

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK KARBON İÇERİĞİNE SAHİP, YÜKSEK KROMLU,
MANGANLI VE ALAŞIMSIZ DÜŞÜK KARBONLU ÇELİKLERİN
AŞINMA DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI**

Serkan ERDEM

YÜKSEK LİSANS TEZİ
METALURJİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ

2006

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK KARBON İÇERİĞİNE SAHİP, YÜKSEK KROMLU,
MANGANLI VE ALAŞIMSIZ DÜŞÜK KARBONLU ÇELİKLERİN
AŞINMA DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI**

Serkan ERDEM

YÜKSEK LİSANS TEZİ
METALURJİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu tez,/...../..... tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile başarılı/başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Mehmet H. KORKUT

Üye: Prof. Dr. M. Mustafa YILDIRIM

Üye: Yrd. Doç. Dr. Ahmet HAŞÇALIK

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu tezin önerilmesinde ve yönlendirilmesinde benden her türlü yardımlarını esirgemeyen danışman hocam, Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Mehmet H. KORKUT'a, Metalurji Eğitimi Bölüm ve Anabilim Dalı Başkanı hocam Sayın Prof. Dr. M. Mustafa YILDIRIM'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Ayrıca; tez ve deney numunelerinin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen, Fırat Üniversitesi Metalurji Eğt. Böl.Arş. Gör. Halil DİKBAŞ ve Arş. Gör. Uğur ÇALIGÜLÜ ve Sayın M. Sabri GÖK'e, öğrenciliğim boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme candan teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
İÇİNDEKİLER.....	I
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	V
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
ÖZET.....	IX
SUMMARY.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
2. AŞINMA.....	2
2.1. Aşınmaya Etki Eden Faktörler.....	5
2.2. Aşınmanın Oluş Mekanizmalarına göre sınıflandırma.....	6
2.2.1. Adhesiv Aşınma.....	6
2.2.2 Abrasiv aşınma.....	7
2.2.3. Tabaka aşınması.....	7
2.2.4. Ablativ aşınma.....	7
2.3. Aşınmanın Fiziksel Görünüşe Göre Sınıflandırılması.....	8
2.3.1. Kayma Aşınması.....	8
2.3.2. Püskürtme Aşınması.....	8
2.3.3. Korozi Aşınma.....	8
2.3.4. Yuvarlanma Aşınması.....	9
2.4. Aşınmanın Aldığı Özel Adlar Vasıtasıyla Sınıflandırılması.....	9
2.4.1. Yorulma Aşınması.....	9
2.4.2. Termik Aşınma.....	9
2.4.3. Kavite Aşınması.....	9
2.5. Kuru Sürtünmede Çeliklerin Gösterdiği Aşınma Davranışları.....	9
2.6. Aşınma Deneyleri ve Ölçüm Metotları.....	11
2.6.1. Ağırlık farkı metodu.....	11
2.6.2. Kalınlık farkı metodu.....	11
2.6.3. İz değişimi metodu.....	12
2.6.4. Radyoizotop metodu.....	12
3. ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ÇELİKLERİN YAPI VE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ.....	13
3.1. Alaşımlamanın Amacı.....	13
3.2. Çelikte Karbon.....	13
3.3. Çelikte Mangan.....	14
3.4. Çelikte Krom.....	14

3.5. Çelikte Molibden.....	14
3.6. Çelikte Alüminyum.....	14
3.7. Çelikte Silisyum.....	15
3.8. Alaşım Elementlerinin Ferrite Etkisi.....	15
3.9. Alaşım Elementlerinin Karbürlere Etkisi.....	16
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	18
4.1. Çalışmanın amacı.....	18
4.2. Deneylerde Kullanılan Malzemeler.....	18
4.3. Malzemelere Uygulanan Termomekanik ve Isıl İşlemler.....	21
4.4. Metalografik Çalışmalar.....	22
4.5. Deneylerin Yapılışı.....	22
4.5.1. Abrasiv aşınma deneyinin yapılışı.....	22
5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	23
5.1. Metalografik Muayene Sonuçları.....	23
5.2. Abrasiv aşınma deneyi sonuçları.....	36
7. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER.....	64
KAYNAKLAR.....	65

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Resim 4.1. Abrasiv deney aparatının fotoğrafı.....	23
Resim 5.1. B1 numunesinin termomekanik ısıt işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 1500).....	24
Resim 5.2. B1 numunesinin termomekanik ısıt işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 2000).....	25
Resim 5.3. B2 numunesinin termomekanik ısıt işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 1500).....	27
Resim 5.4. B2 numunesinin termomekanik ısıt işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 2000).....	28
Resim 5.5. B3 numunesinin termomekanik ısıt işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 1500).....	29
Resim 5.6. B3 numunesinin termomekanik ısıt işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 2000).....	31
Resim 5.7. B4 numunesinin termomekanik ısıt işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 1500).....	32
Resim 5.8. A1 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	37
Resim 5.9. A1 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	37
Resim 5.10. B1 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	39
Resim 5.11. B1 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	39
Resim 5.12. B2 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	41
Resim 5.13. B2 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	41
Resim 5.14. B3 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	43
Resim 5.15. B3 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	43
Resim 5.16. B4 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	45
Resim 5.17. C1 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	47
Resim 5.18. C1 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	47
Resim 5.19. C2 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması	

sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	49
Resim 5.20. C2 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması	
sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	49
Resim 5.21. C3 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması	
sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	51
Resim 5.22. C3 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması	
sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	51
Resim 5.23. C4 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması	
sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	53
Resim 5.24. C4 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması	
sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100).....	53

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2 1. Tribolojik sistemin gösterimi.....	4
Şekil 2.2.a Görülen temas alanı.....	5
Şekil 2.2.b Gerçek temas alanı.....	5
Şekil 2.3 Metal-metal sürtünmesinde yüzeyden parça kopması.....	6
Şekil 2.4. Abrasiv aşınma tipleri.....	7
Şekil 2.5. Kuru sürtünmede çeliklerin gösterdikleri aşınma davranışları.....	10
Şekil 3.1. Ferrit içerisinde çözünen elementlerin çeliğin sertliğine etkileri.....	16
Şekil 4.1. B1 numunesinin sertliğinin sıcaklıkla değişimi.....	19
Şekil 4.2. C1 numunesinin sertliğinin sıcaklıkla değişimi.....	20
Şekil 4.3. Abrasiv deney aparatının şematik görünüşü.....	22
Şekil 5.1. A1 numunesinin yüzeysel EDS analizi.....	24
Şekil 5.2. B1 numunesinin yüzeysel EDS analizi.....	25
Şekil 5.3. B1 numunesinin mikroyapı fotoğrafında A noktasının noktasal EDS analizi.....	26
Şekil 5.4 B1 numunesinin mikroyapı fotoğrafında B noktasının EDS analizi.....	26
Şekil 5.5. B2 numunesinin yüzeysel EDS analizi.....	28
Şekil 5.6. B2 numunesinin mikroyapı fotoğrafında A noktasının noktasal EDS analizi.....	29
Şekil 5.7. B3 numunesinin yüzeysel EDS analizi.....	30
Şekil 5.8. B3 numunesinin mikroyapı fotoğrafında A noktasının noktasal EDS analizi.....	31
Şekil 5.9. B3 numunesinin mikroyapı fotoğrafında B noktasının noktasal EDS analizi.....	32
Şekil 5.10. B4 numunesinin yüzeysel EDS analizi.....	33
Şekil 5.11. C1 numunesinin yüzeysel EDS analizi.....	33
Şekil 5.12. C2 numunesinin yüzeysel EDS analizi.....	34
Şekil 5.13. C3 numunesinin yüzeysel EDS analizi.....	35
Şekil 5.14. C4 numunesinin yüzeysel EDS analizi.....	35
Şekil 5.15. A1 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	36
Şekil 5.16. A1 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	36
Şekil 5.17. B1 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	38
Şekil 5.18. B1 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	38
Şekil 5.19. B2 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	40
Şekil 5.20. B2 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	40
Şekil 5.21. B3 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	42

Şekil 5.22. B3 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	42
Şekil 5.23. B4 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	44
Şekil 5.24. B4 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	44
Şekil 5.25. C1 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	46
Şekil 5.26. C1 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	46
Şekil 5.27. C2 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	48
Şekil 5.28. C2 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	48
Şekil 5.29. C3 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	50
Şekil 5.30. C3 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	50
Şekil 5.31. C4 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	52
Şekil 5.32. C4 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi.....	52
Şekil 5.33. İşlemsiz numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile).....	54
Şekil 5.34. Normalizasyon tavlamaşı uygulanmış numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile).....	54
Şekil 5.35. Suda sertleştirilmiş numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile).....	55
Şekil 5.36. Yağda sertleştirilmiş numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile).....	55
Şekil 5.37. B numunelerinin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile).....	56
Şekil 5.38. C numunelerinin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile).....	56
Şekil 5.39. Bütün numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile).....	57
Şekil 5.40. İşlemsiz numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile).....	57
Şekil 5.41. Normalizasyon tavlamaşı uygulanmış numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile).....	58
Şekil 5.42. Suda sertleştirilmiş numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile).....	58
Şekil 5.43. Yağda sertleştirilmiş numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile).....	59

Şekil 5.44. B numunelerinin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile).....	59
Şekil 5.45. C numunelerinin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile).....	60
Şekil 5.46. Bütün numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile).....	60

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 4.1. Deneyde kullanılan malzemeler.....	18
Tablo 5.1. Numunelerin 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyindeki malzeme kayıpları.....	62
Tablo 5.2. Numunelerin 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyindeki malzeme kayıpları.....	62

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YÜKSEK KARBON İÇERİĞİNE SAHİP, YÜKSEK KROMLU, MANGANLI VE ALAŞIMSIZ DÜŞÜK KARBONLU ÇELİKLERİN AŞINMA DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI

Serkan ERDEM

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Metalurji Eğitimi Anabilim Dalı

2006 Sayfa:

Bu çalışmada, üç farklı malzemenin değişik ısıtma işlemleri görmüş halleri olarak dokuz numunenin abrasiv ortamdaki aşınma davranışları incelenmiştir.

Freze tezgahında deney için uygun ölçülere getirilen numuneler daha sonra deneyler için ısıtma işlemleri tabi tutulmuştur. Her bir numunenin mikroyapı fotoğrafları incelenmiş ve elde edilen mikro yapıları karşılaştırılmıştır. Daha sonra bu ısıtma işlemleri geçirilen numuneler abrasiv aşınma testine tabi tutulmuşlardır.

Bu testler sonucunda çalışmaya konu olan malzemelerde aşınma davranışları ile mekanik özellikler arasında doğrudan bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Malzemelerin mekanik özelliklerinin iyileşmesi ile birlikte aşınma dirençleri de yükselmiştir. Normalizasyon tavlama uygulanan malzemelerde aşınma direncinde düşüş meydana gelmiş, sertleştirmeye tabi tutulan malzemelerde ise

iyi bir aşınma direnci sağlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda düşük karbonlu çeliklerde aşınma direnci daha düşük olduğu görülmüştür. Ancak malzemeye yapılan krom ve mangan gibi alaşım elementi ilaveleriyle aşınma direncinde iyileştirme sağlanabilmektedir.

Bu çalışmanın, 1. Bölümünde konuya giriş yapılmış, 2. Bölümünde genel aşınma kavramları üzerinde durulmuş, 3. Bölümde alaşım elementlerinin çeliğe olan etkileri anlatılmış, 4. bölümde yapılan deneysel çalışmalar hakkında bilgi verilmiş, 5. bölümde deneylerden elde edilen sonuçlar verilmiş, 6. bölümde ise deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve öneriler yapılmıştır.

SUMMARY

Master Thesis

THE INVESTIGATION OF WEAR BEHAVIOURS OF A HIGH CARBON-HIGH CHROMIUM STEEL, OF A MANGANESE STEEL AND OF A LOW CARBON STEEL

Serkan ERDEM

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Metallurgy Education

2006, Page:

ABSTRACT

In this investigation, nine testing samples were provided by exposing various heat treatments to three different materials. The wear behaviors of these nine samples were observed under abrasive wear conditions.

The samples were cut as appropriate proportions on lathe and then they were exposed to heat treatment for the experiment. The microstructure photos of each sample were investigated and compared. After this process, the samples were subjected to abrasive wear testing.

After these testing processes, a direct relation was found between the wear resistance and the mechanical properties of the materials. Both the mechanical properties of the materials improved and the wear resistance increased. When the wear resistance of the materials which normalization heat treatment applied to decreased, the wear resistance of the materials which exposed to the hardening process was increased. As a result of these researches, the wear resistance of low carbon steel was seen to be low. However the wear resistance of the materials can be increased by adding alloy elements to them such as chromium and manganese.

This study consists of the introduction in the first chapter, the general concepts of the wear in the second chapter, the effect of alloying elements on the steel properties in the third chapter, the

experimental study in the fourth chapter, the experimental results in the fifth chapter and finally the discussions and recommendations in the sixth chapter.

Keywords: Abrasive, abrasive action, abrasive wear, cold work tool steel.

1. GİRİŞ

Teknik anlamda; cisimlerin yüzeylerinde, mekanik bir neden yada mekanik bir enerji gibi mekanik etkenlerle mikro taneciklerin kopup ayrılması sonucu malzemede istenilmeyen bir değişikliğin meydana gelmesi olarak tanımlanan aşınma, tarihte insan nesli kadar eski bir olaydır.

İlk kez Sümer ve Mısır uygarlıklarında incelenme konusu olan aşınma daha sonraları rönesans devrinde Leonardo da Vinci (1452-1519) ve G. Amontons (1663-1705) tarafından incelenerek ana prensipleri ortaya konmuş ve diğer bilim adamlarına büyük ışık tutmuştur. Aşınma çeşitli tipleri ile madencilik, tarım, makine gibi bir çok endüstri sektörlerinde makine elemanlarının ve mühendislik malzemelerinin ömrünü önemli ölçüde azaltarak, büyük ekonomik (iş, zaman, malzeme v.b) kayıplara sebep olmaktadır. Günümüzün sanayi açısından gelişmiş devletleri de bu malzeme hastalığının giderilmesi için önemli araştırma harcamaları yapmaktadırlar.

Aşınma malzemenin kendi aslında olan bir özellik olmayıp, mühendislik sisteminin bir özelliğidir. Bunun için, her çalışma ortamında yüksek aşınma direnci gösterecek bir malzeme üretmek hem zordur hem de ekonomik değildir. Bu probleme getirilebilecek en iyi çözüm ise; çalışma şartlarına uyum gösteren malzeme seçimi, sertlik ve mikroyapı optimizasyonudur.

Aşınma direncini etkileyen bir çok kriter bilim adamları tarafından deneysel çalışmalar neticesinde ortaya konulmuştur. Bunlar incelenecek olduğunda aşınma direncini olumlu yönde etkileyen kriterlerin başında malzeme sertliği ve mikroyapı gelmektedir. Sertliği etkili bir şekilde arttırmanın yolu ise malzemenin karbon oranını arttırmak ve uygun alaşım elementlerinin ilavesiyle olabilir. Ayrıca aynı mekanik özellikleri gösteren iki malzemenin farklı mikroyapıya sahip olmalarından dolayı farklı aşınma davranışı gösterdikleri belirlenmiştir.

Sonuç olarak; teknik açıdan olduğu kadar ekonomik açıdan da önemli olan aşınma olayını en aza indirebilmek için, malzeme, çalışma ortamı ve mikroyapının iyi bir şekilde tespitinden sonra çalışma ortamına en uygun laboratuvar şartlarında test edilmesi gerekmektedir.

2. AŞINMA

Günümüz sanayisinde yaygın olarak kullanılan tribolojik sistemlerde korozyon ve yorulma sorunlarıyla birlikte görülen üçüncü büyük problem de aşınma olayıdır. Aşınma olayı teknik bir problem olduğu kadar ekonomiyi de yakından ilgilendirir duruma gelmiştir. A.B.D.’de yapılan bir araştırma sonucunda, çeşitli aşınma mekanizmalarıyla meydana gelen malzeme kaybının mali değerinin yıllık yüz milyar dolar olduğu tespit edilmiştir. Bu da brüt milli hasılanın % 6-7’sini oluşturmaktadır.

Teknik anlamda aşınma; cisimlerin yüzeylerinde, mekanik bir neden yada mekanik bir enerji gibi mekanik etkenlerle mikro taneciklerin kopup ayrılması sonucu malzemede istenilmeyen bir değişikliğin meydana gelmesi olayıdır (Demirci, 1982; Gediktaş, 1970; Gürleyik, 1978; Mutaş, 1977; Ulusoy, 1977). DIN 50320’ye göre aşınma; katı cisim yüzey bölgesinden tribolojik zorlanma sonucu sürekli ilerleyen malzeme kaybı şeklinde ifade edilmiştir. Moore’a göre aşınma; Kullanılan malzemelerin yüzeylerine gaz, sıvı ve katıların teması neticesinde çeşitli etkenlerle malzemenin yüzeyinden mikro tanelerin kopması sonucu meydana gelen yüzey bozulması olarak tanımlanmıştır.

Yukarıdaki tanımlardan da anlaşılacağı üzere, aşınma olayını bir tarif olarak vermektense, aşınma olayını niteleyen bazı şartları ve kriterleri belirtmek daha uygun olacaktır.

Malzemedeki yıpranma olayının aşınma sayıla bilmesi için aşağıdaki şartların sağlanması gereklidir. Bunlar;

- Mekanik bir etkinin olması,
- Sürtünmenin olması (izafi hareket),
- Yavaş fakat devamlı olması,
- Malzeme yüzeyinde değişiklik meydana getirmesi,
- İstenilmediği halde meydana gelmesidir.

Bu şartlardan birini sağlamayan yıpranma olayı aşınma olayı olarak düşünülmemelidir.

Genel olarak aşınma; yataklarda, frenlerde, pistonlarda, dişlilerde, kırma ve öğütme değirmenlerinde, yol, toprak ve ziraat makinalarında, türbin kanatlarında, maden cevheri üretim cihazlarında ve bu gibi yerlerde meydana gelmektedir.

Çeşitli makine elemanları ve mühendislik malzemelerinin ömürlerine büyük oranda etki eden aşınma, tamamen ortadan kaldırılamayan bir malzeme hastalığı olsa da; yakın zamanda yapılan çalışmalar neticesinde aşınma karakteristiklerinin malzeme cinsine ve bununla alakalı olarak sürtünme esnasında teşekkül eden yüzey filminin özelliklerine geniş ölçüde bağlı olduğu görülmüştür.

Aşınmayı en etkili önleme yöntemi ise, servis şartlarıyla uyum gösteren malzeme sertlik ve mikroyapı optimizasyonunu temin etmek olduğu belirtilebilir.

Aşınma olayını spesifik bir malzeme özelliği olarak düşünmeyip, olayı bir sistem bütünlüğü içinde değerlendirmek gerektir. Bu sisteme teknikte tribolojik sistem denilmektedir.

Triboloji; sürtünme, yağlama ve aşınma kavramlarını kapsar. Tribolojik sistem ise; karşılıklı etkileşen elemanlarda (esas malzeme, karşı malzeme, ara madde) hız, termal şartlar ve yükün bileşimiyle meydana gelen aşınma olayını inceler. Tribolojik sistem Şekil 2.1’de şematik olarak gösterilmiştir.

Tribolojik sistemin elemanları

a- Esas malzeme (aşınan) : Fiziksel ve kimyasal özellikleri yanında, yüzeysel yapısı, şekli, durumu tamamen belli olan ve aşınması özenle incelenen malzemedir.

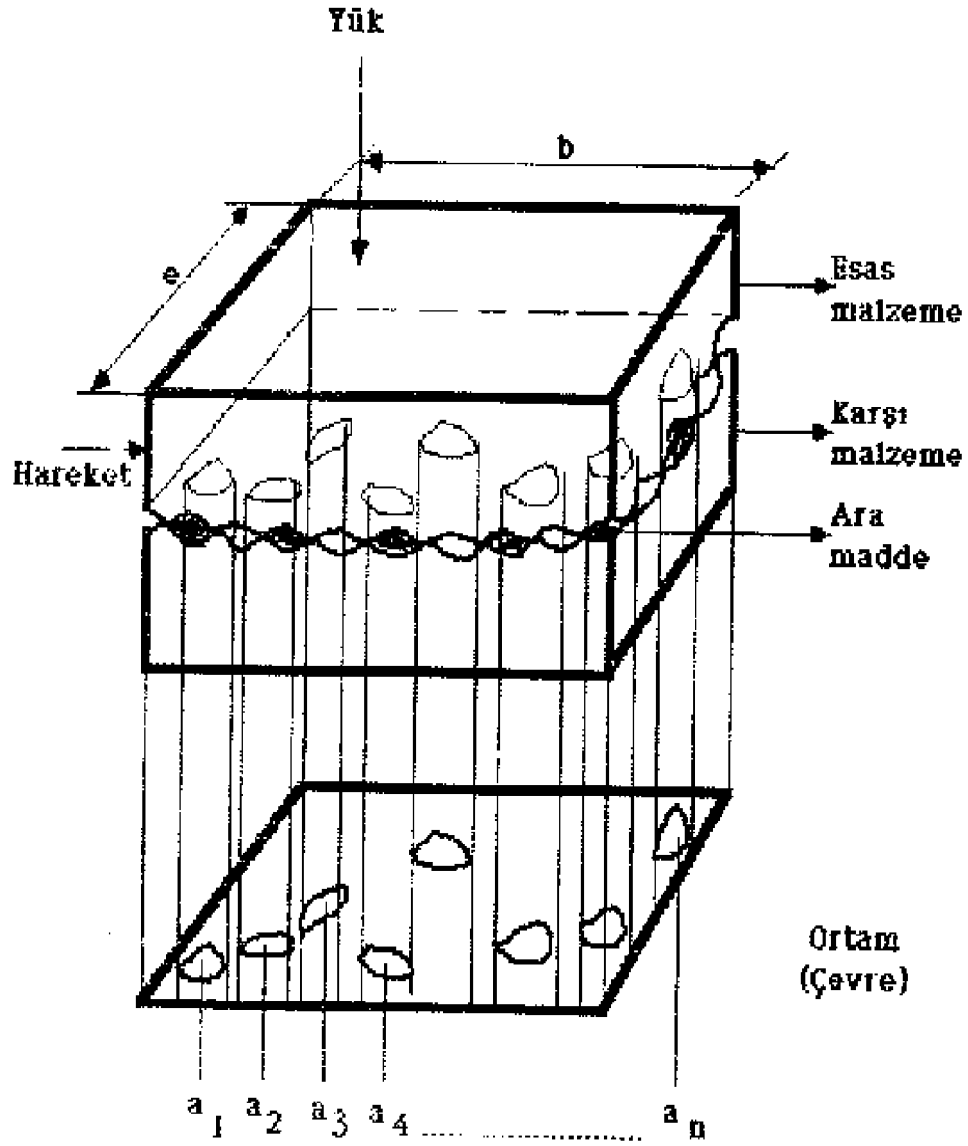
b- Karşı malzeme (aşındıran) : Aşınmanın meydana gelmesinde başlıca öneme sahip olan karşı sürtünme elemanı, katı bir cisim, sıvı veya gaz olabilir. Karşı malzeme ile esas malzeme aşınma çiftini meydana getirirler

c- Ara malzeme : Esas sürtünme elemanı ile karşı sürtünme elemanı arasında katı, sıvı, gaz, buhar, ya da bunların karışımı şeklinde bulunan maddedir

d- Yük : Etki eden kuvvetin büyüklüğü , türü (statik, dinamik, darbeli veya titreşimli olup olmadığı), doğrultusu ve zamana göre değişimi yüklemenin şiddetini belirleyen etmenleri oluşturur.

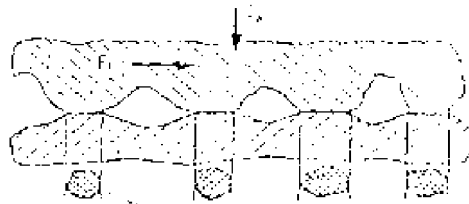
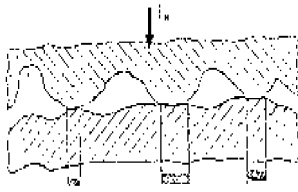
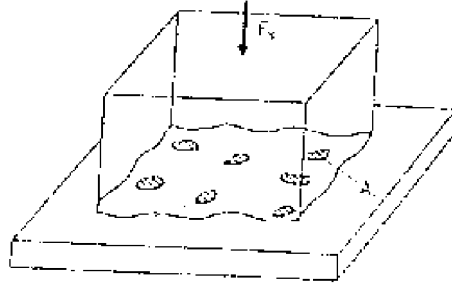
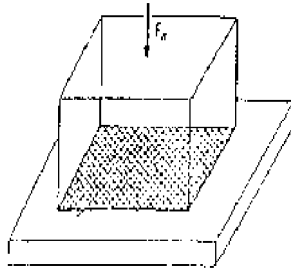
e- İzafi hareket : Temel sürtünme elemanının karşı sürtünme elemanına göre izafi hareketinin cinsi (kayma, yuvarlanma veya çarpma etkilerinden hangisinin ağırlıklı olduğu), büyüklüğü ve doğrultusu ile belirlenir.

f- Çevre (ortam) : Sistemi içine alan ve genellikle sıvı veya gaz halinde bulunan ortamdır. Su, ortam ve gazlar teknikte en sık rastlanan çevre ortamlarıdır.



Şekil 2.1. Tribolojik sistemin gösterimi (Korkut, 1997).

Bir tribolojik sistemde birbirleriyle temas eden iki cismin gerçek temas yüzeyi, görünen temas yüzeyinden küçüktür. Çünkü temas yüzeyleri ne kadar düzgün işlenirse işlensin yüzeyde mutlaka pürüz denilen çıkıntıların bulunduğu bir gerçektir. Bu sebeple temas halindeki iki cisim bu pürüzler vasıtasıyla temas kurarlar. Pürüzlerin arasındaki girintiler ise temas alanı dışında kalır. (Şekil 2.2)'de görüldüğü gibi, görülen temas alanı;



Şekil 2.2.a Görülen temas alanı

Şekil 2.2.b Gerçek temas alanı

$S = e.b$ (birim kare) iken; gerçek temas yüzeyi, pürüzlerin temas yüzeylerinin toplamıdır. Gerçek temas alanı $S_r = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n$ şeklindedir. Buradan da anlaşılacağı gibi görünen temas alanı (S), gerçek temas alanından (S_g) daima büyüktür. $S > S_g$ (Kragelsky, 1960)

2.1. Aşınmaya Etki Eden Faktörler

Metalurjik Değişkenler:

- a- Sertlik,
- b- Tokluk,
- c- Mukavemet,
- d- Mikroyapı,
- e- Kimyasal Bileşim.

