

45692

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SEMENTASYON ÇELİKLERİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ  
VE  
SEMENTASYON DERİNLİĞİNİN AŞINMA DAYANIMINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Makina Mühendisi Celalettin BAYKARA**

**Anabilim Dalı :Makina Mühendisliği**

**Programı : Makina Malzemesi ve İmalat Teknolojisi**

**MANİSA 1998**

**CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SEMENTASYON ÇELİKLERİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ  
VE  
SEMENTASYON DERİNLİĞİNİN AŞINMA DAYANIMINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Makina Mühendisi : Celalettin BAYKARA**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05/08/1998**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 08/07/1998**

**Tez Danışmanı : YRD. DOÇ. DR. ENVER ATİK**

**Diğer Jüri Üyeleri : DOÇ. DR. VURAL CEYHUN  
YRD. DOÇ. DR. ENVER ATİK  
YRD. DOÇ. DR. CEVDET MERİÇ**

## İÇİNDEKİLER

Sembol Listesi	III
Şekiller Listesi	IV
Tablolar Listesi	VI
Teşekkür	VII
Özet	VIII
Abstract	IX
1. BÖLÜM	1
1 1. Giriş	1
2. BÖLÜM	4
2. Aşınma	4
2.1. Tanımı ve Genel Bilgiler	4
2.2. Aşınma Olayının Analizi	6
2.3. Tribolojik Sisteme Etki Eden Faktörler	8
2.4. Aşınma Mekanizmaları	11
2.4.1. Adhezyon	11
2.4.2. Abrazyon	15
2.4.3. Triboksidasyon (Reaksiyon Tabakası Aşınması)	20
2.4.4. Yorulma Aşınması	20
2.4.5. Ablativ Aşınma	21
3. BÖLÜM	23
3.1 Aşınma Mukavemetini Arttırmak İçin Baş Vurulan Genel Yöntemler; Isıl İşlemlerin Yeri	23
3.2 Sementasyon	29
3.2.1. Katı Sementasyon	29
3.2.2. Gaz Sementasyon	32
3.2.3. Sıvı Sementasyon	33
4. BÖLÜM	36
4 Deneysel Çalışmalar	36
4.1. Aşınma Deneyleri	36
4.2. Mevcut Deney Tesisatları ve Genel Prensipleri	37
4.3. Aşınma Deney Cihazının Yapısı	39

4.3.1. Deney Cihazı Modeli	39
4.3.2. Deney Cihazının Mekanik Yapısı	40
4.4. İzafi Hareket	41
4.5. Ayarlanabilir Deney Parametreleri	41
4.6. Aşındırma Deneyinin Yapılması	42
4.6.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması	42
4.6.2. Deney Numunelerine Isıl İşlem Uygulanması	42
4.7. Deneysel Çalışmalarda Karşı Sürtünme Elemanın Tanımı	43
4.7.1. Karşı Sürtünme Elemanının Yapısı	44
4.7.2. Aşındırıcı Tane Boyutları	45
4.8. Deney Malzemesi	46
4.8.1. Sementasyon Çelikleri	46
4.8.2. 16 MnCr 5'in Genel Karakteristik Özellikleri	47
4.8.2.1. Çelik Tipi	47
4.8.2.2. Sementasyon İşlem Özellikleri	47
4.8.2.3. 16 MnCr 5'in Çeşitli Standartlardaki Karşılığı	47
4.8.2.4. 16 MnCr 5'in Kimyasal Yapısı	47
4.8.2.5. Mekanik Özellikler	48
4.8.2.6. Isıl İşlemler	48
4.8.2.7. Sertlik	49
4.9. Sertleşebilme Özelliği	49
4.10. Aşındırma İşleminin Yapılması	51
4.11. Aşınma Miktarının Ölçülmesi	51
SONUÇ	94
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ	100

## SEMBOLLER

F	:	Kuvvet ( N )
A	:	Alan ( mm <sup>2</sup> )
P <sub>m</sub>	:	Akma basıncı ( N / mm <sup>2</sup> )
V	:	Hacim ( mm <sup>3</sup> ) / Hız ( m/s )
HB	:	Brinell Sertliği ( N / mm <sup>2</sup> )
k	:	Sabit ( mm <sup>2</sup> / N )
K	:	Kafes Sayısı
P <sub>0</sub>	:	Gerilme
L	:	Kayma Yolu ( mm )
ε <sub>lim</sub>	:	Elastik Sınırdaki Uzama Oranı
σ <sub>elastik</sub>	:	Elastik Sınırdaki Gerilme Oranı ( N / mm <sup>2</sup> )
D,d	:	Çap ( mm )
g	:	Tane Boyutu
n	:	Devir Sayısı ( dev./dak. )
M	:	Döndürme Kuvveti ( Nm. )

