araştırılması”, Doktora Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 227, Kayseri (1992).
54. Odabas, D., “Kuru sürtünme şartlarında termomekanik faktörlerin AISI 3315 çeliğinin aşınma davranışına olan etkilerin teorik ve deneysel araştırılması”, Doktora Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 257, Kayseri (1991).

55. Pigors, O., “Abrasive verschleißverhalten von stählen bei gleit-und”, *Schmierungs Technik*, 10, Wölbewegungen (1979).
56. Brune, D., “Corrosion of Amalgams”, *Scand J Dent Res*, 89: 506–514 (1981).
57. Brune, D., “A model for recording mercury release from an amalgam surface”, *Biomaterials*, 6: 357–359 (1985).
58. Doruk, M., “Korozyon olayının elektrokimyasal ilkeleri”, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi*, Güzel İstanbul Matbaası Yayını, 1-12, Ankara (1972).
59. İnternet : www.corrosion-doctors.org
60. Uneri, S., “Korozyon ve Önlenmesi”, *Korozyon derneği yayını*, 75–96, Ankara (1998).
61. Doruk, M., “Korozyon ve önlenmesi”, *Ankara Üniversitesi Basımevi*, 50–150, Ankara (1993).
62. Yalçın, H., ve Koç, T., “Demir çelik yapıların korozyonu ve katodik korunması”, *İller Bankası Yayını*, 47, Ankara (1991).
63. Kaya, H., ve Çetin, O., “Al-Mg-Si alaşımlarının tuzlu su ortamında korozyonu”, *Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi*, Lisans Tezi, 12–22, Karabük (2003).
64. Acciari, H. A., Codaro, E. N., and Guastaldi, A. C., “A comparative study of the corrosion of high copper dental amalgams”, *Materials Letters*, 3: 148–151 (1998).
65. Gülec, S., ve Aran, A., “Malzeme Bilgisi”, *MBEAE Matbaası*, Gebze (1988).
66. İnternet: Akdoğan, A., “Korozyonun Önemi”, http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/korozyonvekoruma/Korozyon_Korozyon_Mekanizmalari.pdf (2014).

ÖZGEÇMİŞ

Kübra TANATTI 1987 yılında İstanbul'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. 2005 yılında Sakarya Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Makine Resim Konstrüksiyon Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2007 yılında mezun oldu. 2011 yılında İstanbul Aydın Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde burslu olarak öğrenime başlayıp 2013 yılında mezun oldu. 2013 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Merkezefendi mah. G:49 sok. no:3 daire:3 Zeytinburnu / İstanbul

Tel : (533) 632 87 28

E-posta : Kubrax20@hotmail.com