Çalışmayla İlgili Değişkenler:

- a- Temas Eden Malzeme,
- b- Basınç veya Mukavemet,
- c- Hız,
- d- Sıcaklık,
- e- Yüzey Düzgünlüğü.

Diğer Faktörler;

- a- Yağlama
- b- Korozif Etki

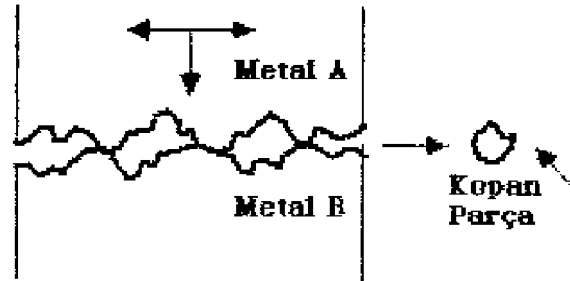
2.2. Aşınmanın Oluş Mekanizmalarına Göre Sınıflandırma

2.2.1. Adhesiv Aşınma:

Özellikle birbiriyle kayma sürtünmesi yapan, metal-metal aşınma çiftinde meydana gelen kaynaklaşma olayının bir sonucudur. Birbiriyle temasta bulunan benzer kafes yapılı iki metalik yüzey arasında adhezyon kuvveti denilen bir çekim söz konusudur. Bu kuvvetin meydana gelebilmesi için malzemelerin moleküllerini birbirine çok yaklaştırmak gerekir. Zaten temas halindeki iki metal, birbiriyle yüzeylerindeki pürüzler vasıtasıyla etkileşirler. Malzeme ağırlığından veya bir dış kuvvet tesiriyle, çok küçük olan pürüz tepelerine gelecek olan basınç veya gerilme çok büyük olacaktır. Bu kuvveti taşıyamayan pürüzler plastik deformasyona uğrayacaklardır. Eğer malzemenin deforme olma kabiliyeti yüksek ise, mikro adhezyon alanları şiddetle temas yüzeyine tamamen yayılacaktır. Böylece yüzeyde adsorbe edilmiş sıvı veya gaz molekülleri ve oksit tabakaları parçalanacaktır.

Yukarıda bahsedilen parçalanma esnasında malzeme molekülleri doğrudan temasa geçme imkanı bulur. Bunun neticesinde de, soğuk kaynama şeklinde bölgesel kaynak bağları oluşur. İzafi hareketin de yardımıyla yüzeydeki sıcaklık yükselir, böylece kaynama yerinden veya metal yüzeyinden bir miktar parça kopar. Bu metalik parçacıklar, ara yüzeyde serbest parçacıklar halinde kalabilecekleri gibi metallere birine yapışmış şekilde de bulunabilirler. Şekil 2.3’de iki metalin sürtünmesi esnasında yüzeyden parça kopması görülmektedir.

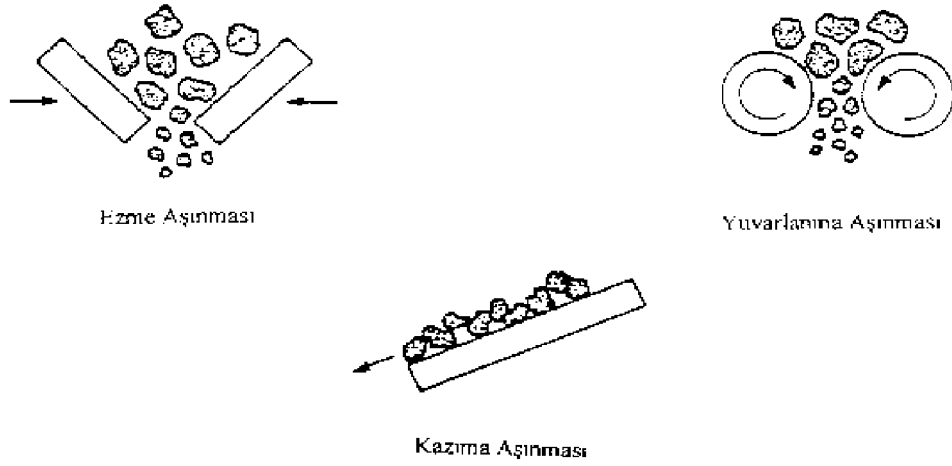
Şayet sürtünen malzemelerin yapıları farklı ise, aşınma adhezyonla başlamaz. Bu gibi malzemelerde yüksek gerilme ve basıncın etkisi ile pürüzler birbirine geçerek plastik şekil değiştirir. İzafi hareket başladığında zayıf olan malzemenin pürüzleri kopar ve serbest tanecikler meydana gelir. Eğer sıcaklık yükselir ve ısı difüzyon fazlaşırsa bölgesel kaynak bağları oluşur. Difüzyon az ise kaynama olmayacağından kırılan parçacıklar serbest hale geçerler.



Şekil 2.3 Metal-metal sürtünmesinde yüzeyden parça kopması (Korkut, 1997)

2.2.2 Abrasiv aşınma:

Bu tip aşınma malzeme yüzeyine karşı metalik yada metalik olmayan aşındırıcı bir maddenin temasından ileri geliyorsa, bu aşınmaya abrasiv aşınma veya abrazyon denir. Çeşitli tip abrasiv aşınmalar Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Abrasiv aşınma tipleri

2.2.3. Tabaka aşınması:

Abrasiv aşınma olayında, malzemenin aşınma yüzeyine yakın yerlerinin özelliğinin pek önemi yok iken, tabaka aşınmasında önemi büyüktür. Çevredeki gazların ve ara malzemelerin etkisi ile meydana gelen aşınma yüzeyi sınır tabakası, çizilmeyle sıyrıldığından daima yeniden meydana gelir. Bu sebeple en önemli özellik aşınma yüzeylerinde meydana gelen tabaka olup, malzemenin rolü ikinci plandadır.

2.2.4. Ablativ aşınma:

Ablativ aşınma tamamen sürtünme ve diğer reaksiyon ısılarının durumuna bağlıdır. Sürtünme yüzeyindeki bazı bölgelerde sıcaklık çok yüksek derecelere ulaşır o yüzey bölgesinde bir değişiklik oluşur. Bu değişiklik moleküler veya atomsal mertebededir. Yeterli

sıcaklık veya zaman sonunda sürtünme elemanlarının moleköl veya atomları diğér sürtünme elemanlarına transfer olur. Fren balatalarında bu tip aşınma söz konusudur.

2.3. Aşınmanın Fiziksel Görünüşe Göre Sınıflandırılması

2.3.1. Kayma Aşınması:

Kayma aşınmasını; taneli mineraller tarafından meydana getirilenler ve metal-metal aşınması olarak iki grupta incelemek mümkündür.

Metaller aşındırıcı mineral sertliğine bağılı olarak belirli bir yüksek ve alçak aşınma davranışı gösterirler. Eğer mineral sertliği metalin sertliğinden fazla ise, aşınma miktarı da artar. Ayrıca yüksek aşınma bölgesinde tane keskinliği aşınma miktarını arttırıcı yönde etkiler. Metal olmayan sert malzemelerde aşınma metallerde olduğı gibi mineral tanelerinin sertliğiyle artar, Fakat sert malzemenin aşınma yüzeyinde gevrek kırılmalar meydana gelir. Metal-metal aşınmasında ise yüzeylerin işleniş kalitesi ve yağlamanın aşınmayı düşürücü yönde büyük etkisi vardır.

2.3.2. Püskürtme Aşınması:

Püskürtme aşınmasında aşınma miktarı malzemenin özelliklerine ve püskürtme açısına bağılıdır. Her malzemenin püskürtme açısına bağılı olarak aşınma dayanıklılığı farklıdır. Örneğın küçük püskürtme açısında yumuşak ve deforme olabilen malzemeler büyük aşınma gösterirken, sert ve gevrek malzemelerde büyük püskürtme açılarında aşırı zorlanarak maksimum aşınma gösterirler. Ayrıca aşınma miktarı püskürtülen maddenin sertliğine ve püskürtme hızına bağılı olarak değişim gösterir.

2.3.3. Korozi Aşınma:

Abrasiv aşınma ile kimyasal maddelerin birlikte meydana getirdiğı aşınma şeklidir. Aşınan yüzeyler, aynı zamanda korozi etkilere de uğrarsa buna korozi aşınma denir. Kimyasal korozyon kendi başına oluşabildiğı gibi, diğér aşınma türleri ile birlikte de meydana gelebilir. Yüzeye sıkıca yapışan filmleri meydana getiren kimyasal reaksiyonlar yüzey aşınmasını önler. Fakat film kırılğan ve yüzeye gevşek bağılı ise, aşınma büyük miktarda hızlanır. Çünkü sürtünme hareketi sırasında filmler çatlar ve malzemeye bağılı oldukları yerden koparlar .

2.3.4. Yuvarlanma Aşınması:

Bu tip aşınma birbiri üzerinde yuvarlanarak hareket eden malzemelerde görülür. Yuvarlanma esnasında aşınma sadece bir malzemede olabileceği gibi her iki malzemede de değişen miktarlarda oluşabilir. Yuvarlanma aşınmasında yüzeylerin ıslak veya kuru olmasının aşınmaya büyük etkisi vardır.

2.4. Aşınmanın Aldığı Özel Adlar Vasıtasıyla Sınıflandırılması

2.4.1. Yorulma Aşınması

Titreşim (yorulma) aşınması, titreşim zorlamalarında yorulma kırılması hasarı olarak ortaya çıkar. Bu aşınmada; iç yapı tahribatı, çatlamlar, lokal ayrılmalar meydana gelir. Genellikle periyodik yüklemeler dolayısıyla, yüzeyde veya yüzeye yakın yerlerde yapının parçalanarak yırtılmalar meydana getirmesi sebebiyle yüzeyden kısmi çözülmelerin olmasıyla meydana gelir.

2.4.2. Termik Aşınma

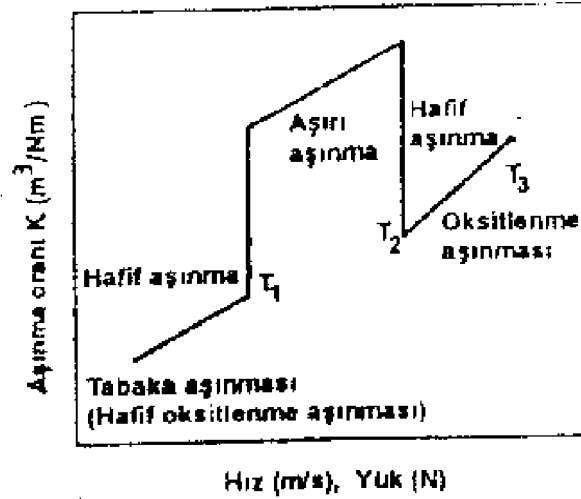
Yüksek sıcaklığın yanı sıra darbe ve gazların etkisi ile birlikte görülen aşınma şeklidir. Bu aşınmaya örnek olarak, buhar ve gaz valfleri oturma yüzeyleri, valf etekleri veya valf klapeleri, sıcak hadde silindir ve merdaneleri verilebilir (Layıktez, 1988)

2.4.3. Kavitasyon Aşınması:

Su makinalarında suyun vakum (emme) etkisinin genellikle su içindeki kum zerresi gibi abrasiv maddelerle birlikte oluşturduğu aşınma şeklidir. Bu tür aşınmanın görüldüğü yerler genel olarak; su türbini çark kanatlarında, deniz taşıtı pervaneleri, pompa çarkları, boru dirsekleri v.s. yerlerdir.

2.5. Kuru Sürtünmede Çeliklerin Gösterdiği Aşınma Davranışları

Kuru sürtünmede çeliklerin, kayma hızı ve yükleme şartlarına bağlı olarak üç tür aşınma davranışı gösterdiği tespit edilmiştir. Şekil 2.5’de görüldüğü gibi, T_1 , T_2 , T_3 noktaları ile sınırlanan bu davranış şekilleri aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 2.5. Kuru sürtünmede çeliklerin gösterdikleri aşınma davranışları

a- Tabaka aşınması

T_1 noktasının altındaki düşük yük ve kayma hızı şartlarında argon gazı ortamında yapılan aşınma deneylerinden, aşınma taneciklerinin yüzey yorulması sonucu pul şeklinde metalik olarak teşekkül ettiği tespit edilmiştir. Bu taneciklerin boyutları 1-10 μm arasında değiştiğinden, yani kaba sayıldığından, bu tür aşınmaya tabaka aşınması adı verilmiştir. Sürtünme ortamı atmosfere veya sıvı bir ortama açık olması halinde, reaksiyon ürünü olarak meydana gelen aşınma taneciklerinin boyutu 0.1 μm civarında olduğu tespit edilmiş olup, tabaka aşınmasının bir türü olan bu aşınma da hafif aşınma olarak tanımlanmıştır. Hafif aşınmada yüzeyler birbirini üzerinde absorblanan gaz tabakaları veya oda sıcaklığında teşekkül eden oksit filmleri üzerinde kayar ve aşınma tanecikleri tamamen oksitlerden meydana gelir. Bu nedenle bu aşınma hafif oksitlenme aşınması olarak da bilinir.

b- Aşırı aşınma

T_1 ve T_2 noktaları arasında aşınma oranının ani olarak artış gösterdiği bölge aşırı aşınma bölgesi olarak tanımlanmıştır. T_1 noktasından itibaren daha önce düşük yük veya hız şartlarında aşınan yüzeylerde oluşan koruyucu oksit filmleri kırılarak aşırı aşınmaya geçilir. Yükün veya hızın artması temas yüzeyi sıcaklığını yükselterek, plastik deformasyon oranını arttırır. Bunun sonucu olarak aşınma miktarı hızlı bir artış gösterir. Aşırı aşınmada meydana gelen aşınma tanecikleri tamamen metalik olup, tane boyutları 10 μm civarındadır.

c- Oksitlenme aşınması

Kayma hızı veya normal yükün temas noktalarındaki sıcaklığı metalin ergime noktası altında tutacak şekilde artması halinde, aşınan yüzeylerde plastik deformasyonun yanında bir de kalıcı oksit filmi oluşur. Bu filmin kayma hareketi esnasında kırılmasıyla meydana gelen malzeme kaybına oksitlenme veya hafif aşınma adı verilmiştir. Çeliklerdeki oksitlenme aşınması T_2 ve T_3 arasında ve bu noktalar civarında meydana geldiği tespit edilmiştir. Çeliklerin T_3 bölgesini ayrıntılı olarak araştırarak, bu bölgede oluşan Fe_3O_4 ve FeO oksitlerinin sert ve mukavemetli olması sebebiyle aşınma direncini arttırdığı tespit edilmiştir.

2.6. Aşınma Deneyleri ve Ölçüm Metotları:

2.6.1. Ağırlık farkı metodu

Ekonomik olması ve ölçülen büyüklüğün, alet duyarlılık kapasitesi dahilinde bulunması sebebi ile en çok kullanılan yöntemdir. Dezavantajı ise, her ölçümde deney numunesinin yerinden çıkartılıp yeniden bağlanmasıdır.

Ağırlık kaybının ölçümü 10^{-4} veya 10^{-5} gr hassasiyetine duyarlı bir terazi yardımıyla yapılır. Aşınma miktarı gram veya miligram sürtünme yolu da metre veya kilometre olarak tespit edilirse; birim sürtünme yoluna karşılık gelen ağırlık kaybı miktarı (gr/km), (mg/m) ile ifade edilir. Ağırlık farkı ölçme metodunda kullanılan bağıntılar aşağıda verilmiştir.

$$W_a = G / d \cdot M \cdot S \quad (\text{mm}^3 / \text{N.m}) \quad (\text{Bhat, 1981})$$

Burada;

$$W_a : \text{Aşınma oranı} \quad (\text{mm}^3 / \text{N.m}),$$

$$G : \text{Ağırlık kaybı} \quad (\text{mg}),$$

$$M : \text{Yükleme ağırlığı} \quad (\text{N}),$$

$$S : \text{Aşınma yolu} \quad (\text{m}),$$

$$d : \text{Cismin yoğunluğu} \quad (\text{gr/cm}^3)$$

olarak verilmiştir. Aşınma oranının (W_a) tersi, aşınma direnci (W_r) olarak gösterilir.

$$W_r = 1 / W_a \quad (\text{Nm/mm}^3)$$

2.6.2. Kalınlık farkı metodu

Aşınma esnasında oluşacak boyut değişikliğinin ölçülmesi, başlangıç değeriyle karşılaştırılması suretiyle elde edilir. Kalınlık farkı olarak tespit edilen bu değerden gidilerek

hacimsel kayıp değeri ve birim hacimdeki aşınma miktarı hesaplanır (Moore, 1983). Kalınlık, hassas ölçme aletleri yardımıyla $-1 +1 \mu\text{m}$ duyarlılıkta ölçülmelidir. Bu metod kullanım zorluğundan ötürü tercih edilmez.

2.6.3. İz değişimi metodu

Sürtünme yüzeyinde plastik deformasyon metodu ile, geometrisi belirli bir iz oluşturulur. Deney boyunca bu izin karakteristik bir boyutunun (çapının) değişimi ölçülür. Uygulamalarda iz bırakıcı olarak en çok kullanılan alet Vickers veya Brinell sertlik ölçme ucudur. Elmas piramit veya bilyenin bıraktığı iz boyutlarındaki değişme mikroskop vasıtasıyla ölçülerek belirlenir.

2.6.4. Radyoizotop metodu

Sürtünme yüzey bölgesinin proton , nötron veya yüklü α - parçacıklarıyla bombardıman edilerek radyo aktif hale getirilmesi esasına dayanır. Aşınmanın büyük hassasiyetle ölçülebilmesi ve sistem içerisinde çalışma şartlarını değiştirmeden ölçü alınabilmesi avantajlı yönleridir. Fakat ekonomik olmaması nedeni ile ancak özel amaçlarla kullanılır. Özel problemlerin çözümü dışında yaygın olarak kullanılan bir metod değildir.

3. ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ÇELİKLERİN YAPI VE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

İçerisine karbon dışında istenilerek başka elementlerin, özellikle metallerin katıldığı çeliklere alaşımlı çelikler adı verilir. İçerisine katılan elementin miktarına göre çelikler; düşük, orta ve yüksek alaşımlı çelikler olarak üç gruba ayrılır (Yıldırım, 1984).

Yüksek mukavemet, yüksek aşınma dayanımı, yüksek korozyon direnci ve yüksek sertlik gerektirmeyen uygulamalar için karbon çelikleri veya alaşımsız çelikler yaygın olarak kullanılır. Fakat alaşımsız çeliklerin sertleşme kabiliyeti yeterli olmadığından istenilen mukavemet özelliklerine her zaman cevap vermeyebilirler. Diğer taraftan sertleştirilen çeliklerde iç gerilmelerin giderilmesi ve tokluğun arttırılması amacıyla menevişleme yapılır. Buda çeliğin sertlik özelliğini yükselen sıcaklıkla etkiler. Bu ve buna benzer sebeplerden dolayı alaşımsız çeliklerin yüksek mukavemet ve sertlik gerektiren yerlerde kullanılması mümkün olmaz. Alaşımsız çeliklerin kullanımını kısıtlayan etkenler alaşım elementi katkılarıyla büyük ölçüde ortadan kaldırılabilir.

3.1. Alaşımlamanın Amacı

Çeliklere alaşım elementi katılmasının başlıca amaçları

1. Sertleşme kabiliyetini iyileştirmek,
 2. Sertlik ve mukavemetini arttırmak,
 3. Mekanik özelliklerini iyileştirmek,
 4. Tokluğu arttırmak,
 5. Aşınma direncini arttırmak,
 6. Korozyon direncini arttırmak,
 7. Manyetik özellikleri iyileştirmek
- şeklinde sıralanabilir.

3.2. Çelikte Karbon

Artan karbon oranıyla çelikte çekme dayanımı, akma sınırı, mukavemet özellikleri ve sertlik artma gösterirken, incelme, kopma uzaması ve çentik darbe dayanımı azalır. Artan karbon oranıyla çelik bünyesindeki perlit artar. Buna karşılık malzeme sertleştiğinden talaş kaldırma, tornada kesme, plastik şekil verme yani soğuk ve sıcak şekillendirme güçleşir. Kaynak ve oksijen gazla kesme işlemleri de yine sertlik nedeni ile iyice güçleşir (Yıldırım, 1980).

3.3. Çelikte Mangan

Bütün ticari alaşımsız çeliklerde % 0.03 ile % 1 oranları arasında mangan bulunur. Mangan çeliğe ferromangan şeklinde deoksidasyon elementi olarak verilir. % 0.8'i aşan oranlarında manganlı çelik alaşımlarından söz edilir. Çekme dayanımı ve akma sınırı % 0,7 mangan değerine çıkıncaya kadar, uzamada fazla düşme olmadan artma gösterir. Az miktardaki mangan içeriği çentik darbe mukavemetini olumlu yönde etkiler ve kritik soğutma hızını aşırı derecede düşürür. Artan mangan içeriği tane irileşmesine sebep olur. Mangan, çeliğin dövülebilme ve kaynak edilebilme özelliklerine olumlu etkide bulunur. Yüksek karbonlu çeliklere, düşük karbonlu çeliklerden daha çok etki eder. Paslanmaya, aşınmaya ve az miktarda ısıya karşı olan dayanıklılığı iyileştirir.

3.4. Çelikte Krom

Asil çelik sanayi kolunun temel metalik elementidir. Krom, kritik soğutma hızını düşürür, yüksek sertlikte, yüksek aşınma dayanımında ve hidrojen gazına karşı dayanımda karbürler oluşturur. Sertleştirici ve tane küçültücü etkileri vardır. Krom içeriği % 17' yi aşan çelikler, ısıya ve yüksek çalışma sıcaklıklarına dayanıklıdır ve yapıları tamamen ferritiktir. Kromlu çelikler ısıtılmalardan geçirildikten sonra kullanılır. Soğuk ve sıcak iş çeliklerinde, kesme işlerinde kullanılan makinalarda krom vazgeçilmez bir elementtir.

Krom oranı arttıkça kaynak edilebilme yeteneği azalır. Her % 1 krom artışında malzemenin çekme dayanımı 80-100 (N/mm²) artma gösterir.

3.5. Çelikte Molibden

Karbür oluşumuna yatkın bir alaşım elemanıdır. Aşınma dayanıklılığı, derinliğine sertleştirme, kaynak edile bilme, ısı ve tavlama ortamına dayanıklılık, temper gevrekliğini giderme ve kesme yeteneğini düzeltme gibi özelliklerin arandığı yerlerde önemli bir alaşım elemanıdır.

3.6. Çelikte Alüminyum

Sıvı çelik üzerinde rahatlatıcı etki gösterir. % 0.1' e kadar olan katkılarda tane incelticidir. Azotla birleştiği için zamanla yaşlanma ve sertleşmeyi önler. Korozyonik sıvı ortamda yırtılma özelliğini azaltıcı etki gösterir.

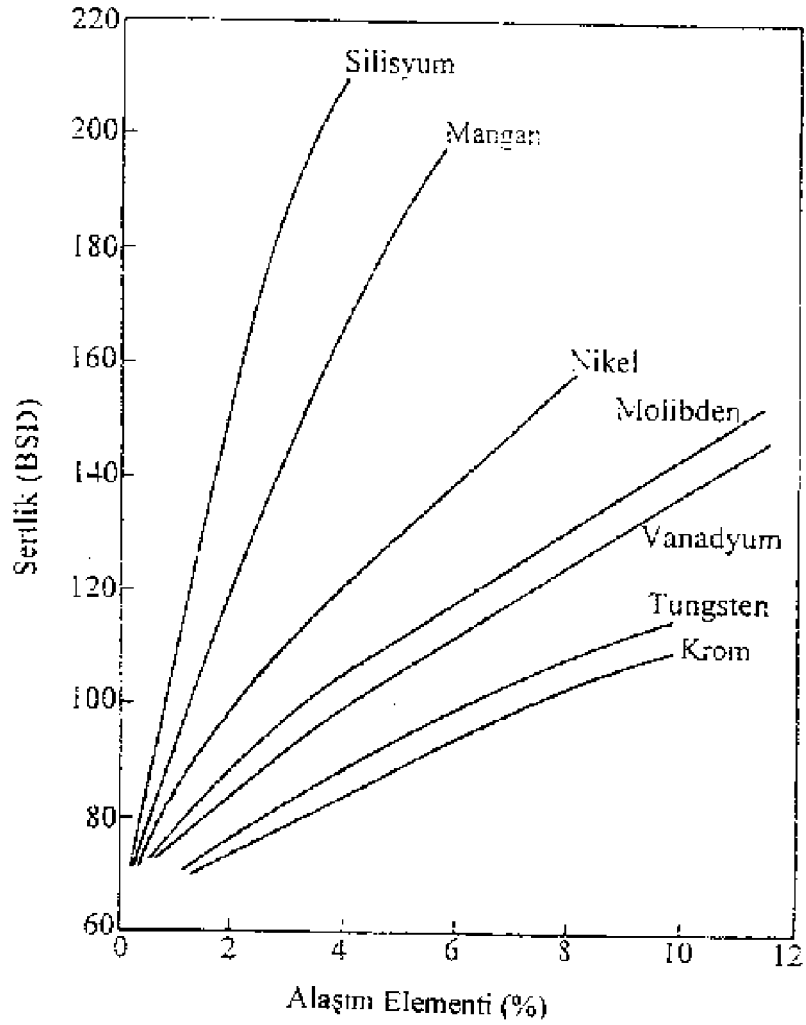
3.7. Çelikte Silisyum

Ticari çeliklerin çoğu % 0.05 ile % 0.3 oranları arasında silisyum içerir. Silisyum, ferrit içerisinde çözünerek çeliğin sünekliğini fazla azaltmadan mukavemetini artırır. Ayrıca, silisyum dioksit (SiO_2) oluşturarak sıvı çeliğin oksijenini büyük ölçüde alır ve böylece çeliğin kalitesini iyileştirir. Silisyum dökme demirlerde grafit yapıcı bir element olarak kullanılır.

3.8. Alaşım Elementlerinin Ferrite Etkisi

Teknik olarak bütün alaşım elementleri ferrit içerisinde az da olsa bir miktar çözünürler, ancak bazı elementler karbür oluşturmazlar. Nikel, alüminyum, silisyum, bakır ve kobalt gibi elementler ferrit içerisinde yüksek oranda çözünürler. Karbonun olmaması durumunda, ikinci grup elementler ferrit içerisinde önemli ölçüde çözünebilirler. Karbürün oluşması için çelikte yeterli oranda karbon bulunması gerekir.

Ferrit içerisinde çözülen herhangi bir element, katı çözelti sertleşmesi ilkelerine uygun olarak ferritin sertlik ve mukavemetini artırır. Demirin mukavemetini artırma etkisi bakımından alaşım elementleri krom, vanadyum, molibden, nikel, mangan ve silisyum sırasını izler. Şekil 3.1’de bu alaşım elementlerinin çeliğin sertliğine etkileri görülmektedir.



Şekil 3.1. Ferrit içersinde çözünen elementlerin çeliğin sertliğine etkileri (Savaşkan, 1999)

3.9. Alaşıım Elementlerinin Karbürlerle Etkisi

Çelik içersinde bulunan bütün karbürlerin çeliğin oda sıcaklığındaki mukavemetine etkileri hemen hemen aynı olup, bu etkiler çeliğin kimyasal bileşimine bağlı değildir. Yani karbürler kimyasal bileşime bağlı kalmadan, çeliğin oda sıcaklığındaki mukavemetini benzer biçimde etkiler.

Karbür yapıcı elementler, çeliğin ostenitleme sıcaklığı ve tavlama süresini önemli ölçüde etkiler. Karmaşık karbürlerden bazıları, ostenit fazı içersinde çözünmezler. Bu tür karbürler ostenitin karbon ve alaşıım elementi oranlarını, çeliğin kimyasal bileşimindeki oranların altına düşürürler. Çözünmeyen karbürler, tane büyümesini de engeller. Bu sebepten karbürler çeliklerin serleşme yeteneğini olumsuz etkiler. Karbürlerin ostenit içersinde çözünmesi

durumunda karbür yapıcı elementler çeliğin sertleşme yeteneğini büyük ölçüde iyileştirirler, yani daha fazla sertleşme sağlarlar.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Çalışmanın Amacı

Aşınma; malzeme yüzeyinin daha ziyade mekanik zorlamalar nedeniyle, bazı hallerde kimyasal etkenlerle küçük parçaların ayrılması sonucu malzemede meydana gelen değişme olarak tanımlanır.

Aşınma direncini etkileyen en önemli faktör ise sertliktir. Malzemelerin sertlikleri artırıldığında kütle kaybı önemli ölçüde düşmektedir. Sertliği etkili bir biçimde arttırmak ise başta karbon içeriğini arttırmak ve diğer alaşım elementlerinin ilavesiyle gerçekleştirilebilir. Aşınma direncine etki eden ikinci önemli faktör ise mikroyapıdır. Sertlikleri aynı olan farklı malzemelerin mikroyapıları farklı olduğundan dolayı aşınma miktarı da farklı olmaktadır.

Bu kriterlerden yola çıkarak, bu çalışmada bazı alaşım elementlerinin abrasiv aşınma direncine olan etkileri araştırılmıştır.

4.2. Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Bu deneysel çalışmada üç çeşit deney numunesi kullanılmıştır. Tablo 4.1’de numunelerin spektral analiz cihazından alınan kimyasal bileşimleri verilmiştir.

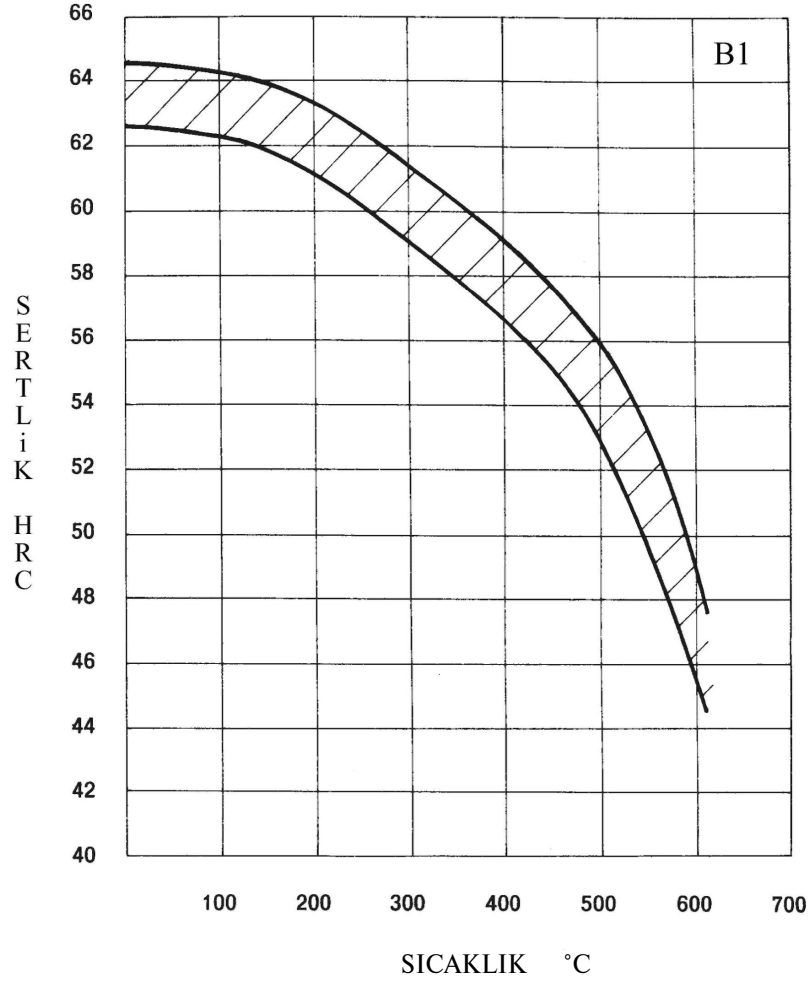
numune		Alaşım elementi % miktarı						İsl işlem
no	adı	C	Si	Mn	P	S	Cr	
A1	AISI 1020	0,20	0,22	0,45	0,035	0,035	-	İşlemsiz
B1	1.2080	1,99	0,32	0,42	0,018	0,0006	11,30	İşlemsiz
B2	1.2080	1,99	0,32	0,42	0,018	0,0006	11,30	Norm. tavı
B3	1.2080	1,99	0,32	0,42	0,018	0,0006	11,30	Suda sert.
B4	1.2080	1,99	0,32	0,42	0,018	0,0006	11,30	Yağda sert.
C1	1.2842	0,90	0,20	2,0	0,030	0,030	-	İşlemsiz
C2	1.2842	0,90	0,20	2,0	0,030	0,030	-	Norm. tavı
C3	1.2842	0,90	0,20	2,0	0,030	0,030	-	Suda sert.
C4	1.2842	0,90	0,20	2,0	0,030	0,030	-	Yağda sert.

Tablo 4.1. Deneyde kullanılan malzemeler

A: Alaşımsız düşük karbonlu çelik,

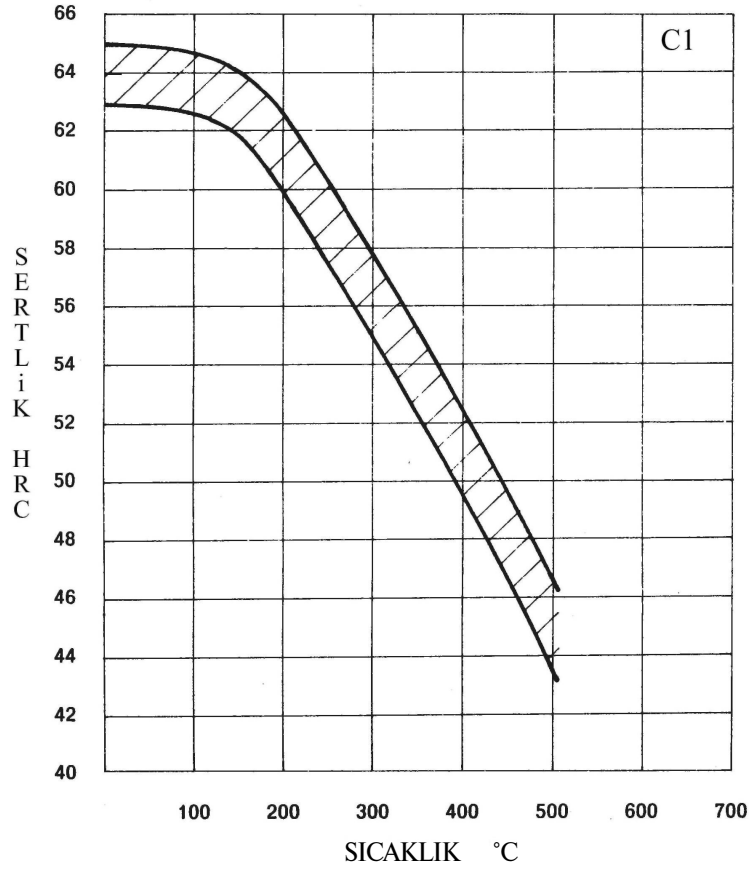
B: Yüksek karbon içeriğine sahip, yüksek kromlu çelik,

C: Manganlı çelik.



Şekil 4.1. B1 numunesinin sertliğinin sıcaklıkla değişimi

Şekil 4.1’de B1 numunesinin sertliğinin artan sıcaklıkla değişimi verilmiştir. Malzemenin işlem öncesi sertliği yaklaşık olarak 63 HR_C iken artan sıcaklıkla birlikte gittikçe düşmektedir.



Şekil 4.2. C1 numunesinin sertliğinin sıcaklıkla değişimi

Şekil 4.2’de C1 numunesinin sertliğinin artan sıcaklıkla değişimi verilmiştir. Malzemenin işlem öncesi sertliği yaklaşık olarak 64 HR_c iken artan sıcaklıkla birlikte gittikçe düşmektedir.

4.3. Malzemelere Uygulanan Termomekanik ve Isıl İşlemler

A1 numunesi: 16x16 kare kesitindeki malzeme, freze tezgahında aşınma deneyi için uygun ölçülerde kesilmiştir. Bu malzeme için herhangi bir ısıl işlem uygulanmamıştır.

B1 numunesi: 16x16 kare kesitindeki malzeme, freze tezgahında aşınma deneyi için uygun ölçülerde kesilmiştir. Bu malzeme için herhangi bir ısıl işlem uygulanmamıştır.

B2 numunesi: 16x16 kare kesitindeki malzeme, freze tezgahında aşınma deneyi için uygun ölçülerde kesilmiştir. Daha sonra 750 °C’de normalizasyon tavlaması uygulanmıştır. Malzeme önce 750 °C’ye kadar ısıtılmış bu sıcaklıkta yarım saat kaldıktan sonra 600 °C’ye kadar fırında, daha sonra ise açık havada bırakılmak suretiyle soğutulmuştur.

B3 numunesi: 16x16 kare kesitindeki malzeme, freze tezgahında aşınma deneyi için uygun ölçülerde kesilmiştir. Daha sonra 750 °C’de normalizasyon tavlaması uygulanmıştır. Malzeme önce 750 °C’ye kadar ısıtılmış bu sıcaklıkta yarım saat kaldıktan sonra 600 °C’ye kadar fırında, daha sonra da açık havada bırakılmak suretiyle soğutulmuştur. Daha sonrasında ise malzeme 950 °C’ye kadar ısıtılıp bu sıcaklıkta 30 dakika beklendikten sonra 1 sn kadar kısa bir sürede suya çekilmek suretiyle suda sertleştirmeye tabi tutulmuştur.

B4 numunesi: 16x16 kare kesitindeki malzeme, freze tezgahında aşınma deneyi için uygun ölçülerde kesilmiştir. Daha sonra 750 °C’de normalizasyon tavlaması uygulanmıştır. Malzeme önce 750 °C’ye kadar ısıtılmış bu sıcaklıkta yarım saat kaldıktan sonra 600 °C’ye kadar fırında, daha sonra ise açık havada bırakılmak suretiyle soğutulmuştur. Daha sonrasında ise malzeme 950 °C’ye kadar ısıtılıp bu sıcaklıkta 30 dakika beklendikten sonra 1 sn kadar kısa bir sürede yağa çekilmek suretiyle yağda sertleştirmeye tabi tutulmuştur.

C1 numunesi: 16x16 kare kesitindeki malzeme, freze tezgahında aşınma deneyi için uygun ölçülerde kesilmiştir. Bu malzeme için herhangi bir ısıl işlem uygulanmamıştır.

C2 numunesi: 16x16 kare kesitindeki malzeme, freze tezgahında aşınma deneyi için uygun ölçülerde kesilmiştir. Daha sonra 800 °C’de normalizasyon tavlaması uygulanmıştır. Malzeme önce 800 °C’ye kadar ısıtılmış bu sıcaklıkta yarım saat kaldıktan sonra 600 °C’ye kadar fırında, daha sonra ise açık havada bırakılmak suretiyle soğutulmuştur.

C3 numunesi: 16x16 kare kesitindeki malzeme, freze tezgahında aşınma deneyi için uygun ölçülerde kesilmiştir. Daha sonra 800 °C’de normalizasyon tavlaması uygulanmıştır. Malzeme önce 800 °C’ye kadar ısıtılmış bu sıcaklıkta yarım saat kaldıktan sonra 600 °C’ye kadar fırında, daha sonra ise açık havada bırakılmak suretiyle soğutulmuştur. Daha sonrasında ise malzeme 820 °C’ye kadar ısıtılıp bu sıcaklıkta 30 dakika beklendikten sonra 1 sn kadar kısa bir sürede suya çekilmek suretiyle suda sertleştirmeye tabi tutulmuştur.

C4 numunesi: 16x16 kare kesitindeki malzeme, freze tezgahında aşınma deneyi için uygun ölçülerde kesilmiştir ve daha sonra 800 °C’de normalizasyon tavlaması uygulanmıştır. Malzeme önce 800 °C’ye kadar ısıtılmış bu sıcaklıkta yarım saat kaldıktan sonra 600 °C’ye kadar fırında, daha sonra ise açık havada bırakılmak suretiyle soğutulmuştur. Daha sonrasında ise malzeme 820 °C’ye kadar ısıtılıp bu sıcaklıkta 30 dakika beklendikten sonra 1 sn kadar kısa bir sürede yağa çekilmek suretiyle yağda sertleştirmeye tabi tutulmuştur.

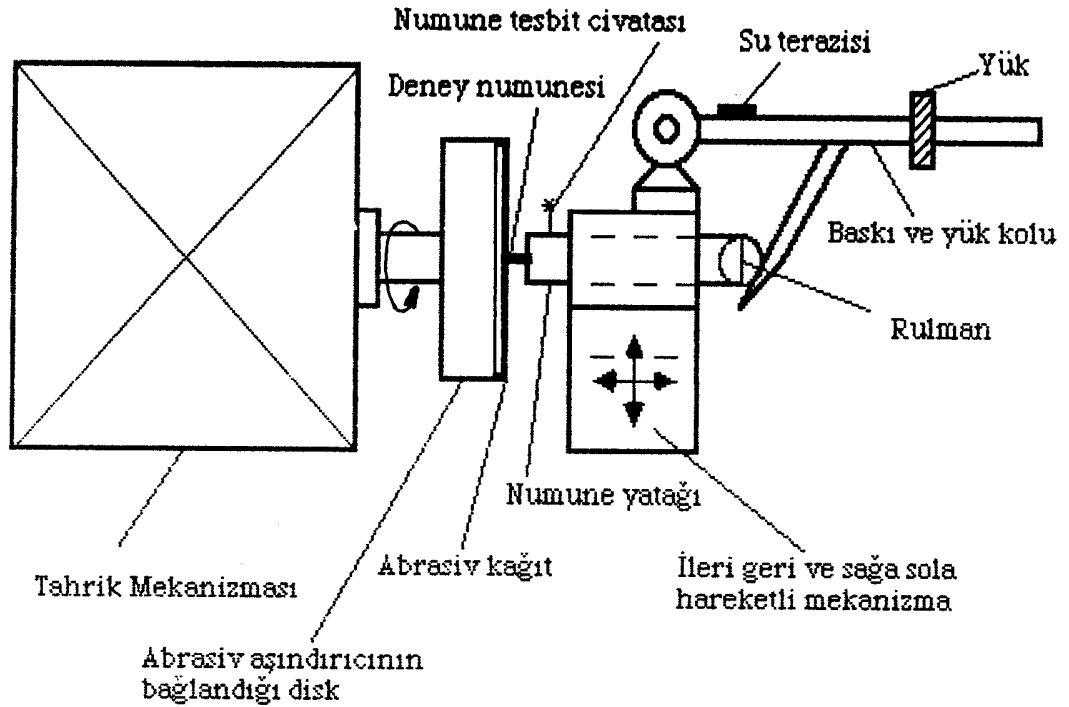
4.4. Metalografik Çalışmalar

Deney numunelerinin ısıt işlemler sonrasındaki mikro yapılarını belirlemek amacıyla metalografik inceleme yapılmıştır. Bunun için numuneler sırasıyla 80 mesh’ten 1200 mesh’e kadar zımparaya tutularak yüzeyleri temizlenmiş sonrasında 6 µ ve 1 µ’ luk elmas pasta ile yüzeyleri parlatılıp, nital ve FeCl₃ ile dağlanmış.

Yüzeyleri dağlanan numuneler, SEM mikroskopunda taramaya tabi tutularak aşınma yüzey fotoğrafları çekilmiş ve gerekli görülen yerlerin EDS analizi yapılmıştır.

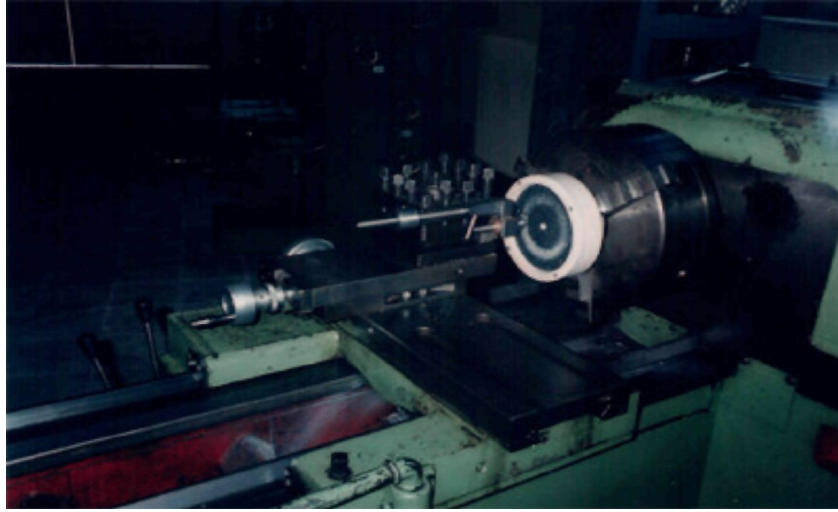
4.5. Deneylerin Yapılışı

4.5.1. Abrasiv aşınma deneyinin yapılışı



Şekil 4.3. Abrasiv deney aparatının şematik görünüşü (Korkut, 1997)

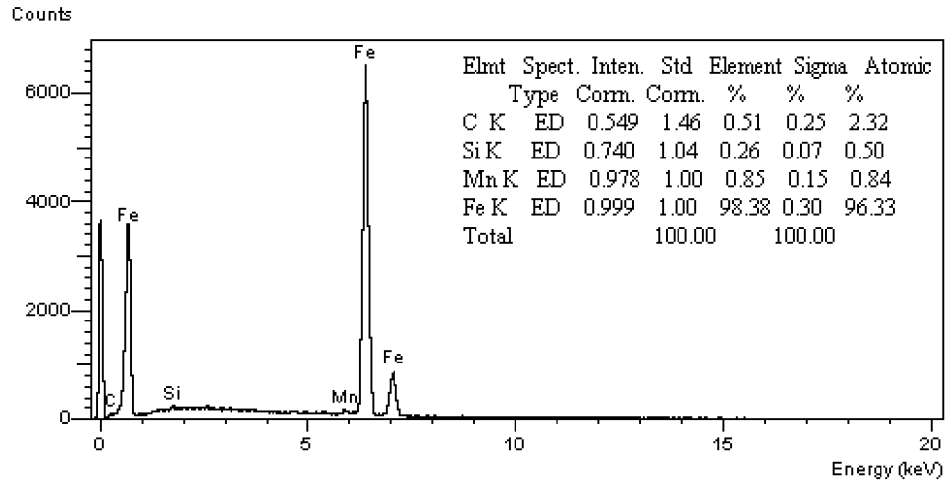
SiC aşındırıcının bağlı olduğu disk torna tezgahının aynasına aşındırılacak deney numunesi ise bir sistem bütünlüğü içinde torna tezgahının katerine tespit edilmiştir. Aşındırılacak malzemeye kuvvet uygulayacak mekanizma 10 N 20 N ve 30 N'luk yüklere bir terazi yardımıyla kalibre edilmiştir. Deney numunesi dıştan içe doğru 90 dev/dk ayna devri ve 0,328 mm/dev.'lik ilerleme hızıyla spiral bir yol takip etmiştir. Deney numuneleri aşındırma aparatına bağlanmadan önce 10^{-4} gr ağırlığa duyarlı Precisa XB marka İsviçre yapımı elektronik terazi ile tartılmış ve aparata bağlanıp istenen aşınma yolu aldırıldıktan sonra sökülerek yüzeyindeki kalıntı metal partikülleri alkol yardımıyla temizlenerek tartma işlemi tekrarlanmıştır. Böylece numunenin başlangıç ve son durumu arasındaki ağırlık farkı tespit edilerek aşınmadaki ağırlık kaybı bulunmuştur. Bir numune ile yapılan aşınma deneyi aynı şartlarda her defasında yeni bir numune ve yeni bir zımpara kağıdı kullanılarak üç defa tekrarlanmış ve ortalama bir değer elde edilmiştir. Aşındırıcı olarak 80 ve 120 mesh'lik silisyum karbür (SiC) zımpara kağıtları kullanılmıştır.



Resim 4.1. Abrasiv deney aparatının fotoğrafı

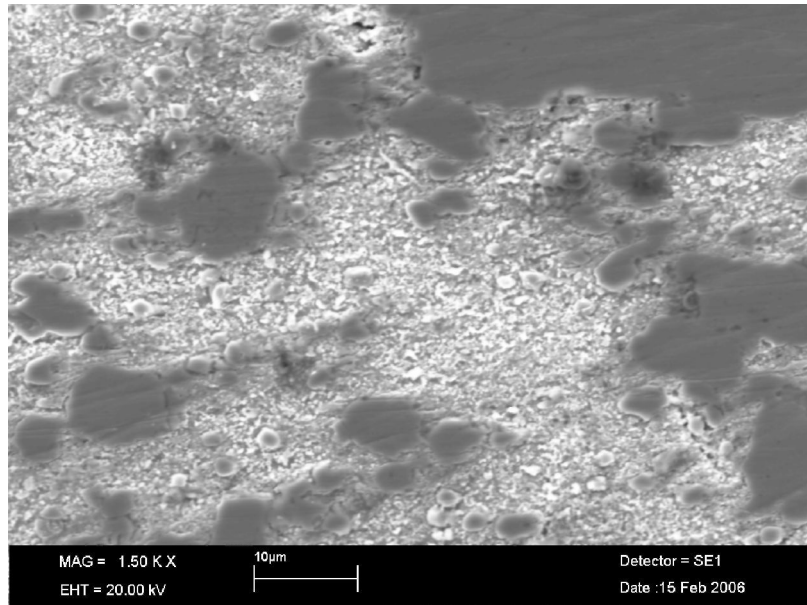
5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5.1. Metalografik Muayene Sonuçları

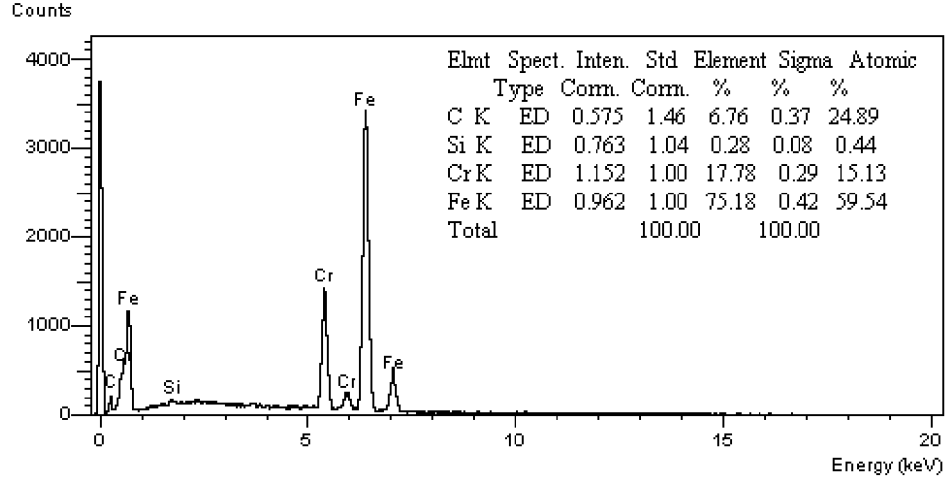


Şekil 5.1. A1 numunesinin yüzeysel EDS analizi

Şekil 5.1, A1 numunesinin yüzeysel EDS analizini göstermektedir. Bu malzeme herhangi bir ısıtma işlemine tabi tutulmamış, alaşımsız, düşük karbonlu çeliktir.

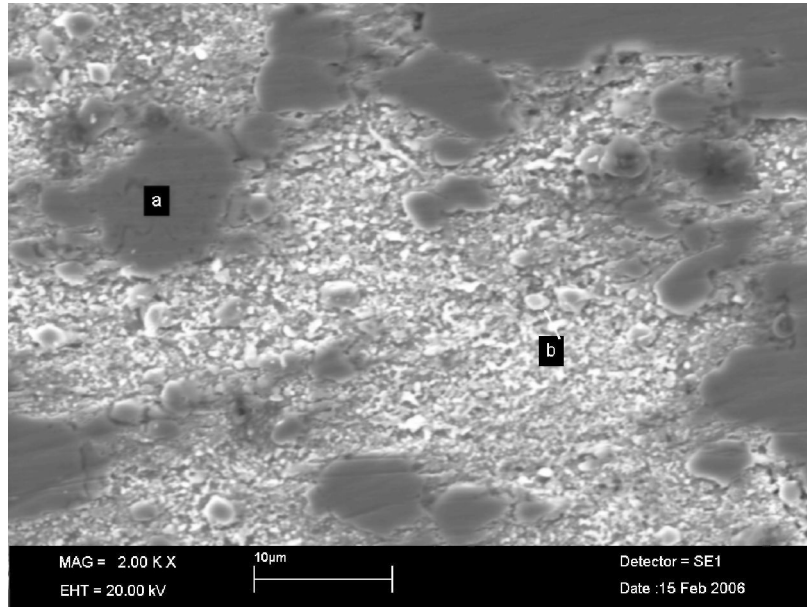


Resim 5.1. B1 numunesinin termomekanik ısıtma işlemleri sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 1500)

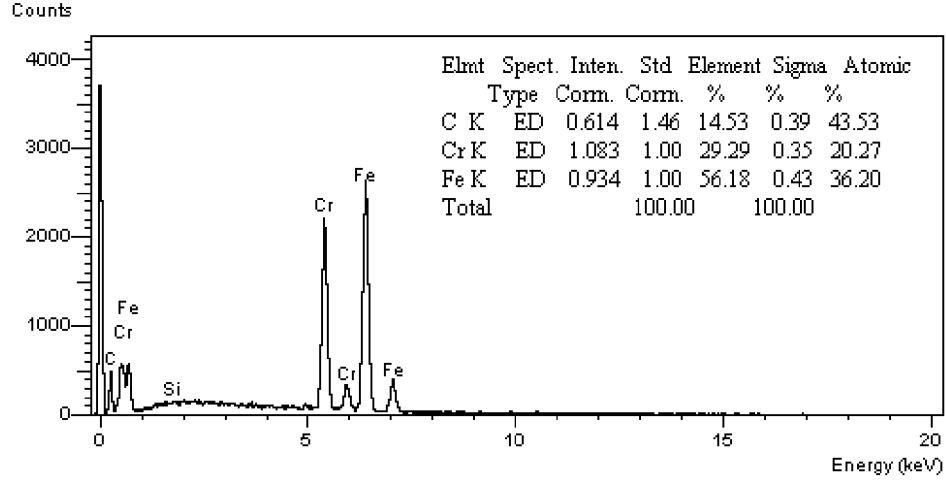


Şekil 5.2. B1 numunesinin yüzeysel EDS analizi

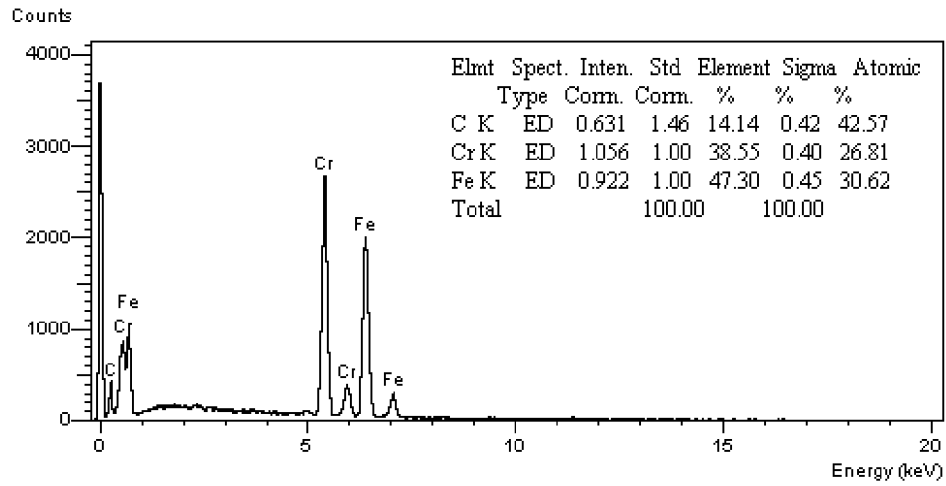
Resim 5.1, B1 numunesinin termomekanik işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafını göstermektedir. Bu malzeme herhangi bir ısıl işleme tabi tutulmamıştır. Şekil 5.2 de ise B1 numunesinin yüzeysel EDS analizi verilmiştir.



Resim 5.2. B1 numunesinin termomekanik ısıl işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 2000)



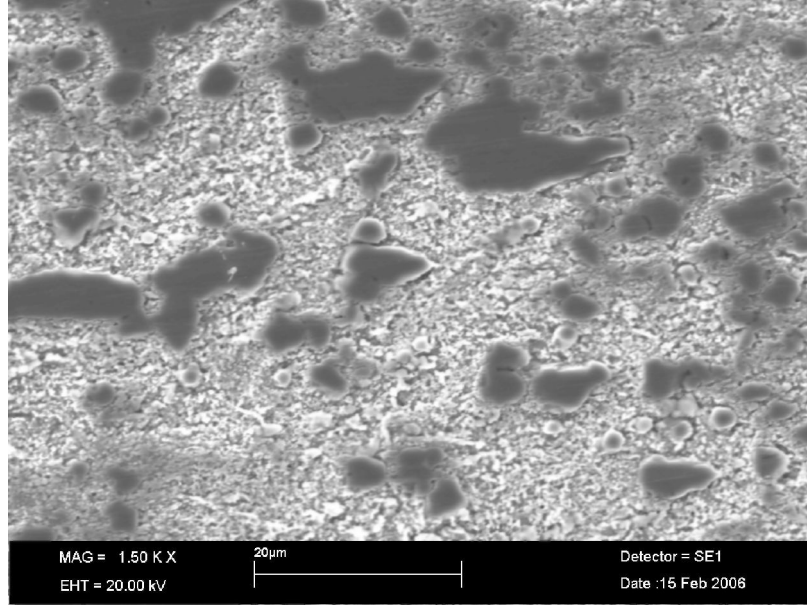
Şekil 5.3. B1 numunesinin mikroyapı fotoğrafında A noktasının noktasal EDS analizi



Şekil 5.4 B1 numunesinin mikroyapı fotoğrafında B noktasının EDS analizi

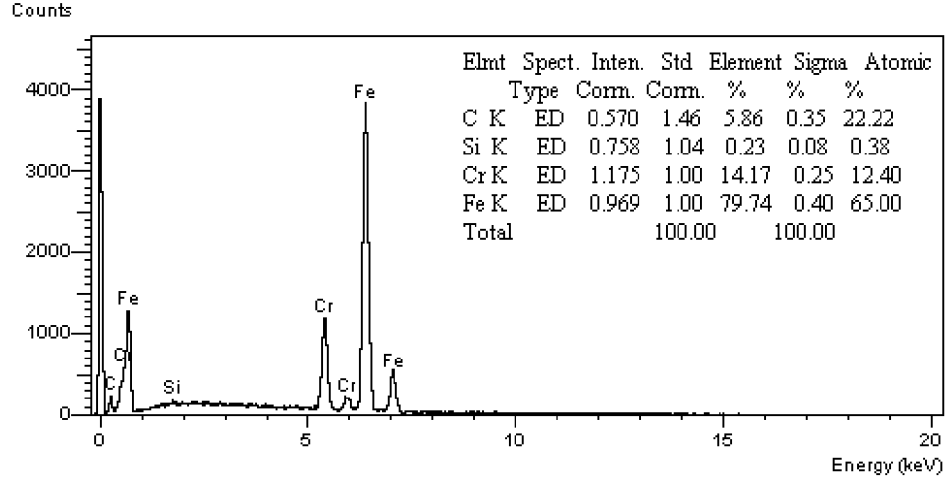
Resim 5.2’de B1 numunesi üzerinde a ve b olmak üzere iki nokta seçilmiş ve Şekil 5.3’te ve Şekil 5.4’te bu noktaların noktasal EDS analizleri verilmiştir. Analizlerden de

anlaşıldığı gibi a noktasındaki atom değeriyle b noktasındaki değeri Cr içeriği bakımından farklılık göstermektedir. Resim üzerinde baktığımızda koyu renkte görölen a noktasının içeriğinde % 26 oranında Cr bulunurken, açık renkte görölen b noktasının içeriğinde % 20 dolaylarında Cr bulunmaktadır. B1 numunesi herhangi bir ısıt işleme tabi tutulmamış yüksek karbon ve yüksek krom içeriğine sahip bir malzemedir. Bu malzemenin iç yapısının ve atom değeriinin yapılan ısıt işlemlerle nasıl değıştiği aşağıda incelenmiştir.

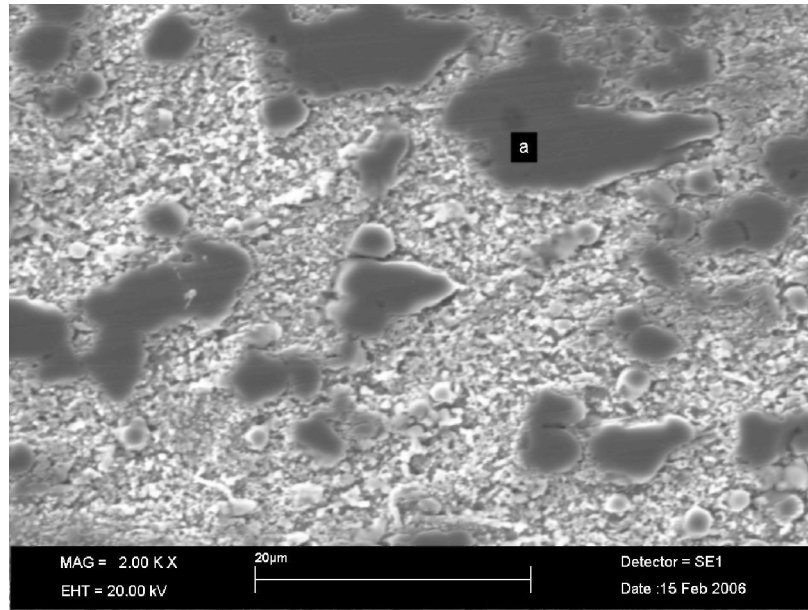


Resim 5.3. B2 numunesinin termomekanik ısıt işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 1500)

Resim 5.3, B2 numunesinin termomekanik işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafını göstermektedir. Bu malzeme B1 numunesinin normalizasyon ısıt işlemine tabi tutulmuş hali olup yapıda perlit dönüşüm söz konusudur. Malzemenin iç gerginlikleri giderilmiş, tanelerde küçölme meydana gelmiştir. Resim 5.2 ile karşılaştırıldığında tanelerdeki küçölme açıkça görölmektedir. Şekil 5.5'te ise B2 numunesinin yüzeysel EDS analizi verilmiştir. B1 numunesi normalleştikten sonra elde edilen değeriinde fazla bir değışiklik söz konusu olamamakla birlikte karbon ve krom oranlarında hafif bir düşüş meydana gelmiştir.

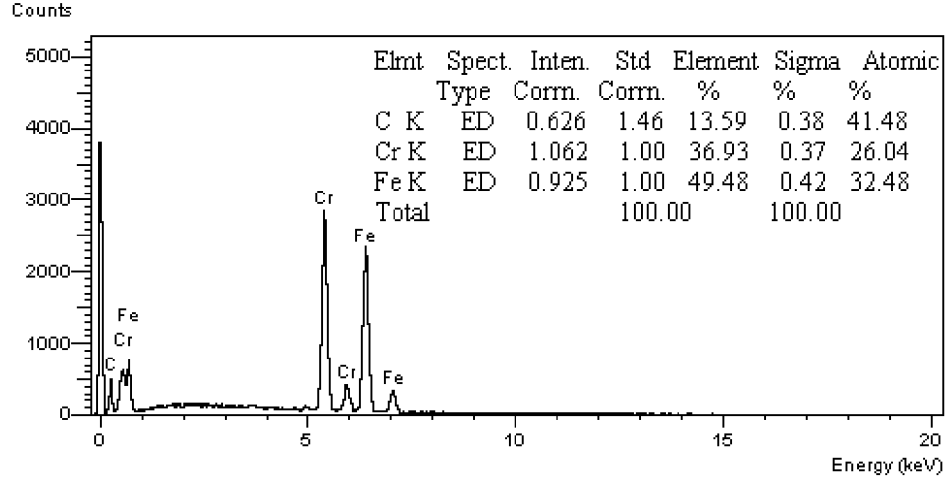


Şekil 5.5. B2 numunesinin yüzeySEL EDS analizi



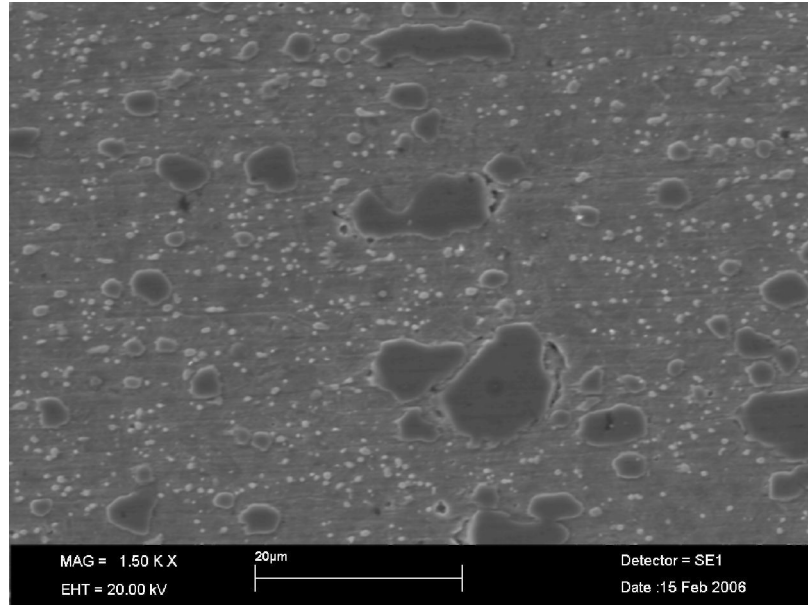
Resim 5.4. B2 numunesinin termomekanik ısı işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 2000)

Resim 5.4'te B2 numunesinin SEM mikroyapı fotoğrafında EDX analizi için seçilen a noktası gösterilmiştir.



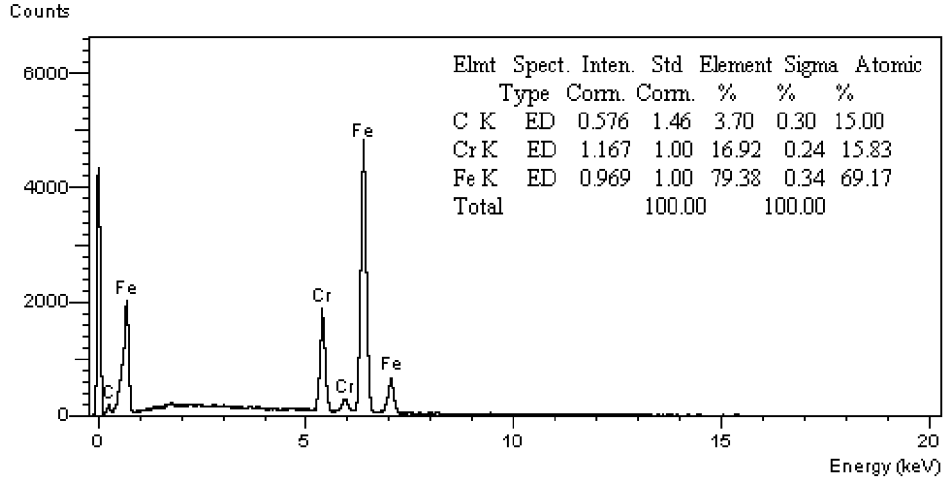
Şekil 5.6. B2 numunesinin mikroyapı fotoğrafında A noktasının noktasal EDS analizi

Şekil 5.6'da B2 numunesinin SEM mikroyapı fotoğrafında EDX analizi için seçilen a noktasının analiz sonucu verilmiştir. Gene görüldüğü gibi koyu renkte olan bölgeden seçilen a noktasının içeriğinde krom ve karbon içeriği fazladır.



Resim 5.5. B3 numunesinin termomekanik ısı işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 1500)

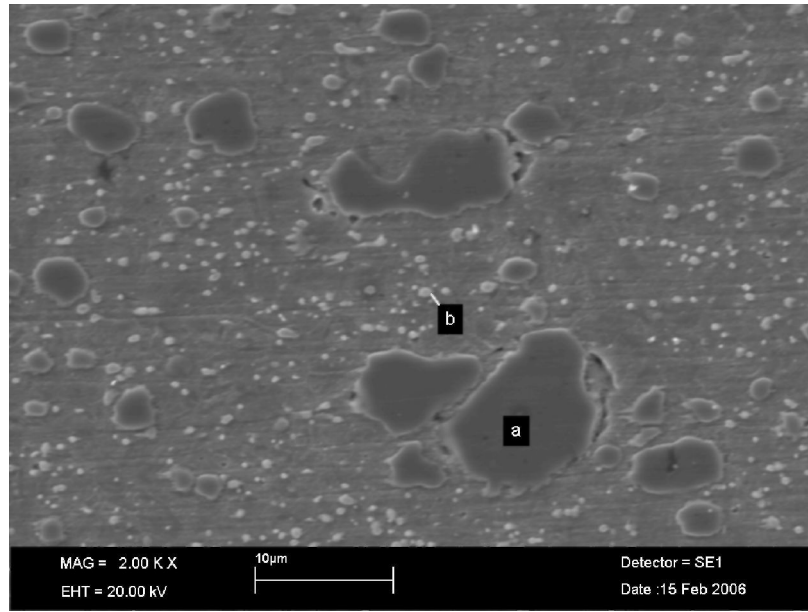
Resim 5.5, B3 numunesinin termomekanik işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafını göstermektedir. Bu malzeme B1 numunesinin normalizasyon tavlaması uygulanıp B2 numunesine döndükten sonra, suda sertleştirme işlemi uygulanmış halidir. Resimlerden de anlaşıldığı gibi sertleştirme işleminden sonra daha dengeli bir dağılım söz konusudur.



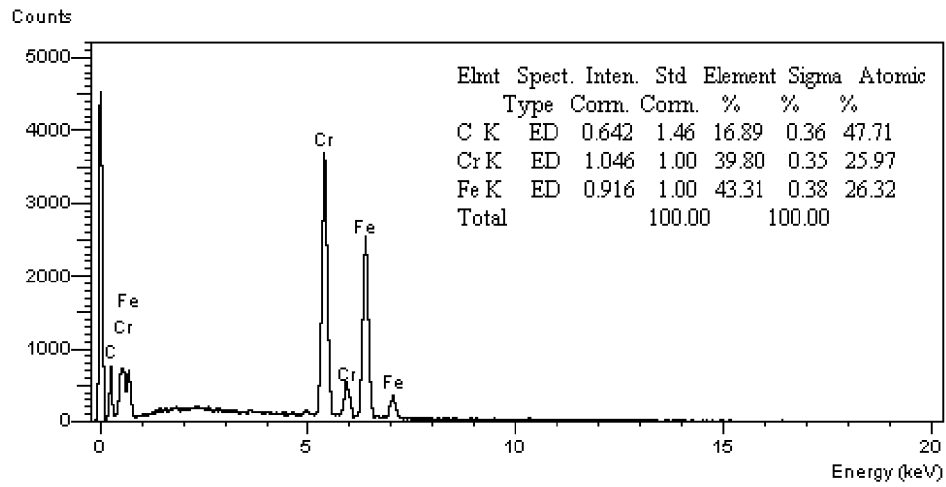
Şekil 5.7. B3 numunesinin yüzeysel EDS analizi

Şekil 5.7’de ise B3 numunesinin yüzeysel EDS analizi verilmiştir. Analiz sonuçlarına baktığımızda B2 numunesine oranla karbon ve krom oranlarının daha dengeli dağıldığını görebiliriz.

Resim 5.6’da B3 numunesinin SEM iç yapı fotoğrafında EDX analizi için seçilen iki nokta (a ve b) gösterilmiştir. Gene a noktası koyu renkle görülen alandan, b noktası ise açık renkte görülen taneciklerden seçilmiştir.

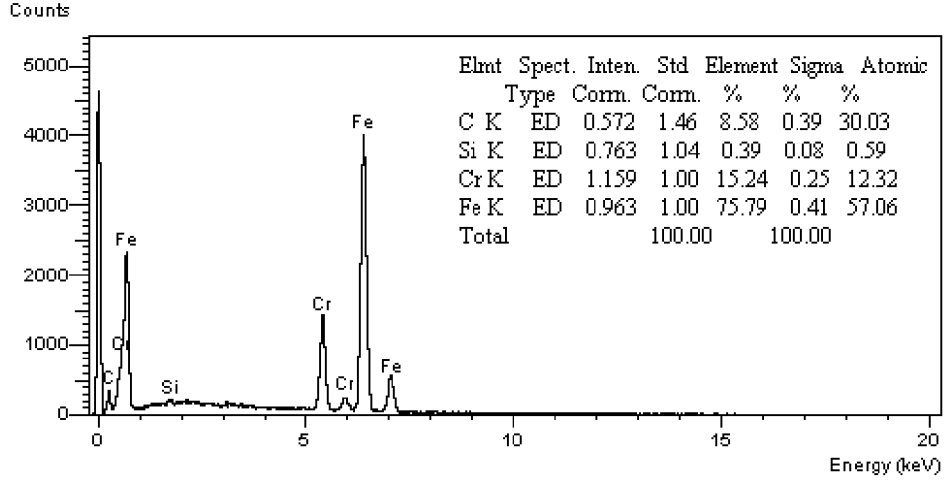


Resim 5.6. B3 numunesinin termomekanik ısı işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 2000)

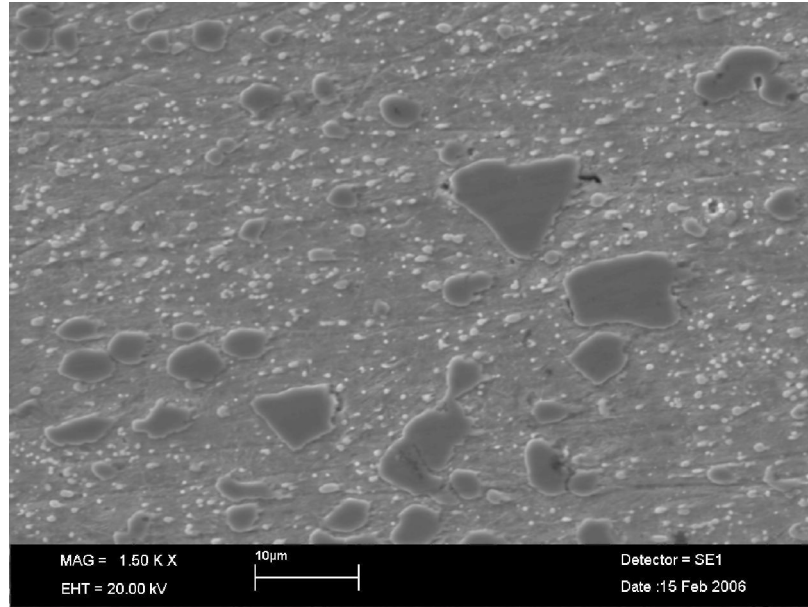


Şekil 5.8. B3 numunesinin mikroyapı fotoğrafında A noktasının noktasal EDS analizi

Şekil 5.8’de B3 numunesinin mikroyapı fotoğrafında (Resim 5.6) A noktasının noktasal EDS analizi verilmiştir. Gene a noktasında karbon ve krom oranı yüksek çıkmıştır. Şekil 5.9’da ise B3 numunesinin mikroyapı fotoğrafında (Resim 5.6) B noktasının noktasal EDS analizi verilmiştir. Bu noktada karbon ve krom oranı a noktasına oranla düşüktür.



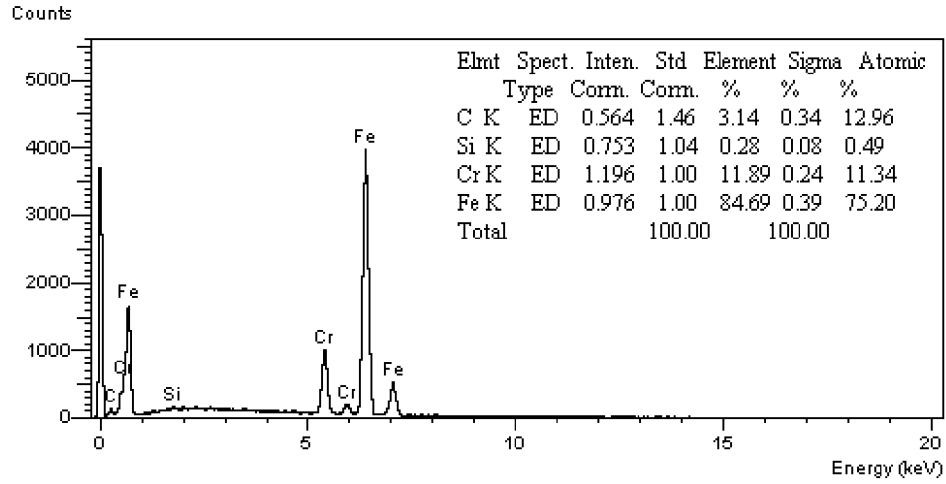
Şekil 5.9. B3 numunesinin mikroyapı fotoğrafında B noktasının noktasal EDS analizi



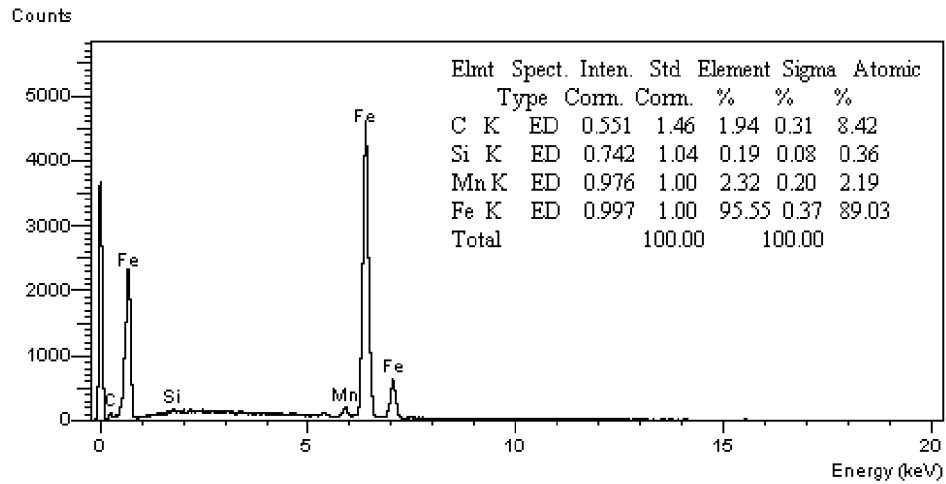
Resim 5.7. B4 numunesinin termomekanik ısı işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafı (X 1500)

Resim 5.7, B4 numunesinin termomekanik işlemler sonrası SEM mikroyapı fotoğrafını göstermektedir. Bu malzeme B1 numunesinin normalizasyon tavlaması uygulanıp B2 numunesine döndükten sonra, yağda sertleştirme işlemi uygulanmış halidir. Şekil 5.10'da ise

B4 numunesinin yüzeysel EDS analizi verilmiştir. Bu analizler neticesinde yağda sertleştirmede suda sertleştirmeye oranla karbon ve krom oranları düşük çıkmıştır.



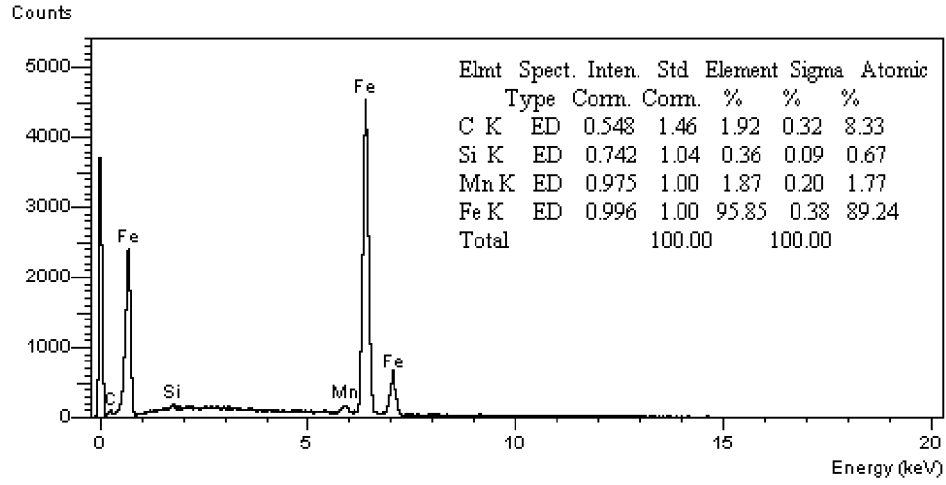
Şekil 5.10. B4 numunesinin yüzeysel EDS analizi



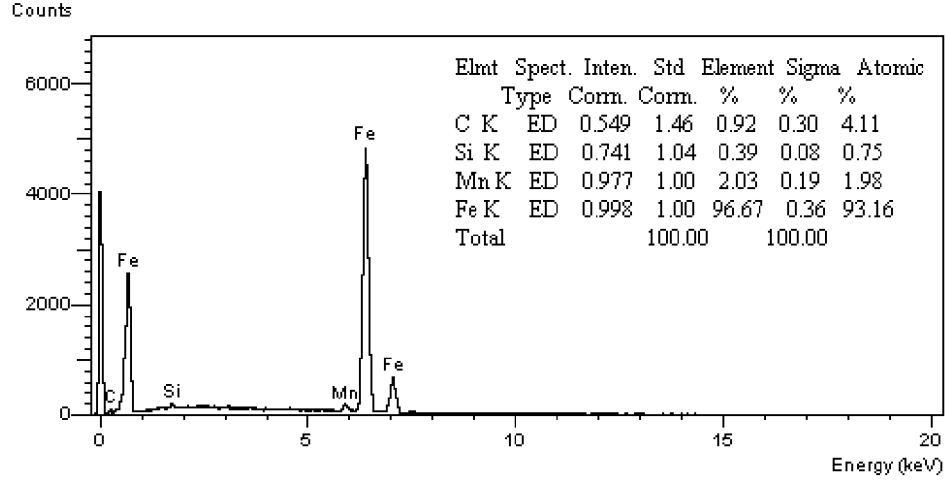
Şekil 5.11. C1 numunesinin yüzeysel EDS analizi

Şekil 5.11’de C1 numunesinin yüzeysel EDS analizi verilmiştir. Bu malzeme işlemsiz halde mangan içeriği yüksek malzemedir.

Şekil 5.12’de ise C2 numunesinin yüzeysel EDS analizi verilmiştir. Sonuçlar C1 numunesinin sonuçlarına hayli yakın olmakla birlikte normalleştirme işleminden sonra alınan EDS analizinde mangan oranında hafif bir düşüş vardır.

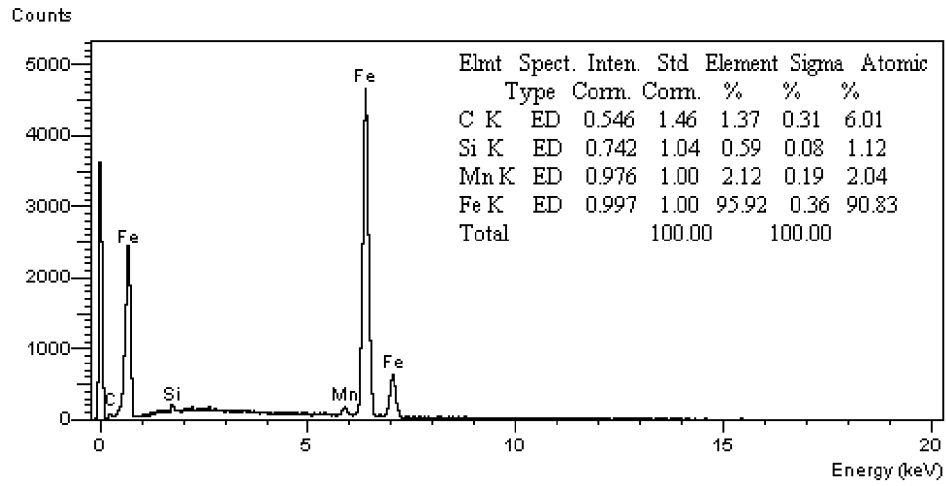


Şekil 5.12. C2 numunesinin yüzeysel EDS analizi



Şekil 5.13. C3 numunesinin yüzeysel EDS analizi

Şekil 5.13'te C3 numunesinin yüzeysel EDS analizi verilmiştir.

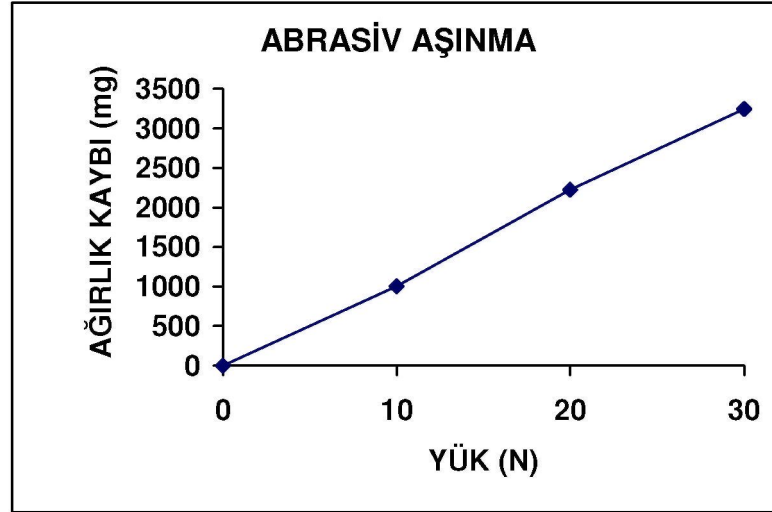


Şekil 5.14. C4 numunesinin yüzeysel EDS analizi

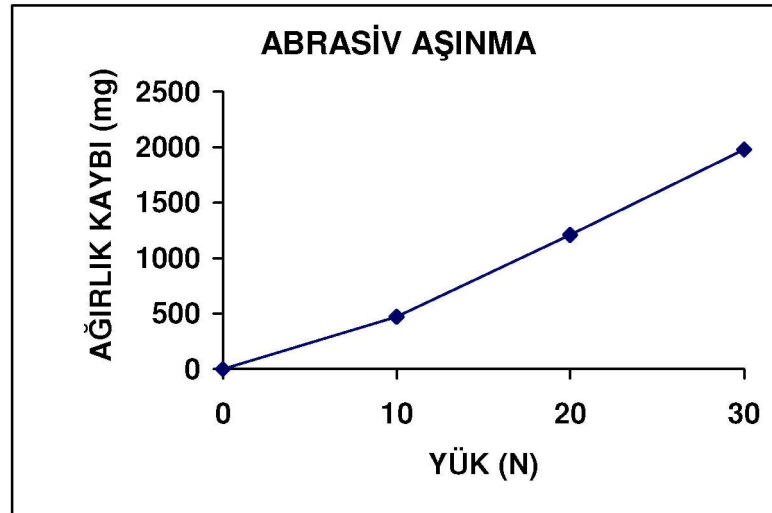
Şekil 5.14'te C4 numunesinin yüzeysel EDS analizi verilmiştir.

5.2. Abrasiv aşınma deneyi sonuçları

Termomekanik ısıt işlemler uygulanmış malzemelerin abrasiv aşınma deney sonuçları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Aşınma değerleri bölümün sonunda tablo halinde verilmiş ve kıyaslanmıştır.

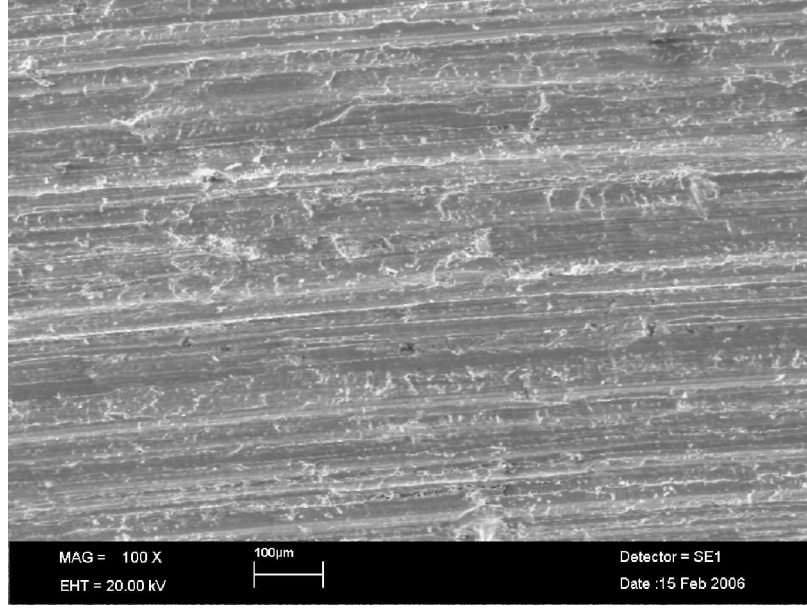


Şekil 5.15. A1 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

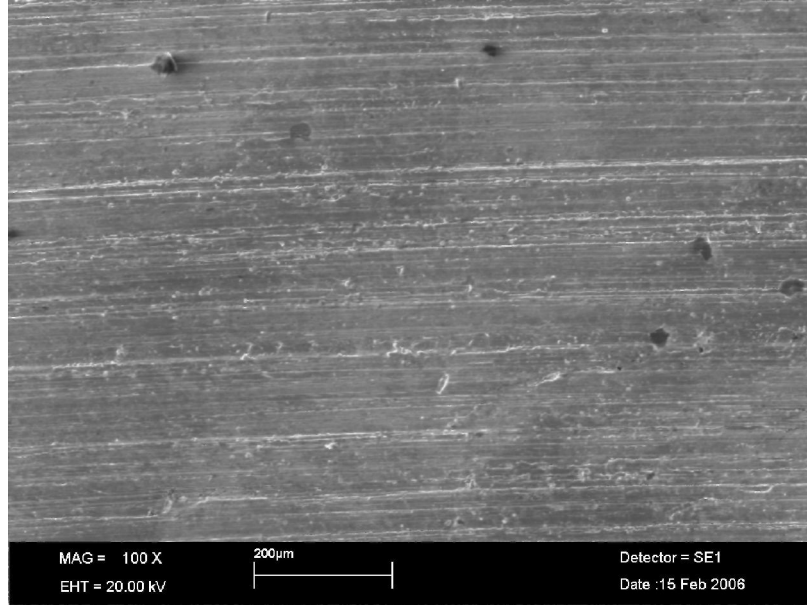


Şekil 5.16. A1 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

Şekil 5.15 ve şekil 5.16'da A1 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkileri verilmiştir. 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile çalışılan numune daha fazla kütle kaybına uğramıştır. A1 numunesinin yumuşak ve aşınma dürenci düşük bir malzeme olduğu açıkça görülmektedir.

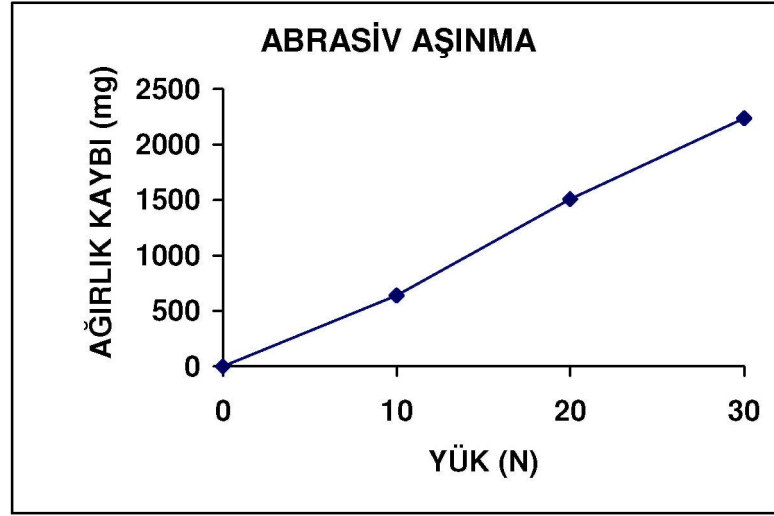


Resim 5.8. Al numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

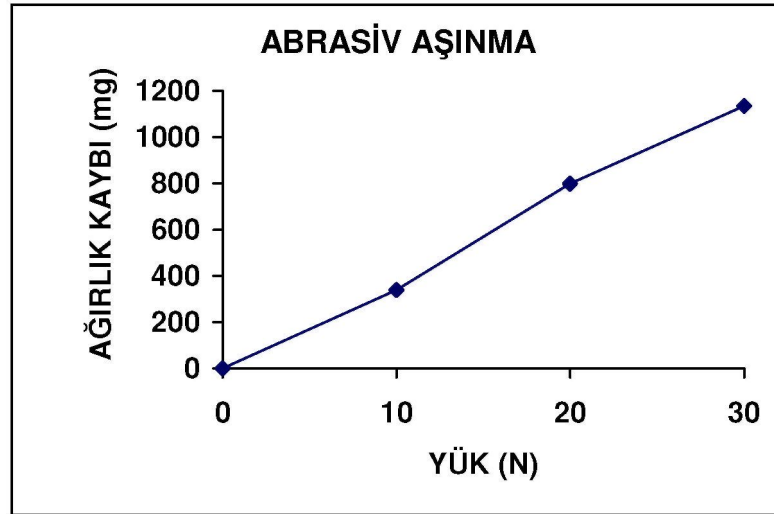


Resim 5.9. Al numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

Resim 5.8 ve resim 5.9'da Al numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyi sonucundaki yüzey fotoğrafları verilmiştir. Özellikle 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan çalışmada malzeme yüzeyinde aşınma sonucu yırtılma ve kopmalar olduğu açıkça görülmektedir.

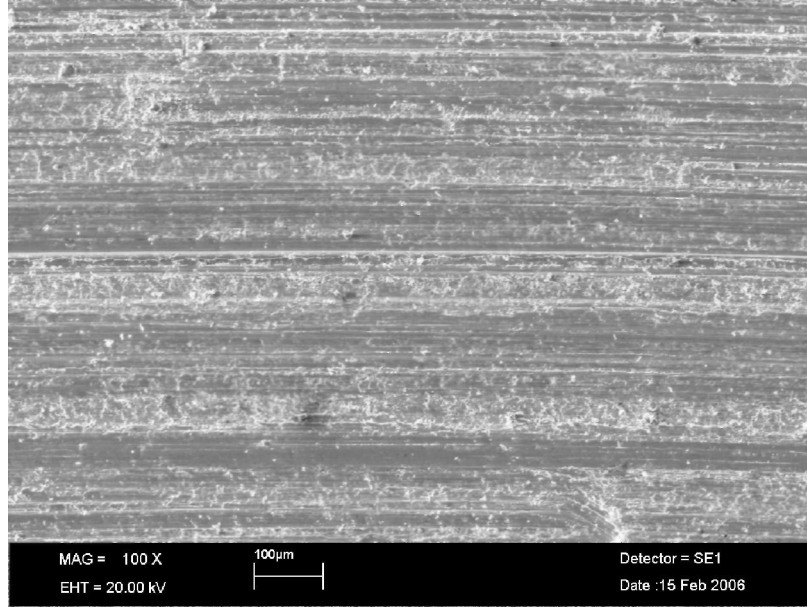


Şekil 5.17. B1 numunesinin 80 mesh’lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

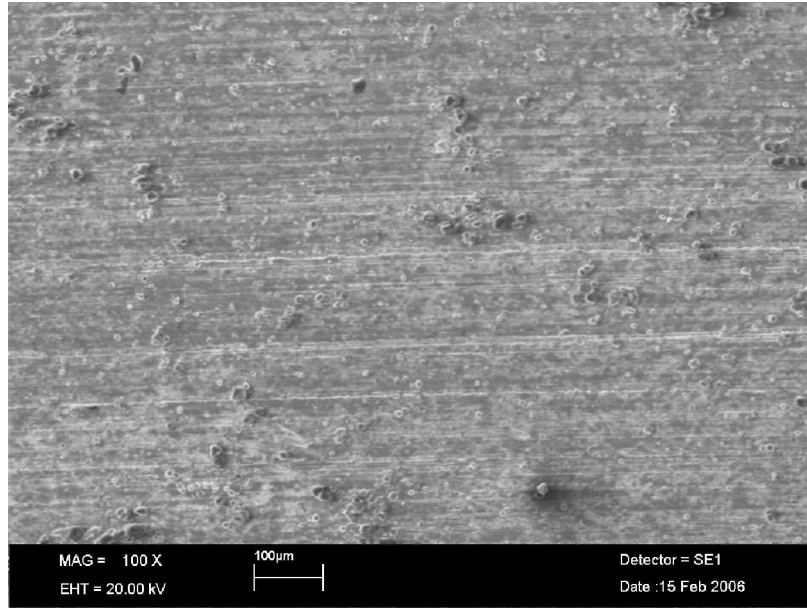


Şekil 5.18. B1 numunesinin 120 mesh’lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

Şekil 5.17 ve şekil 5.18’de B1 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkileri verilmiştir. 80 mesh’lik SiC aşındırıcı ile çalışılan numune daha fazla kütle kaybına uğramıştır.

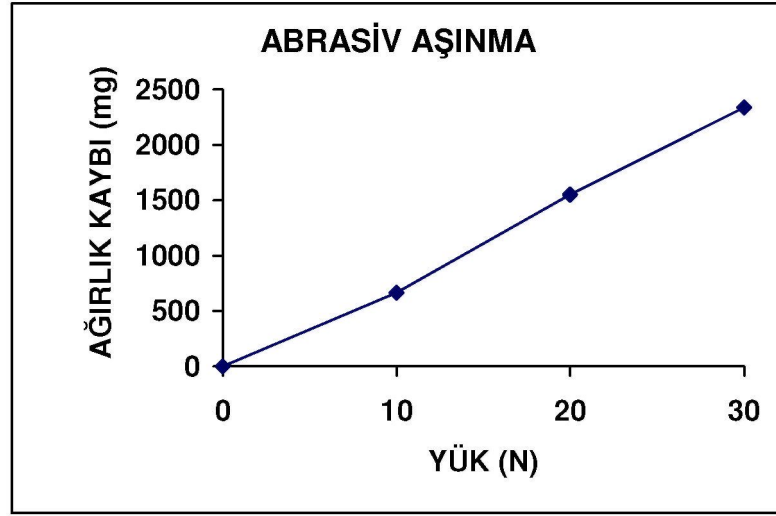


Resim 5.10. B1 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh’lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

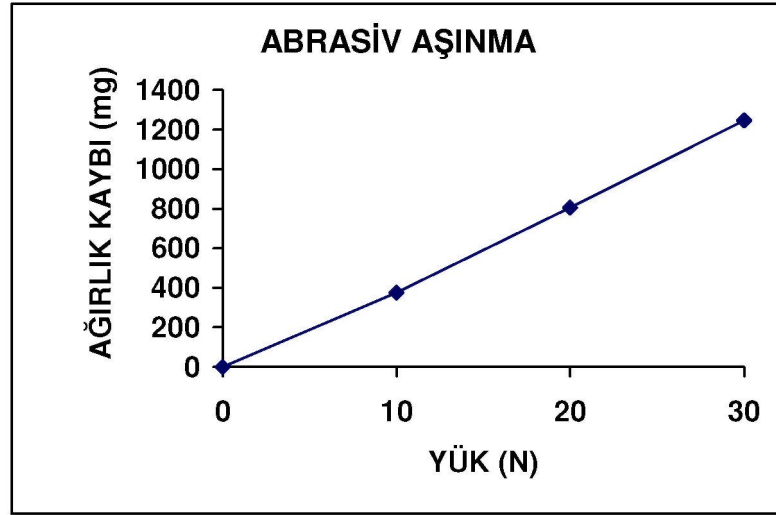


Resim 5.11. B1 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh’lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

Resim 5.10 ve resim 5.11’de B1 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyi sonucundaki yüzey fotoğrafları verilmiştir. Bu malzeme Al malzemesine oranla daha sert olduğundan aşınma izleri daha yüzeyseldir. Özellikle 120 mesh’lik aşındırıcı ile çalışılan numunede aşınma izleri daha yüzeysel olup 80 mesh’lik aşındırıcı ile çalışılan numunedeki kısmi yırtılma ve parça kopmaları görülmektedir.

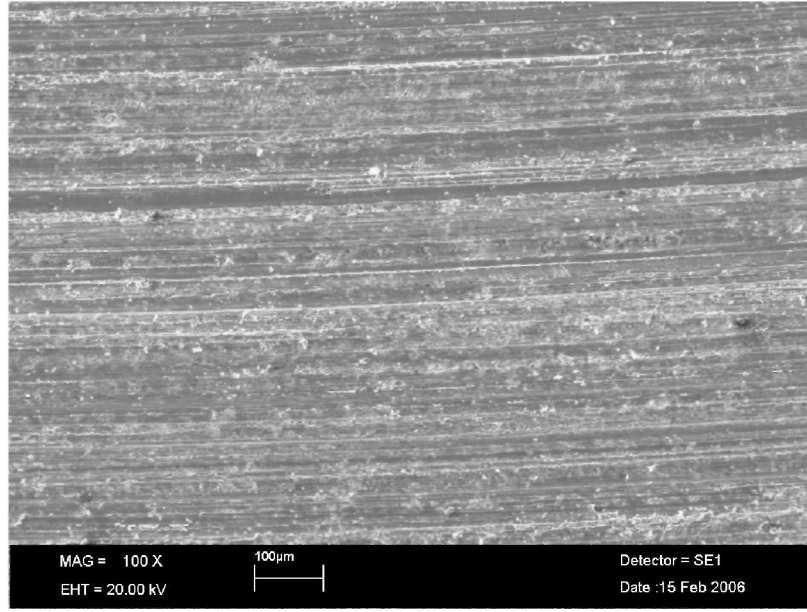


Şekil 5.19. B2 numunesinin 80 mesh’lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

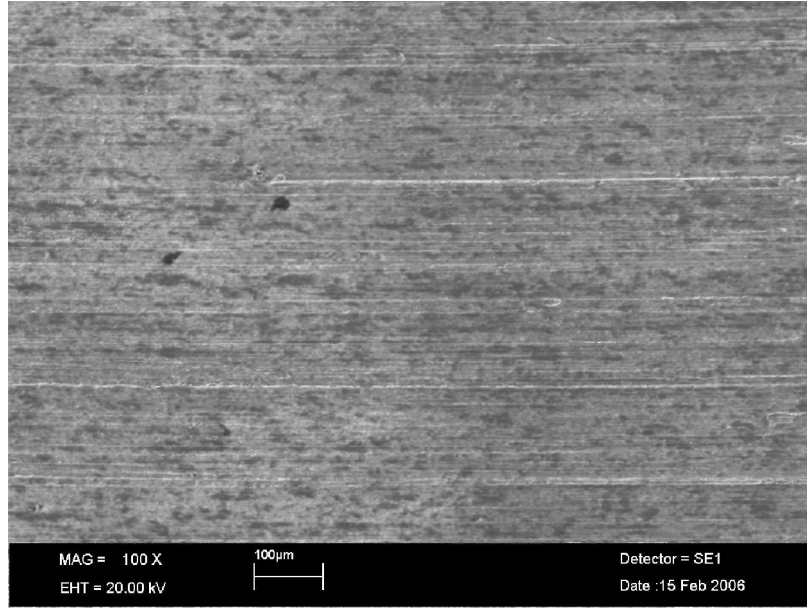


Şekil 5.20. B2 numunesinin 120 mesh’lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

Şekil 5.19 ve şekil 5.20’de B2 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkileri verilmiştir. 80 mesh’lik SiC aşındırıcı ile çalışılan numune daha fazla kütle kaybına uğramıştır.

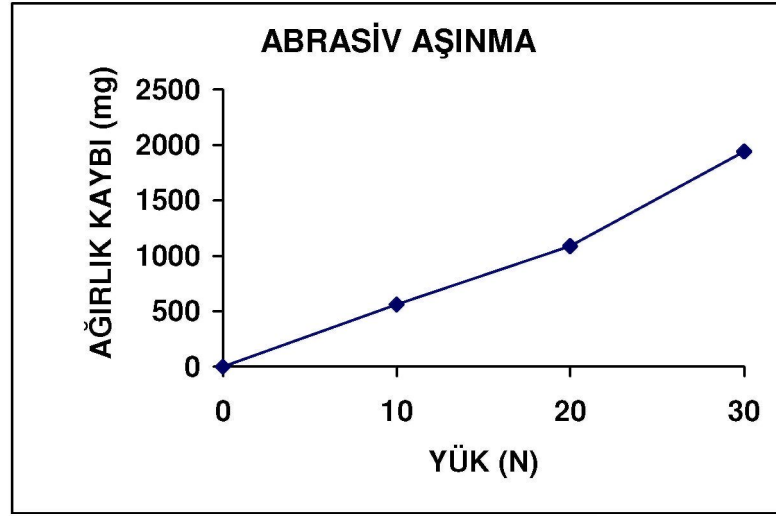


Resim 5.12. B2 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

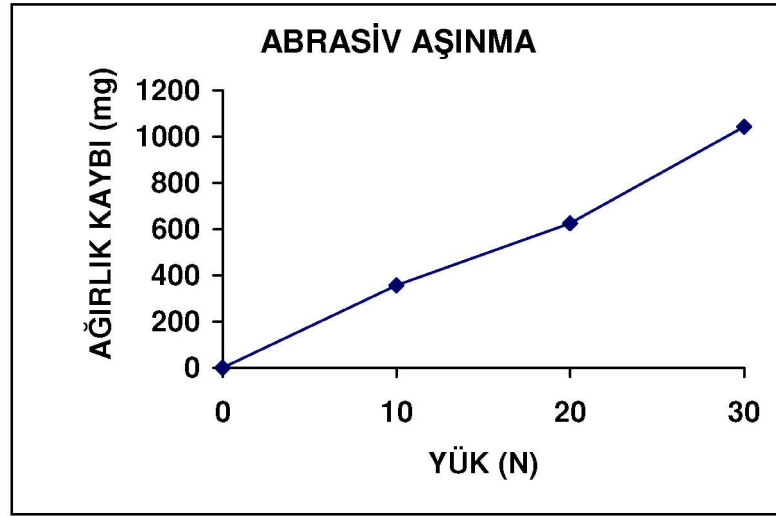


Resim 5.13. B2 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

Resim 5.12 ve resim 5.13'te B2 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyi sonucundaki yüzey fotoğrafları verilmiştir. Özellikle 120 mesh'lik aşındırıcı ile çalışılan numunede aşınma izleri daha yüzeysel olup 80 mesh'lik aşındırıcı ile çalışılan numunedeki kısmi yırtılma ve parça kopmaları görülmektedir.

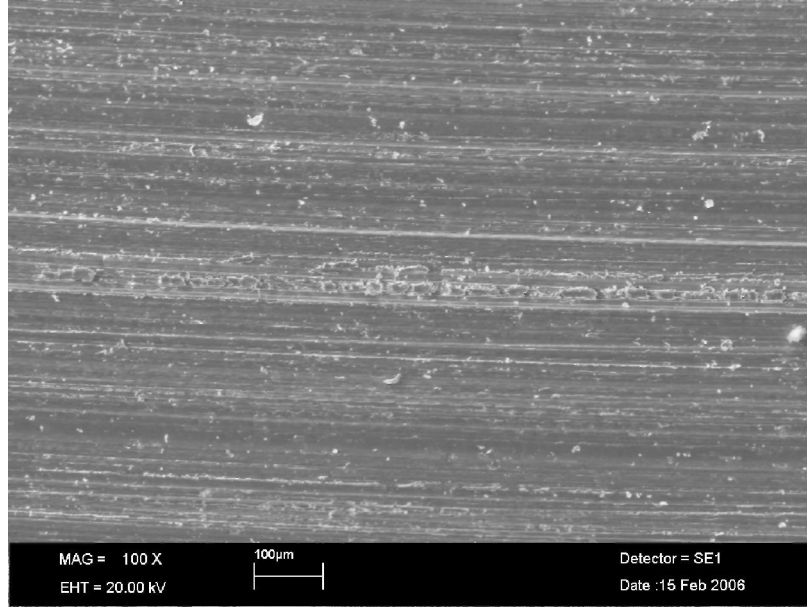


Şekil 5.21. B3 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

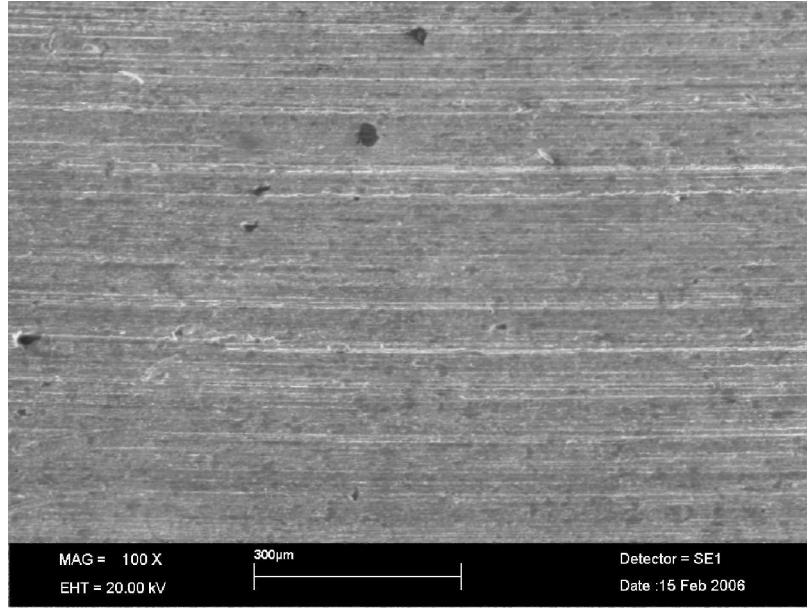


Şekil 5.22. B3 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

Şekil 5.21 ve şekil 5.22'de B3 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkileri verilmiştir. 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile çalışılan numune daha fazla kütle kaybına uğramıştır. Sertleştirme işleminden sonra aşınma direncinin arttığı, abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybının önemli ölçüde düşüş gösterdiği grafiklerden okunabilmektedir. Sertleşen malzeme aşınma direnci kazanmıştır.

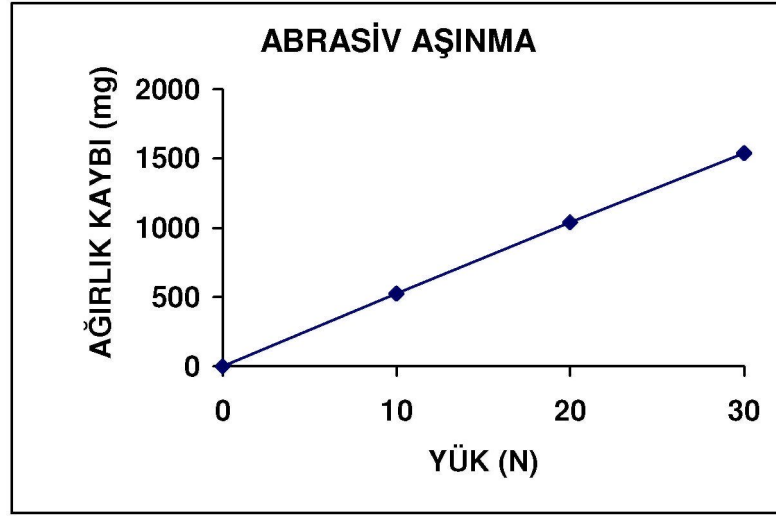


Resim 5.14. B3 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh’lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

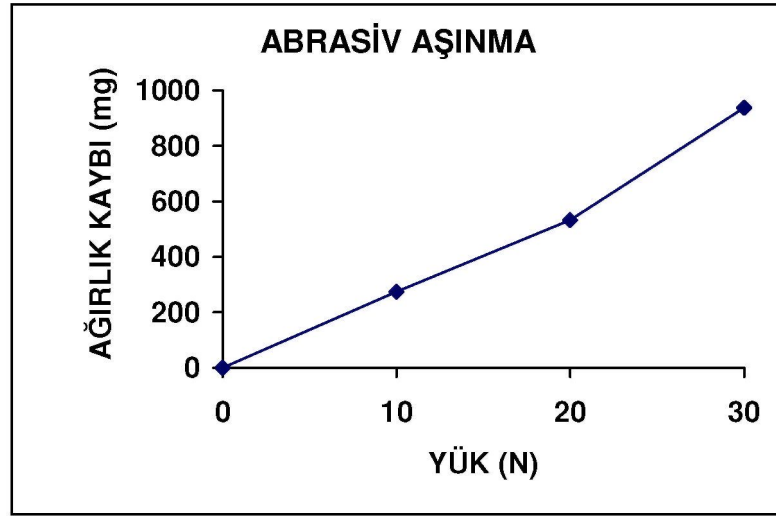


Resim 5.15. B3 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh’lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

Resim 5.14 ve resim 5.15’te B3 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyi sonucundaki yüzey fotoğrafları verilmiştir. Sertleştirme işlemi etkisini göstermiş ve aşınma direncini olumlu yönde etkilemiştir. Aşınma izleri daha yüzeysel olarak görülmektedir.

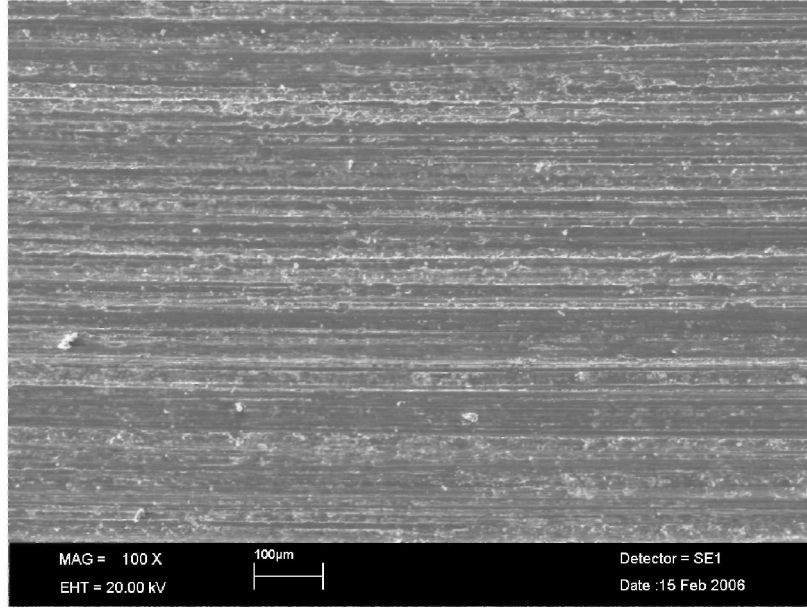


Şekil 5.23. B4 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi



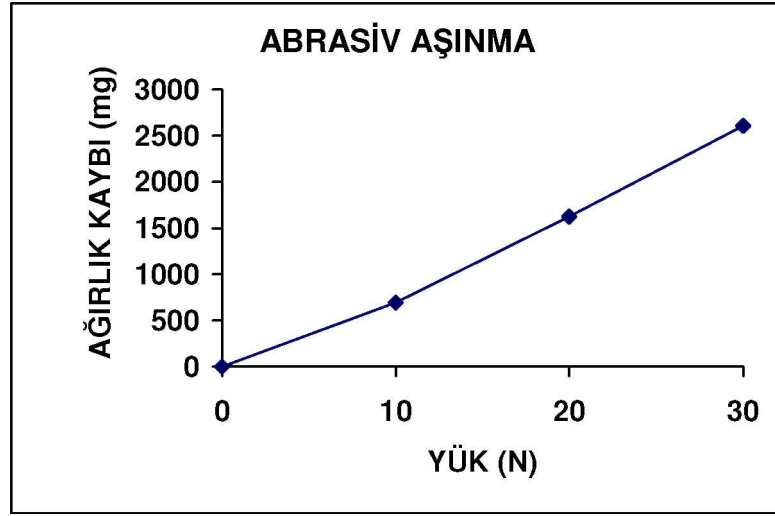
Şekil 5.24. B4 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

Şekil 5.23 ve şekil 5.25'te B4 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkileri verilmiştir. 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile çalışılan numune daha fazla kütle kaybına uğramıştır. Sertleştirme işleminden sonra aşınma direncinin arttığı, abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybının önemli ölçüde düşüş gösterdiği grafiklerden okunabilmektedir. Sertleşen malzeme aşınma direnci kazanmıştır.

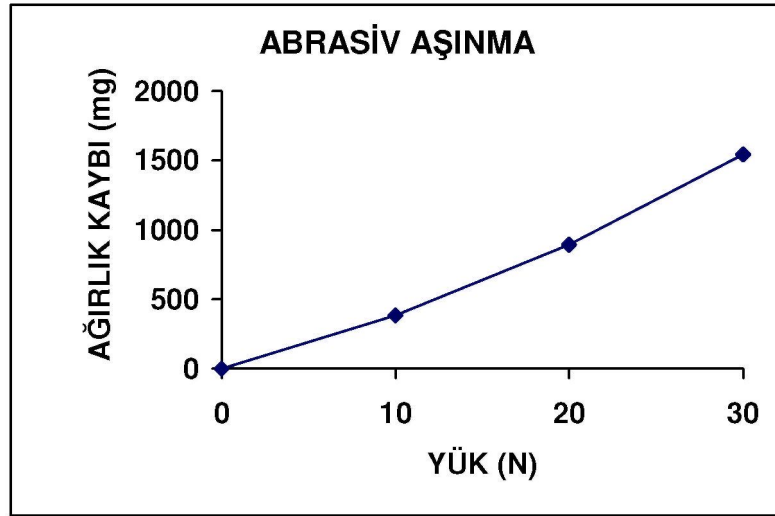


Resim 5.16. B4 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

Resim 5.16'da B4 numunesinin 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyi sonucundaki yüzey fotoğrafı verilmiştir. Sertleştirme işlemi etkisini göstermiş ve aşınma direncini olumlu yönde etkilemiştir. Aşınma izleri daha yüzeysel olarak görülmektedir. B malzemesi olan 1.2080 denilen soğuk iş takım çeliği içeriğindeki yüksek karbon oranı dolayısıyla sert bir yapıya sahiptir. Buda aşınma direncinin iyi olmasında önemli bir etkindir. Genel olarak B malzemesini A malzemesi ile kıyasladığımızda B malzemesinin A malzemesine oranla aşınma direnci bakımından daha iyi olduğunu söyleyebiliriz. Bunu gerek aşınma kaybı-yük grafikleri ve gerekse de aşınma yüzey fotoğraflarıyla açıkça görebilmekteyiz.

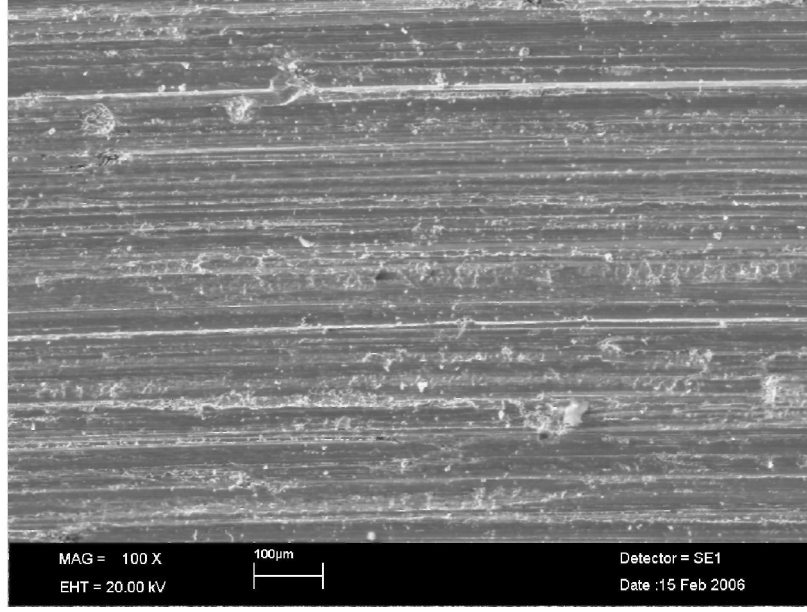


Şekil 5.25. C1 numunesinin 80 mesh’lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

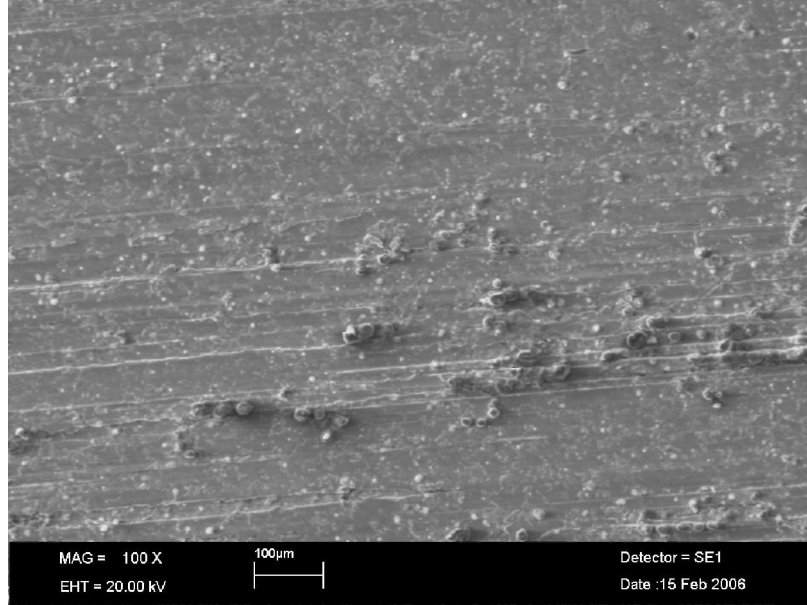


Şekil 5.26. C1 numunesinin 120 mesh’lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

Şekil 5.25 ve şekil 5.26’da C1 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkileri verilmiştir. 80 mesh’lik SiC aşındırıcı ile çalışılan numune daha fazla kütle kaybına uğramıştır.

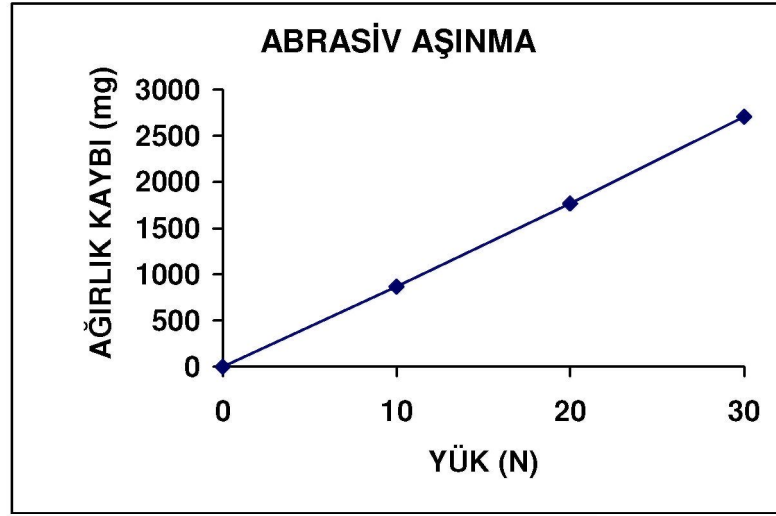


Resim 5.17. C1 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

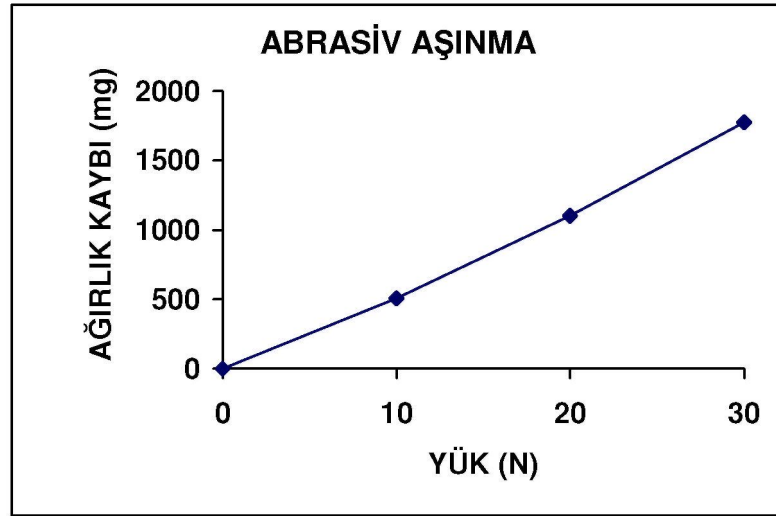


Resim 5.18. C1 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

Resim 5.17 ve resim 5.18'de C1 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyi sonucundaki yüzey fotoğrafları verilmiştir. Bu malzeme Al malzemesine oranla daha sert olduğundan aşınma izleri daha yüzeyseldir. Özellikle 120 mesh'lik aşındırıcı ile çalışılan numunedeki aşınma izleri daha yüzeysel olup 80 mesh'lik aşındırıcı ile çalışılan numunedeki kısmi yırtılma ve parça kopmaları görülmektedir.

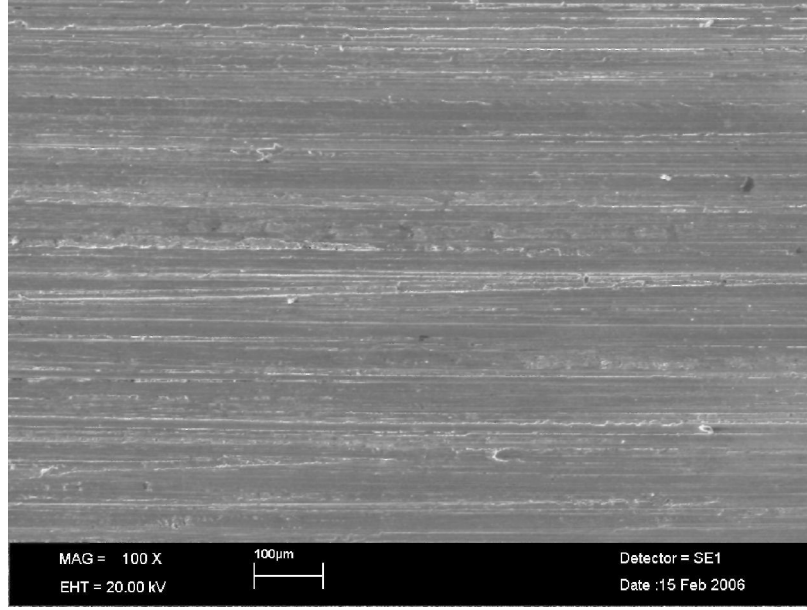


Şekil 5.27. C2 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

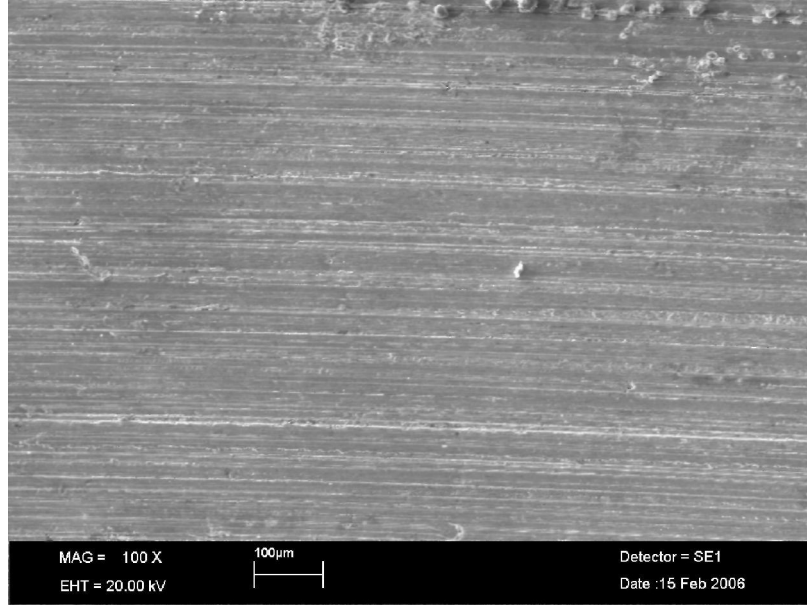


Şekil 5.28. C2 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

Şekil 5.27 ve şekil 5.28'de C2 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkileri verilmiştir. 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile çalışılan numune daha fazla kütle kaybına uğramıştır.

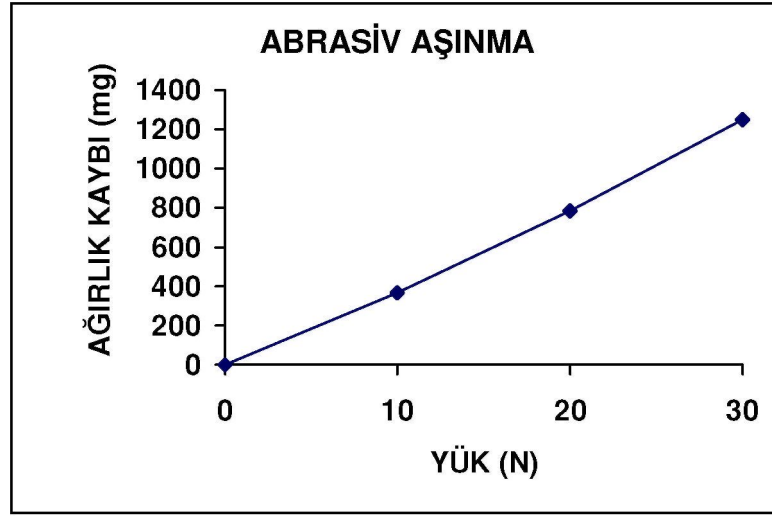


Resim 5.19. C2 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

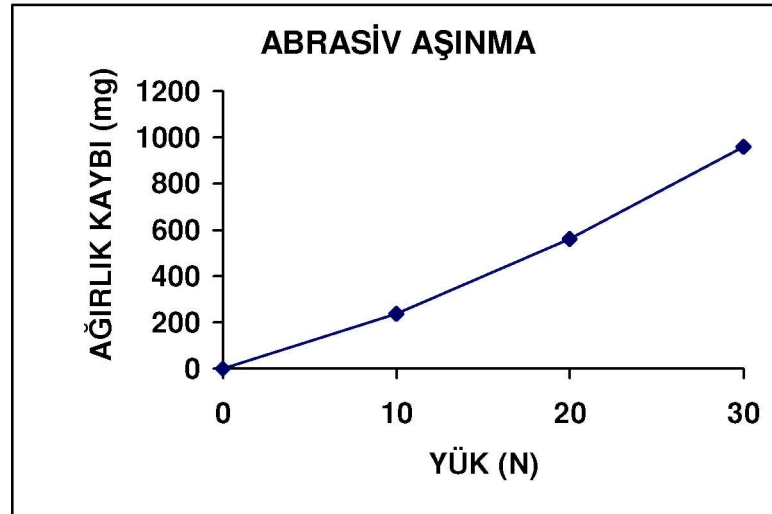


Resim 5.20. C2 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

Resim 5.19 ve resim 5.20'de C2 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyi sonucundaki yüzey fotoğrafları verilmiştir. Özellikle 120 mesh'lik aşındırıcı ile çalışılan numunede aşınma izleri daha yüzeysel olup 80 mesh'lik aşındırıcı ile çalışılan numunedeki kısmi yırtılma ve parça kopmaları görülmektedir.

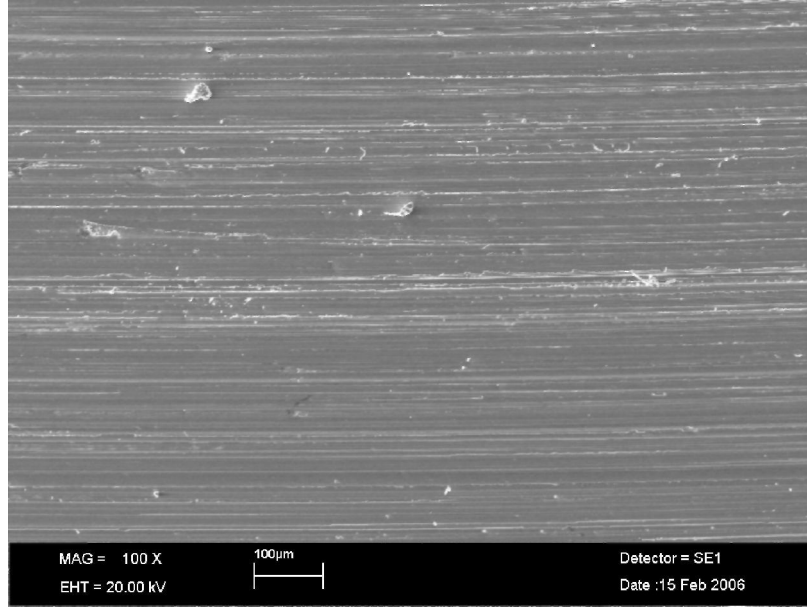


Şekil 5.29. C3 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

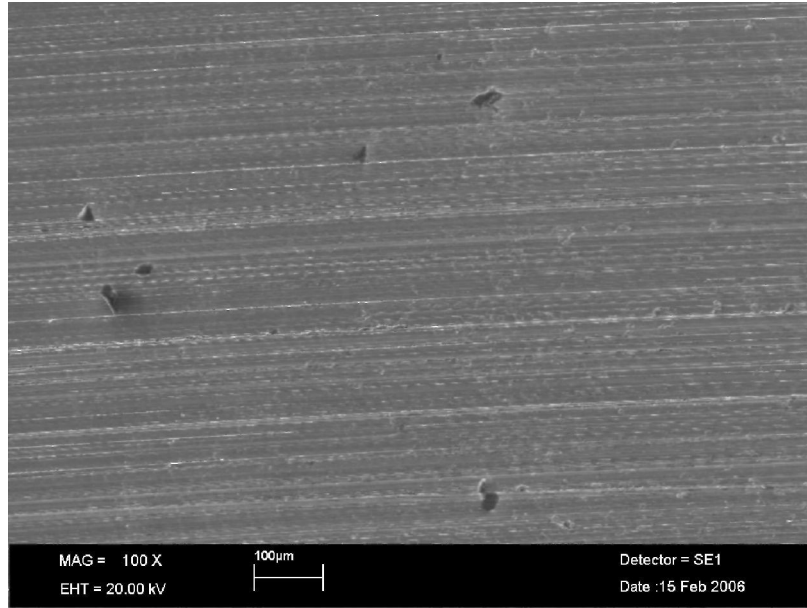


Şekil 5.30. C3 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

Şekil 5.29 ve şekil 5.30'da C3 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkileri verilmiştir. 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile çalışılan numune daha fazla kütle kaybına uğramıştır. Sertleştirme işleminden sonra aşınma direncinin arttığı, abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybının önemli ölçüde düşüş gösterdiği grafiklerden okunabilmektedir. Sertleşen malzeme aşınma direnci kazanmıştır.

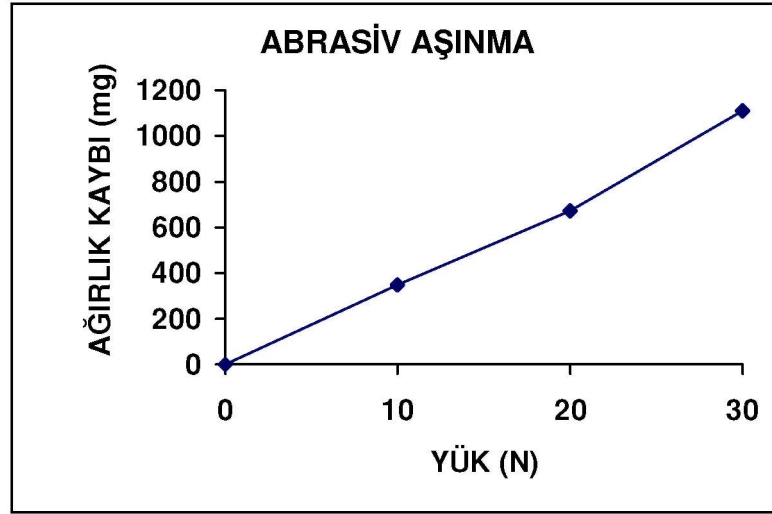


Resim 5.21. C3 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

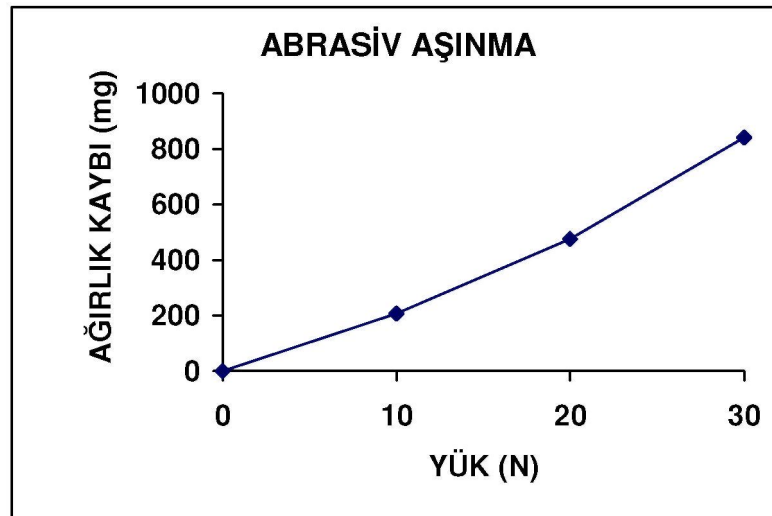


Resim 5.22. C3 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

Resim 5.21 ve resim 5.22'de C3 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyi sonucundaki yüzey fotoğrafları verilmiştir. Sertleştirme işlemi etkisini göstermiş ve aşınma direncini olumlu yönde etkilemiştir. Aşınma izleri daha yüzeysel olarak görülmektedir.

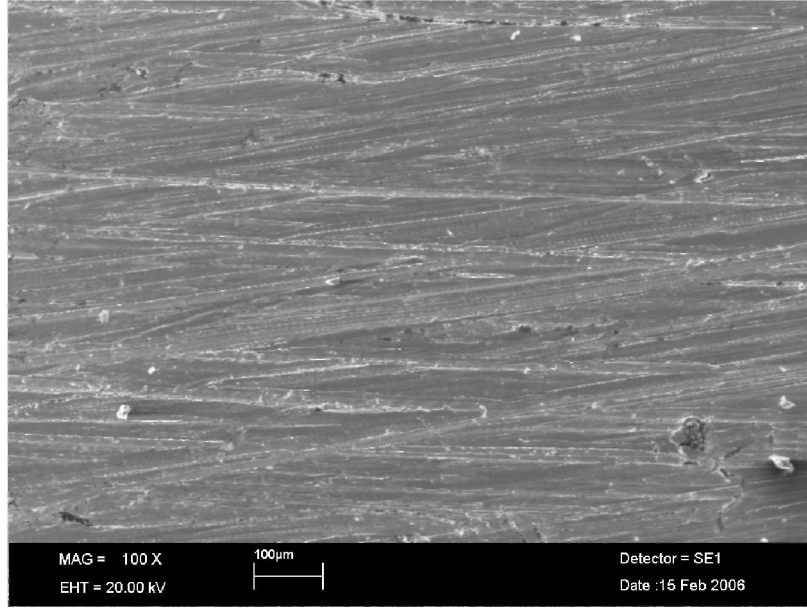


Şekil 5.31. C4 numunesinin 80 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

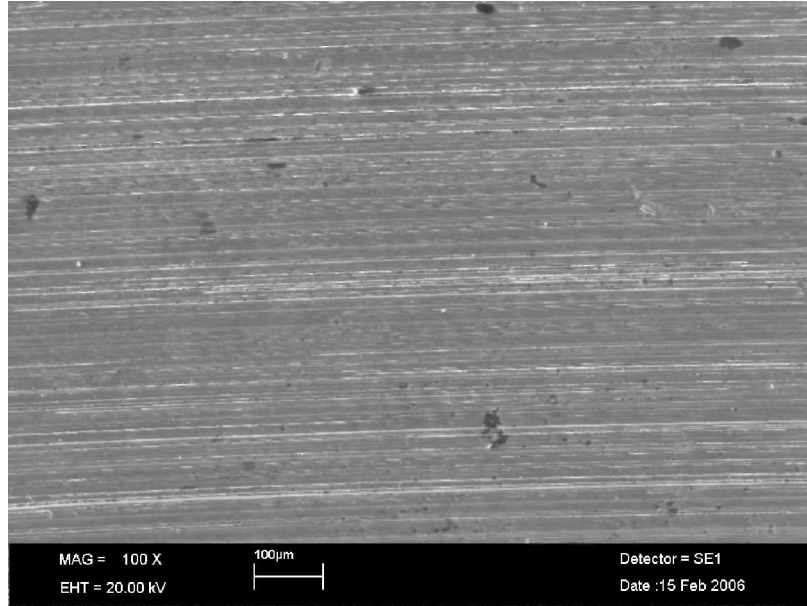


Şekil 5.32. C4 numunesinin 120 mesh'lik zımpara ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkisi

Şekil 5.31 ve şekil 5.32'de C4 numunesinin iki farklı aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyinde yük-ağırlık kaybı ilişkileri verilmiştir. 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile çalışılan numune daha fazla kütle kaybına uğramıştır. Sertleştirme işleminden sonra aşınma direncinin arttığı, abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybının önemli ölçüde düşüş gösterdiği grafiklerden okunabilmektedir. Sertleşen malzeme aşınma direnci kazanmıştır. Genel bir kıyaslama yapıldığında C malzemesi en iyi aşınma direnci gösteren malzemedir diyebiliriz. C4 numunesi aşınma deneyinde en iyi sonucu veren numune olmuştur.

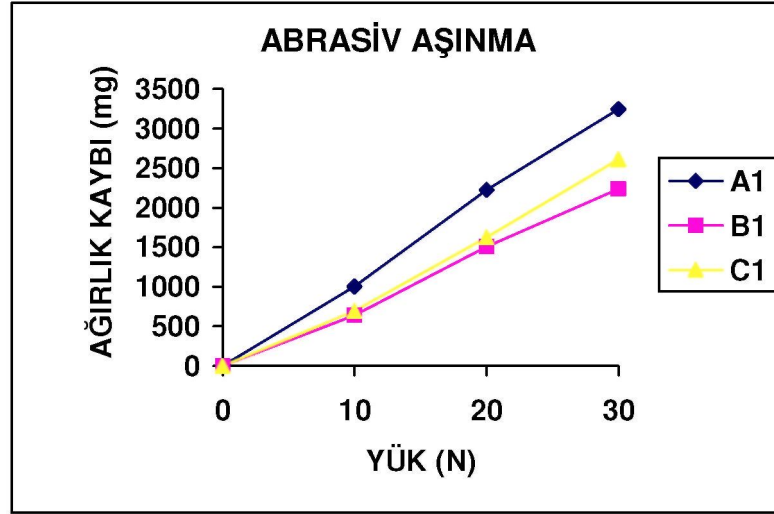


Resim 5.23. C4 numunesinin 30 N yük altında 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)



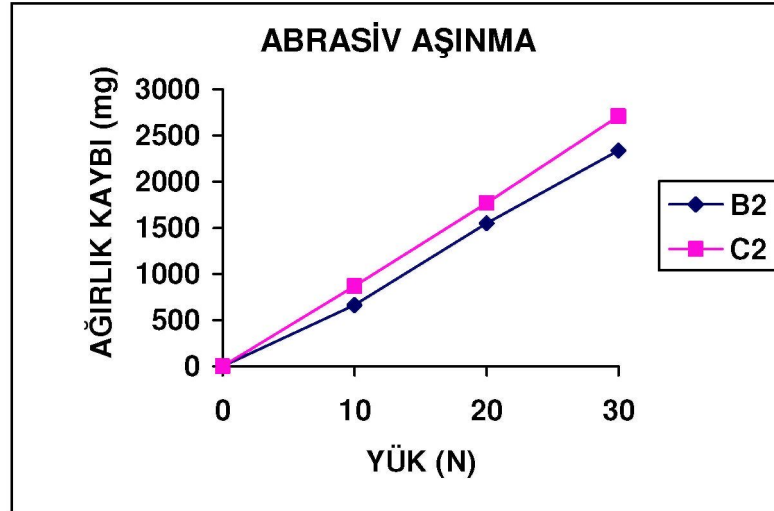
Resim 5.24. C4 numunesinin 30 N yük altında 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile aşınması sonucunda yüzey fotoğrafı (X 100)

Resim 5.23 ve resim 5.24'te B4 numunesinin iki farklı SiC aşındırıcı ile uygulanmış abrasiv aşınma deneyi sonucundaki yüzey fotoğrafları verilmiştir. Sertleştirme işlemi etkisini göstermiş ve aşınma direncini olumlu yönde etkilemiştir. Aşınma izleri daha yüzeysel olarak görülmektedir. B malzemesi olan 1.2080 denilen soğuk iş takım çeliği içeriğindeki yüksek karbon oranı dolayısıyla sert bir yapıya sahiptir. Buda aşınma direncinin iyi olmasında önemli bir etkindir.



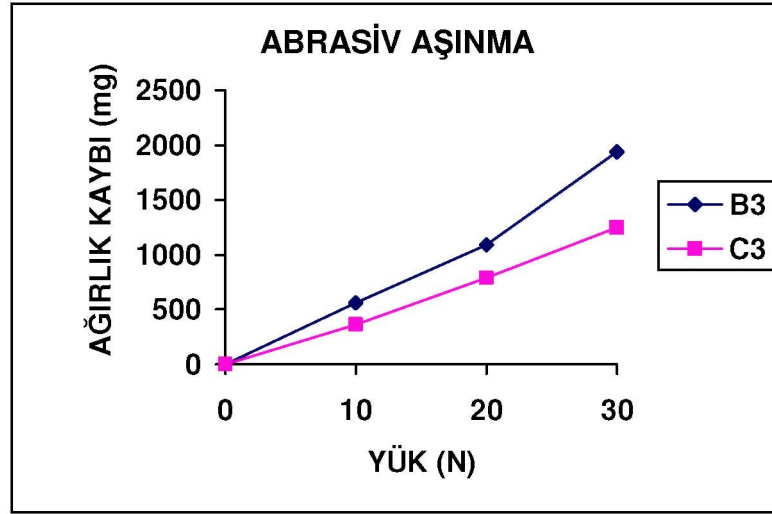
Şekil 5.33. İşlemsiz numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.33'te işlemsiz numunelerin 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyindeki ağırlık kaybı-yük ilişkisi gösterilmiştir. Şekilden de anlaşıldığı gibi en zayıf aşınma direncine sahip malzeme olarak A1 görülmektedir. Dolayısı ile en fazla kütle kaybına da A1 malzemesi uğramıştır. B ve C malzemeleri genel olarak bir paralellik göstermekle birlikte aşağıda da göreceğimiz gibi, özellikle sertleştirmeye en iyi aşınma dayanımı sağlayan malzeme C malzemesidir.



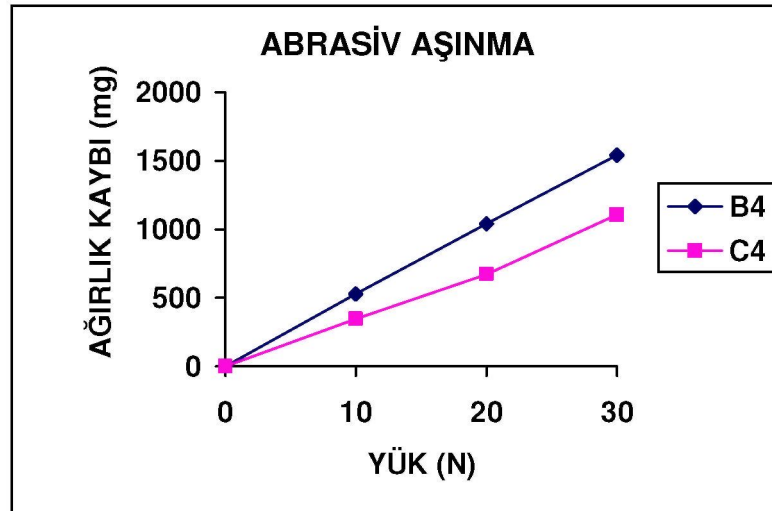
Şekil 5.34. Normalizasyon tavlamaşı uygulanmış numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.34'te normalizasyon tavlamaşı uygulanmış numunelerin 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybı-yük ilişkisi verilmiştir.



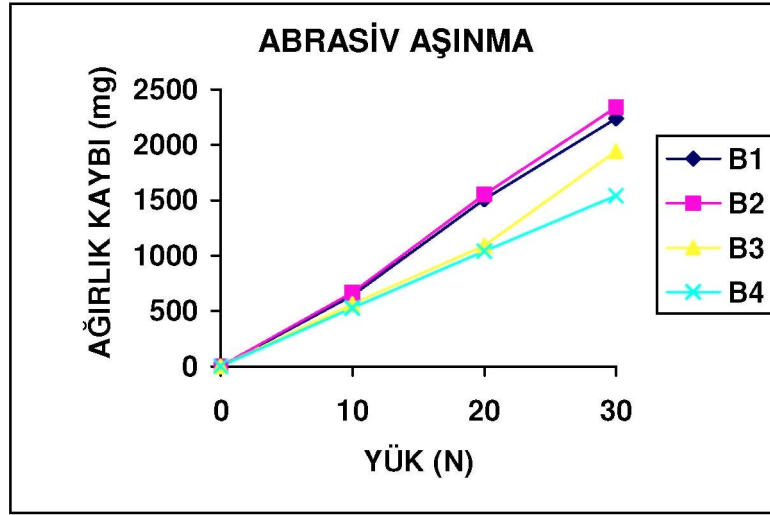
Şekil 5.35. Suda sertleştirilmiş numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.35'te suda sertleştirilmiş numunelerin 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybı-yük ilişkisi verilmiştir.



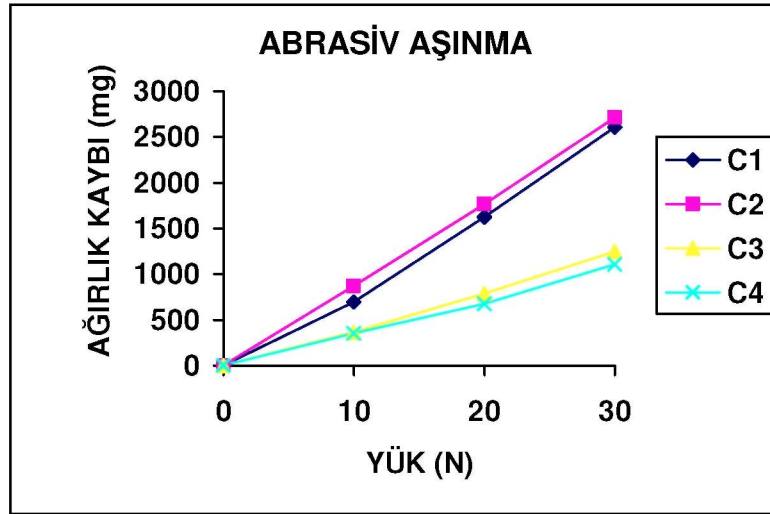
Şekil 5.36. Yağda sertleştirilmiş numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.36'da yağda sertleştirilmiş numunelerin 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybı-yük ilişkisi verilmiştir. Görüldüğü gibi sertleştirmeden sonra C malzemesinin aşınma dayanımı en iyi konuma gelmiştir. Bu da C malzemesinin yaptığımız sertleştirme işlemine olumlu cevap verdiğini göstermektedir. Ayrıca B ve C malzemelerinin sertleştirmelerinde yağ ortamının daha iyi sonuç vermesi, bu malzemelerin yağda sertleştirmeye uygun malzemeler olduğunu göstermektedir.



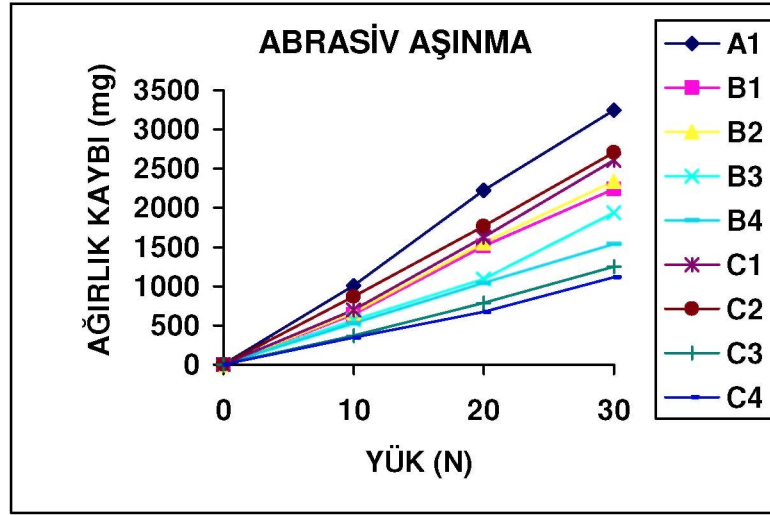
Şekil 5.37. B numunelerinin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.37'de B numunelerinin 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybı-yük ilişkisi verilmiştir. En iyi aşınma dayanımını B4 numunesi göstermektedir.



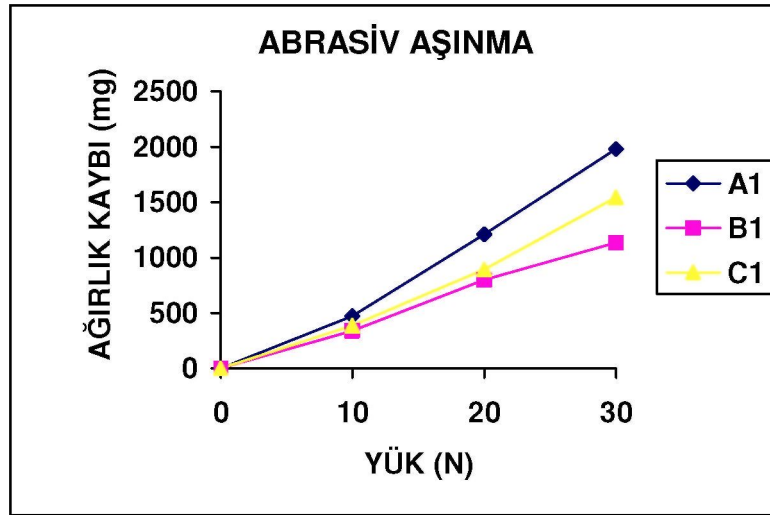
Şekil 5.38. C numunelerinin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.38'de C numunelerinin 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybı-yük ilişkisi verilmiştir. Burada da en iyi aşınma dayanımını C4 numunesi göstermiştir.



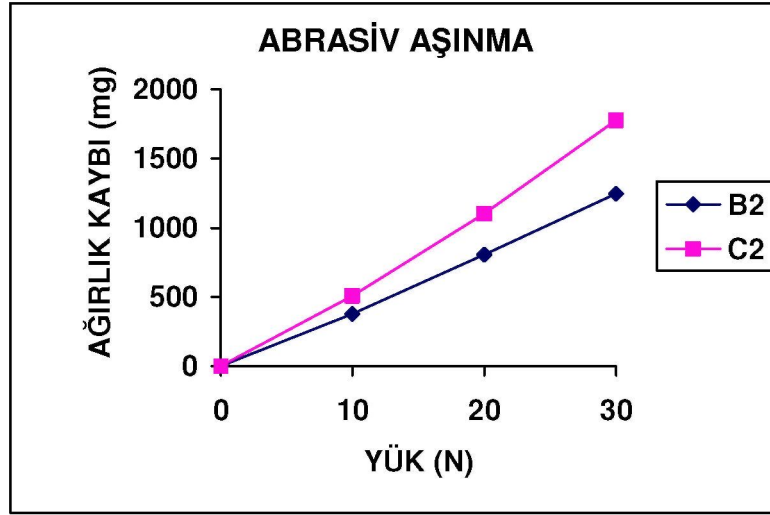
Şekil 5.39. Bütün numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (80 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.39'da bütün numunelerin 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybı-yük ilişkisi verilmiştir. Görüldüğü gibi en iyi aşınma direncini gösteren numune C4 numunesi, en kötü aşınma direncini gösteren numune ise A1 numunesi olmuştur.



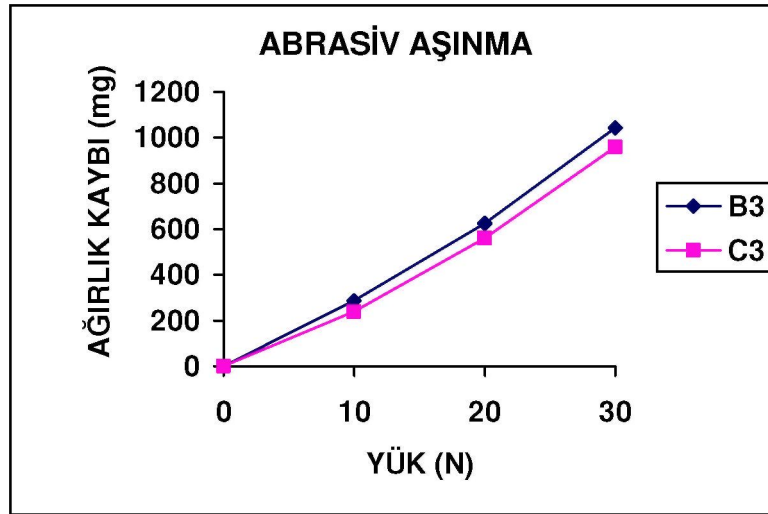
Şekil 5.40. İşlemsiz numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.40'da işlemsiz numunelerin 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyindeki ağırlık kaybı-yük ilişkisi gösterilmiştir. Şekilden de anlaşıldığı gibi en zayıf aşınma direncine sahip malzeme olarak A1 görülmektedir. Dolayısı ile en fazla kütle kaybına da A1 malzemesi uğramıştır.



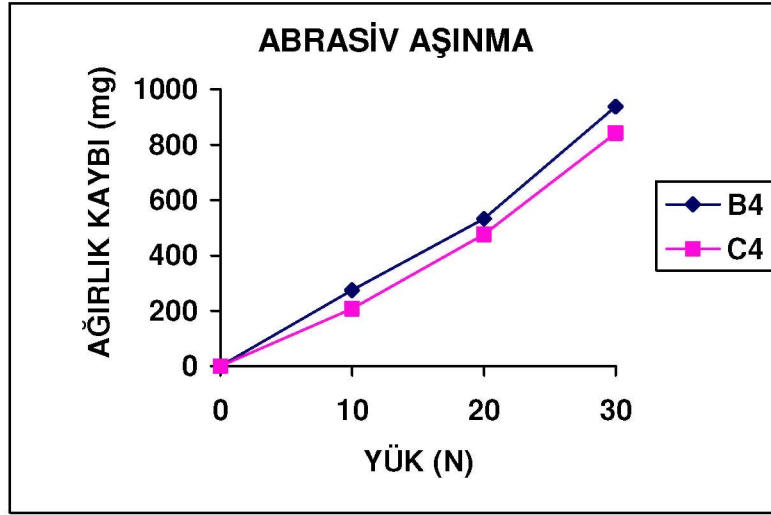
Şekil 5.41. Normalizasyon tavlamaşı uygulanmış numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.41'de normalizasyon tavlamaşı uygulanmış numunelerin 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybı-yük ilişkisi verilmiştir.



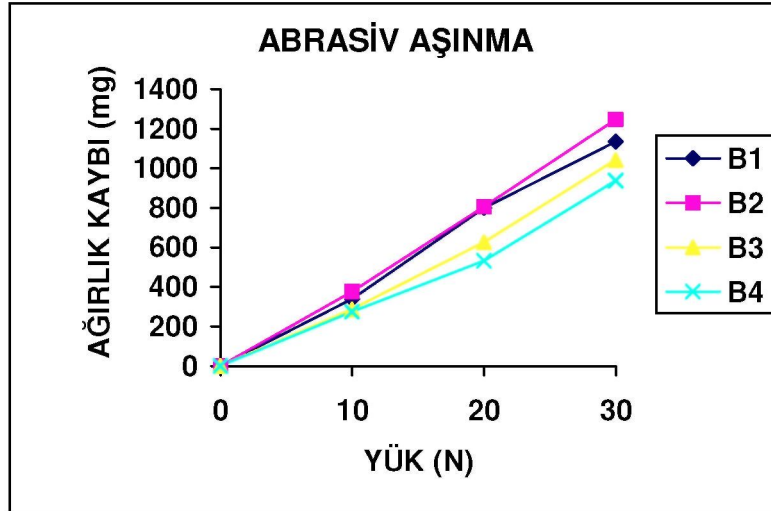
Şekil 5.42. Suda sertleştirilmiş numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.42'de suda sertleştirilmiş numunelerin 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybı-yük ilişkisi verilmiştir.



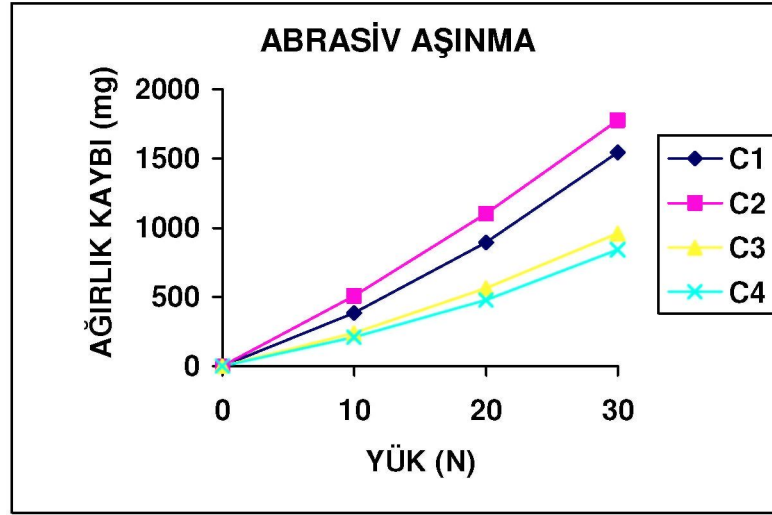
Şekil 5.43. Yağda sertleştirilmiş numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.43'te yağda sertleştirilmiş numunelerin 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybı-yük ilişkisi verilmiştir. Görüldüğü gibi sertleştirmeden sonra C malzemesinin aşınma dayanımı en iyi konuma gelmiştir. Bu da C malzemesinin yaptığımız sertleştirme işlemine olumlu cevap verdiğini göstermektedir. Ayrıca B ve C malzemelerinin sertleştirmelerinde yağ ortamının daha iyi sonuç vermesi, bu malzemelerin yağda sertleştirmeye uygun malzemeler olduğunu göstermektedir.



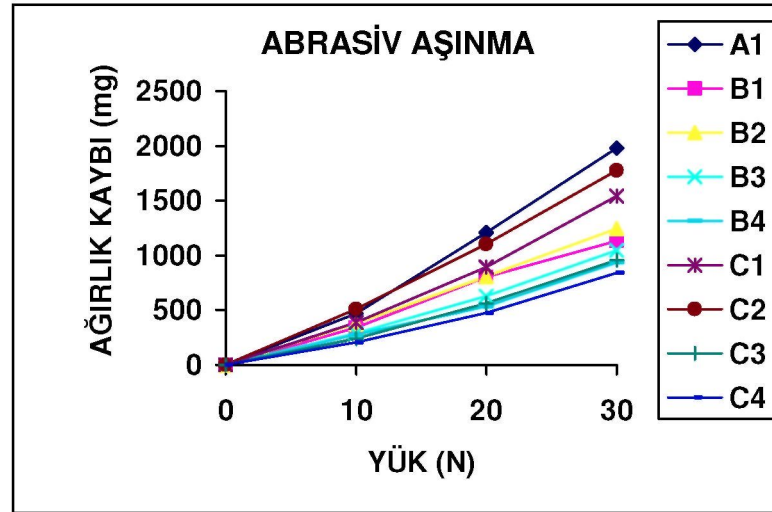
Şekil 5.44. B numunelerinin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.44'te B numunelerinin 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybı-yük ilişkisi verilmiştir. En iyi aşınma dayanımını B4 numunesi göstermektedir.



Şekil 5.45. C numunelerinin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.45'te C numunelerinin 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybı-yük ilişkisi verilmiştir. Burada da en iyi aşınma dayanımını C4 numunesi göstermiştir.



Şekil 5.46. Bütün numunelerin Ağırlık Kaybı-Yük ilişkisi (120 mesh'lik aşındırıcı ile)

Şekil 5.46'da bütün numunelerin 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyinde ağırlık kaybı-yük ilişkisi verilmiştir. Görüldüğü gibi en iyi aşınma direncini gösteren numune C4 numunesi, en kötü aşınma direncini gösteren numune ise A1 numunesi olmuştur.

Aşınma deneyleri üç farklı ağırlıkta (10 N, 20 N, 30 N) ve iki tip aşındırıcı (80 mesh ve 120 mesh SiC) kullanılarak oda sıcaklığında yapılmıştır. Deneyler sonucunda A1 AISI 1020

numunesinin aşınma direncinin düşük olduğu açık bir şekilde görülmektedir. B2 normalizasyon tavlamaşı uygulanmış 1.2080 ve C2 normalizasyon tavlamaşı uygulanmış 1.2842 numunelerinde ise işlemsiz halleri olan B1 ve C1 numunelerine oranla aşınma direncinde bir düşüş olduğu gözlenmiştir. Bunu normalizasyon tavlamaşı uygulanan malzemenin, iç gerginliklerinin giderildiği, tanelerde küçölme olduğu, malzemenin normal haline döndüğü için aşınma direncinde bir düşüş olduğu şeklinde açıklayabiliriz. B3 ve B4 numuneleri B2 numunesinin suda ve yağda sertleştirilmiş halleridir. İki halde de numuneler aşınma direnci kazanmış halde görünmektedirler. Sertleştirilmiş numunelerin aşınma dirençleri de artmıştır ve abrasiv aşınma deneyindeki malzeme kayıpları gözle görünür derecede azalış göstermiştir. Aynı durum C3 ve C4 numuneleri içinde söz konusudur. Bu malzemelerde işlemsiz ve normalizasyon tavlamaşı uygulanmış 1.2842 çeliklerine oranla daha iyi aşınma direncine sahiptirler. Bu numunelerde de sertleştirme işlemi aşınma direnci sağlamıştır.

Ayrıca sertleştirme uygulanan B3 ve B4 1.2080 numuneleri ile sertleştirme uygulanmış C3 ve C4 1.2842 numunelerinin aşınma oranlarına baktığımızda yağda sertleştirmede daha başarılı olunduğu görülmektedir. Bu sonuçlardan yola çıkarak 1.2080 ve 1.2842 çeliklerinin sertleştirme ortamı olarak yağda sertleştirmeye daha uygun oldukları sonucuna varabiliriz.

Numunelerin aşınma yüzeylerinin optik fotoğraflarına baktığımız zaman en fazla tahribatın ve aşınmanın A1 numunesinde olduğu açıkça görülmektedir. AISI 1020 malzemesi oldukça yumuşak bir malzeme olduğundan aşınma direnci de hayli zayıftır.

Fotoğraflar incelendiğinde sertleştirilmiş numunelerin aşınma yüzeylerindeki tahribat ve çiziklerin daha azaldığı görülmektedir. Yani grafiklerde verilen yük-malzeme kaybı oranlarıyla paralellik göstermektedir.

Elde ettiğimiz sonuçlarda önemli bir husus C oranı yüksek olan sertleştirilmiş 1.2080 malzemelerinin aşınma direncinin, C oranı daha düşük olan sertleştirilmiş 1.2842 malzemelerine oranla daha düşük oluşudur. Bununda başlıca sebebi malzemelerin içerisindeki Krom ve Mangan içerikleriyle bağlantılıdır. 1.2842 malzemesindeki Mangan malzemeye iyi bir aşınma direnci kazandırmıştır. 1.2080 malzemesi daha fazla C oranına sahip olmasına rağmen içerisindeki Krom sebebiyle daha düşük bir aşınma direncine sahiptir. 1.2842 malzemesinin sertleştirmesinde daha iyi bir sonuç elde edilmiştir.

Numune	Abrasiv kütle kaybı (mg)		
	10 N	20 N	30 N
A1	1002	2226	3246
B1	640	1510	2237
B2	664	1551	2337
B3	562	1091	1941
B4	526	1041	1541
C1	692	1628	2609
C2	866	1769	2710
C3	365	786	1248
C4	347*	674*	1109*

Tablo 5.1. Numunelerin 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyindeki malzeme kayıpları

Tablo 5.1'de numunelerin 80 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyindeki malzeme kayıpları verilmiştir. En iyi aşınma direncini 10 N, 20 N ve 30 N olmak üzere üç yükte de C4 numunesi göstermiştir. A1 numunesi ise en düşük aşınma direnci gösteren numune olmuştur.

Numune	Abrasiv kütle kaybı (mg)		
	10 N	20 N	30 N
A1	470	1212	1981
B1	338	799	1135
B2	376	806	1246
B3	287	626	1043
B4	274	533	937
C1	384	894	1544
C2	507	1103	1775
C3	237	562	960
C4	207*	476*	842*

Tablo 5.2. Numunelerin 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyindeki malzeme kayıpları

Tablo 5.2'de Numunelerin 120 mesh'lik SiC aşındırıcı ile yapılan abrasiv aşınma deneyindeki malzeme kayıpları verilmiştir. En iyi aşınma direncini 10 N, 20 N ve 30 N olmak üzere üç yükte de C4 numunesi göstermiştir. A1 numunesi ise en düşük aşınma direnci gösteren numune olmuştur.

7. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Deneylerde kullanılan 9 farklı numunenin aşınma davranışlarının araştırılması neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Çalışmaya konu olan malzemelerde aşınma davranışları ile mekanik özellikler arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Malzemelerin mekanik özelliklerinin iyileşmesi ile birlikte aşınma dirençleri de yükselmiştir.

2. Yük artışı ile aşınma oranı arasında doğrudan bir ilişki olduğu gözlenmiştir.

3. Yüzeyde oluşan oksitler sürtünme kuvvetini düşürdüğünden aşınma direncini artırmaktadır.

4. Normalizasyon tavlama uygulanan malzemelerde aşınma direncinde düşüş meydana gelmiş, sertleştirmeye tabi tutulan malzemelerde ise iyi bir aşınma direnci sağlanmıştır.

5. Sertleştirmeye tabi tutulan malzemelerden yağda sertleştirilenler daha iyi aşınma direnci göstermiştir. Buna bağlı olarak 1.2080 ve 1.2842 malzemeleri için sertleştirme işleminde soğutma ortamı olarak yağ kullanılmasının aşınma direnci yönünden daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda düşük karbonlu çeliklerde aşınma direncinin daha düşük olduğu görülmüştür. Ancak malzemeye yapılan krom ve mangan gibi alaşım elementi ilaveleriyle aşınma direncinde iyileştirme yapılabilmektedir. Bulunan sonuçlardan hareketle, deforme olmaması, kesme kabiliyetinin yüksek oluşu, sürtünmeye dayanıklılığından ötürü fazla darbe olmayan her nevi kesme, bükme ve şekillendirme işlerinde kullanılan 1.2080 ve küçük ölçüde işleme kolaylığı aranan kalıpların yapımında ve kesici zimba ve matriks malzemesi olarak kullanılan 1.2842 soğuk iş takım çeliklerinin aşınma dirençlerinin iyi olduğu görülmüştür. Hafif yükler için yapı parçaları, piston pimleri , dişliler, zincir makaraları ve baklaları, dingil kasnakları ve millerin yapımında kullanılan Ç1020 sementasyon çeliğinin ise sertleştirmeden sonra aşınmaya karşı daha dirençli hale gelebileceğini, malzemenin bu haliyle aşınma direncinin çok zayıf olduğunu söyleyebiliriz.

7. KAYNAKLAR

- Akam, E., 1978. Çelik Döküm İ.T.Ü. Yayını 66, İstanbul.
- Akkurt, M., 1977. **Makine Konstrüksiyonunda Güvenirliliğinin Esasları**. M.M.O. Yayın 106, İstanbul.
- Akkurt, M., **The Reliability Of Machine Element Due To Wear** . İ.T.Ü. Dergisi. 30 (2).
- Aksoy, M., Kuzucu, V., Korkut, M.H., 1997. The Influence Of Strong Carbide-Forming Elements And Homogenization On The Wear Resistance Of Ferritic Stainless Steel, **Wear**, V 211, 265-270, Elsevier U.S.A.
- Aksoy, M., Kuzucu, V., Korkut, M.H., Yıldırım, M.M., 1997. The Effect Of Niobium And Homogenization On The Wear Resistance And Some Mechanical Properties Of Ferritic Stainless Steel Containing 17-18 Wt % Chromium, **Material Processing Technology**, V 82, 172-177, Elsevier U.S.A.
- Avery, S, H., 1961. **The Measurement Of Wear Resistance Wear**. 107 (3), 413-415.
- A.S.M., 1971. **Metals Handbook** American Society For Metals. 1, Metals Park, Ohio.
- Bahadur, B. S., 1978. Wear Research And Development. **Journal Of Lubrication Technology Series Of The Transcations**. 100 (5), 449-454.
- Ball, A., 1986. Mechanisms Of wear, And The Performance Of Engineering metariels. **Wear**. 86(2), 1-3
- Bilginer, E., 1987. Aşınma Faktörleri ve Çalışma Ortamları. **AS Kaynak Dergisi**. 1(1), 22-24
- Demirci, A.H., 1982. Ötektoidaltı Alaşımsız Çeliklerin Yeni İmal Edilen Bir Sürtünme Aşınma deney Standardında, Isıl İşlemlere Bağlı Olarak Aşınma Davranışlarının İncelenmesi. **E.Ü.F, Doçentlik Tezi**, İzmir.
- Demirci, A.H., 1987. Teknik Kuru Sürtünmeli Bir Aşınma Deney Düzeneği tasarım ve İmalatı. **Mühendis ve Makine Dergisi**. 8 (330), 24-29.
- Dülek. E., Karataş. Ç., Sarıtaş. S., 2003. Bilyeli Dövülmüş Ç1020 Malzemede Kalıcı Gerilmenin Katman Kaldırma Yöntemi İle İncelenmesi. **Gazi Üniv. Müh. Mim. Der.** 18, (3) 107-116.
- Erdoğan, T., 1986. **Mühendisler için Çelik Seçimi** T.M.M.O.B yayını. 119, Ankara.
- Finkin, E.F., 1970. **What Happens When Parts Wear**. **Machine Desing** 19 (3), 149-154.

- Gediktaş, M., 1970. Sürtünme ve Aşınma. **İ.T.Ü. Dergisi**. 28, 27-30, İstanbul.
- Gediktaş, M., 1978. **Aşınmanın Azaltılabilmesi için Soğuk Deformasyondan Yararlanma**, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayını, Trabzon.
- Gediktaş, M., 1971. Sürtünme ve Sürtünme Katsayısı. **İ.T.Ü. Dergisi**. 29, 57-62
- George, F., 1984. **Vonder Vorkt Metalographi Principles And Practice**. London.
- Gürleyik, M., 1972. **Hasar Bilgisi**. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayını. Trabzon.
- Gürleyik, M., 1975. Metallerin ve Metal Olmayan Sert Malzemelerin Taneli Maddeler Tarafından Sürtünerek Aşındırılması. **Mühendis ve Makine Dergisi**. 19, 37-45.
- Hazardin, G., 1972. **Makine Elemanları**. Güven Kitabevi. 1, Ankara.
- Hisakado, T., 1976. The Influence Of Surfaces Roughness On Abrasive Wear. **Wear**. 4, 179-190.
- Hurricks, P.L., 1973. Some Metallurgical factor Cotrolling The Adhesive And Abrasive Wear Resistance Of Steels A. Rewiev. **Wear**. 26, 285-304.
- Jahannur, S., 1976. Sliding Wear Resistance Of Metalic Coated Surfaces. **Wear**. 40, 75-84.
- Kahraman. N., Gülenç. B., Akça. H., 2002. Ark Kaynak Yöntemi İle Birleştirilen Ostenitik Paslanmaz Çelik İle Düşük Karbonlu Çeliğin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.**, 17, (2) 75-85.
- Keleştimur, M.H., 1989. Makine Yapı Çeliklerinin Abrasiv Aşınma Direncine Yüzey Sertliğinin Etkisi Ve Diğer Mekanik Öelliklerle İlişkisinin Araştırılması. **Y.Lisans Tezi** 15-25, İstanbul.
- Korkut, H. M., 1997. Ferritik Paslanmaz Çeliklerin Mikro Yapısı ve Aşınması Üzerine Karbür Yapıcı Elementlerin Etkilerinin Araştırılması. **Doktora Tezi** Elazığ.
- Korkut, H. M., 1991. Sürtünmeye Maruz Metalik Disklerin Aşınmış Bölgelerinde Dolgu Kaynak İşleminde Sonra Aşınma Özelliklerinin Değişiminin Deneysel Araştırılması. **Yüksek Lisans Tezi** Elazığ.
- Koz, M., 1988. Sertliğin İncelenmesi ve Tanımı. **Yüksek Seviyede Sert Dolgu Kaynakları Seminer Notları**. 15-20, İstanbul.
- Köksal, S. N., Uzkut. M., Ünlü. B. S., Mayıs 2004. Farklı Karbon İçerikli Çeliklerin Mekanik Özelliklerinin Isıl İşlemlerle Değişimi, **DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi** 6, (2) 95-100.
- Kragelsky, I.V., 1960. Contact Area Of Rough Surfaces **Wear**. 3, 170-187.

Kurt, B., 1999. Yüksek Karbonlu Çeliklerin Süperplastikliği Üzerine Alaşım Elementlerinin Etkisinin Araştırılması **Y. Lisans Tezi**, Elazığ.

Layıktez, C, 1988. Çeşitli Sanayi Kollarında (Çimento, Yağ, Demir-Çelik, Tuğla, İş Makinaları, Sondaj Aletleri, Hidrolik ve Termik Santraller, Denizcilik İşletmeleri, Kalıp Sanayi) Aşınma Türlerinin İncelenmesi. **Yüksek Seviyede Sert Dolgu** Kaynakları Seminer Notları. 1-20, İstanbul.

Moore, M.A., 1974. A Review Of Two-Body Abrasive Wear. **Wear**. 27, 1-17.

Moore, M.A., 1974. The Relationship Between The Abrasive Wear Resistance, Hardness And Mikrostructure Of Ferritic Meraials. **Wear**. 28, 59-68.

Nuri, K.A., 1979. The Contact Beheivour Of Surfaces Of Small Nominal Area. **Wear**. 7, 255-262.

Osanna, P.H., 1979. Surfaces Roughness And Size Tolerance. **Wear**. 57, 227-236.

Peng,Q.F., 1989. **Iproving Abrasion Wear By Surfaces**.**Wear**. 129 (2), İ.T.Ü.Matbaası, İstanbul.

Postacioğlu, B., 1981. **Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri**. İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.

Richardson, RC, 1969. The Wear Of Metals Shares In Agricutrual Soils. Ph. D. Thesis, London.

Robinowitchz, E., 1976. **Friction And Wear Of Metarials**, London.

Shin, D.H., 1997. Superplasticity Of Fine Grained 7475 Alley And A Propesed New Deformation Mechanism. **Acta Metallurgica**, V. 45, No 12, 5195-5202.

Sidney, H.A., 1986. **Intorduktion To Physical Metalurgy**. A.Ü., Yayını, Ankara.

Smith, A, F., 1985. The Influence Of Surface Oxidation And Sliding Speed On The Unlibricadet Wear Of 316 Stainles Steel At Low Load. **Wear**, 105 (2), 91-107.

Söderberg, S., 1986. **Wear Mechanisms And Tool Life Of High Speed Steels Related To Mikrostructure**. Upsala Universty Yayını. 110, 313-329.

Topbaş, M.A., 1993. Isıl İşlemler. Yıldız Teknik Üniversitesi Metalurji Mühendisliği Bölümü.

Uzkut, M., Özdemir, İ., Ekim 2001. Farklı Çeliklere Uygulanan Değişen Isıtma Hızlarının Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi, **DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi** 3, (3) 65-73.

Verma, R., 1996. Characterization Of Superplastic Deformation Behavior Of a Fine 6 Rain 5083 Al Allays Sleet. **Metallurgical And Metarials Transactions** 27 A, 1899-1908.

Wiarrev, M. GARRISION, J., 1987. Duatality And The Abrasive Wear resistance Of Hot Work Die Steels. **Wear**, 116.

Yıldırım, M.M., 1980. **Malzeme Bilgisi (1)**. Fırat Üniv, Elazığ.

Yıldırım, M.M., 1981. **Malzeme Bilgisi (2)**. Fırat Üniv, Elazığ.

Yıldırım, M.M., 1984. **Malzeme Bilgisi (3)**. Fırat Üniv, Elazığ.

Yıldırım, M.M., 1989. **Alaşım Tekniği**. Fırat Üniv, Elazığ.