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 : Tribolojik sistemin temel unsurları	6
Şekil 2.2 : Tribolojik sistemin analizi için alın dışlı sistemi	8
Şekil 2.3 : Sürtünme sırasındaki etkenler ve değişimi	9
Şekil 2.4 : Tribolojik sisteme etki eden faktörler	10
Şekil 2.5 : Abrazif aşınma çeşitleri	16
Şekil 2.6 : Değişik gerilim abrazif aşınma mekanizmaları	17
Şekil 3.1 : Tavlanmış çeliklerin aşınma direnci –sertlik ilişkisi	23
Şekil 3.2 : % 0,38 – 0,75 C içeren temperlenmiş martenzetik yapının aşınma direnci-sertlik ilişkisi	24
Şekil 3.3 : Yalın karbonlu çeliklere uygulanan termo kimyasal işlemler–aşınma direnci ilişkisi	26
Şekil 4.1 : En çok kullanılan sürtünme-aşınma deney tesisatlarının şematik ve toplu olarak gösterilmesi	38
Şekil 4.2 : İki cisimli abrazif aşınma için kullanılan pim-disk deney makinası	40
Şekil 4.3 : Deney cihazı modelinin şematik görünüşü	41
Şekil 4.4 : Karşı sürtünme elemanının simgelenmesi	43
Şekil 4.5 : Karşı sürtünme elemanının yapısı	44
Şekil 4.6 : Abrazif taneciklerini ayıran tipik kafes sistemi	45
Şekil 4.7 : 16 MnCr 5 ve 16 MnCrS 5'in sertleşme eğrisi	50
Şekil 4.8 : Aşındırma diskinin özellikleri	51
Şekil 4.9 : Aşınma miktarının ölçülmesi	52
Şekil 4.10 : Numunelerin gruplara göre yüzey pürüzlülük değerleri	53
Şekil 4.11: Bütün numunelerin normalizasyon işlem formu	56
Şekil 4.12 : Bütün numunelerin normalizasyon işlem sonunda etkili sertleştirme derinliği mikrosertlik taraması	57
Şekil 4.13 : A grubu numunelerinin sementasyon işlem formu	59
Şekil 4.14 : A grubu numunelerinin koruyuculu atmosferli fırınlar için çığ noktası kayıt formu	60
Şekil 4.15 : A grubu numunelerinin sementasyon işlemi sonunda etkili sertleştirme derinliği mikrosertlik taraması	61
Şekil 4.16 : A grubu numunelerinin süre - aşınma miktarı grafiği	67
Şekil 4.17 : B grubu numunelerinin sementasyon işlem formu	69
Şekil 4.18 : B grubu numunelerinin koruyuculu atmosferli fırınlar için çığ noktası kayıt formu	70
Şekil 4.19 : B grubu numunelerinin sementasyon işlemi sonunda etkili sertleştirme derinliği mikrosertlik taraması	71
Şekil 4.20 : B grubu numunelerinin süre - aşınma miktarı grafiği	77
Şekil 4.21 : C grubu numunelerinin sementasyon işlem formu	79

Şekil 4.22 : C grubu numunelerinin koruyuculu atmosferli fırınlar için çığ noktası kayıt formu	80
Şekil 4.23 : C grubu numunelerinin sementasyon işlemi sonunda etkili sertleştirme derinliği mikrosertlik taraması	81
Şekil 4.24 : C grubu numunelerinin süre - aşınma miktarı grafiği	87
Şekil 4.25 : Sementasyon işlemi yapılmamış 1 ve 2 nolu numunelerin aşınma grafiği	90
Şekil 4.26 : Aşınma numunelerinin 450 dak. Sonundaki yüzey pürüzlülüğü-aşınma miktar değişimi	91
Şekil 4.27 : Aşınma numunelerinin 900 dak. Sonundaki yüzey pürüzlülüğü-aşınma miktar değişimi	92
Şekil 4.28 : Aşınma numunelerinin 1350 dak. Sonundaki yüzey pürüzlülüğü-aşınma miktar değişimi	93
Şekil 4.29 : Semente edilmiş örnek numunenin kesit mikrofilm görüntüsü	96



## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1 :Gerçek ve geometrik temas yüzeyleri arasındaki bağıntı	12
Tablo 4.1 :3 ve 4 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	62
Tablo 4.2 :9 ve 10 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	63
Tablo 4.3 :15 ve 16 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	64
Tablo 4.4 :21 ve 22 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	65
Tablo 4.5 :27 ve 28 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	66
Tablo 4.6 :7 ve 8 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	72
Tablo 4.7 :13 ve 14 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	73
Tablo 4.8 : 19 ve 20 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	74
Tablo 4.9 :25 ve 26 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	75
Tablo 4.10 :31 ve 32 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	76
Tablo 4.11 :5 ve 6 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	82
Tablo 4.12 :11 ve 12 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	83
Tablo 4.13 :17 ve 18 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	84
Tablo 4.14 :23 ve 24 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	85
Tablo 4.15 :29 ve 30 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	86
Tablo 4.16 :1 ve 2 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	89



## TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında bana yardımcı olan ve hiç bir yardımı esirgemeyen,

Tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Enver ATİK Bey'e

TİRSAN KARDAN Genel Müdürü Sayın Yusuf TANTEKİN Bey'e

Araştırma Görevlisi Sayın Halil Rıdvan Öz Bey'e

Teşekkür eder, çalışmalarında başarılar dilerim.



## ÖZET

Bu çalışmada, 16 MnCr 5 Sementasyon çeliğine değişik sıcaklık ve sürelerde sementasyon işlemi uygulandı ve sonuçta üç ayrı grup'da deney numuneleri hazırlandı. Bu numunelerin aynı tribolojik şartlarda aşınma davranışları incelendi.

Endüstride yaygın olarak kullanılan bu çeliklerin çalışmamızda incelenmesinin nedeni, bu malzemedeki yapılan bir makina elemanının, tok olan iç kısımları sayesinde darbeleri karşılayabilirken sementasyonla yüzeyi sertleştirilerek aşınma dayanımının artırılması, dolayısıyla çalışma ömrünün uzamasının sağlanmasına sementasyon şartlarının etkisini belirlemektir.

Aşınma deneyleri sonunda sertlik veya sementasyon derinliği ile aşınma dayanımı arasında doğrudan bir ilişki olmadığı belirlenmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan tribolojik şartlar altında, 16 MnCr 5 sementasyon çeliğine 930 °C'de 3,5 saat sementasyon işlemi uygulandığı zaman en yüksek aşınma dayanımı elde edileceği belirlenmiştir.



## **ABSTRACT**

In this study, it was applied heat treatment which we were called as carburizing process to 16 MnCr 5 of heat treatment steel which more used in Industry in different temperatures and time, next we got samples in three different hardness, after we applied wearing process under the load to these samples, and it was observed that which group supplies the resisting to this effective.

The reason of the such a researching to this kind of this steel which more used in Industry is to extent the life of the machine elements which produced by this steel and work more effective, in this result extending the life of the elements will be more economics and will not the changing process in any machine and will spend the less time for repairing.



## İÇİNDEKİLER

Sembol Listesi	v
Şekiller Listesi	vi
Tablolar Listesi	viii
Teşekkür	ix
Özet	x
Abstract	xi
1. BÖLÜM	1
1 1. Giriş	1
2. BÖLÜM	4
2. Aşınma	4
2.1. Tanımı ve Genel Bilgiler	4
2.2. Aşınma Olayının Analizi	6
2.3. Tribolojik Sisteme Etki Eden Faktörler	8
2.4. Aşınma Mekanizmaları	11
2.4.1. Adhezyon	11
2.4.2. Abrazyon	15
2.4.3. Triboksidasyon (Reaksiyon Tabakası Aşınması)	20
2.4.4. Yorulma Aşınması	20
2.4.5. Ablativ Aşınma	21
3. BÖLÜM	23
3.1 Aşınma Mukavemetini Arttırmak İçin Baş Vurulan Genel Yöntemler; Isıl İşlemlerin Yeri	23
3.2 Sementasyon	29
3.2.1. Katı Sementasyon	29
3.2.2. Gaz Sementasyon	32
3.2.3. Sıvı Sementasyon	33
4. BÖLÜM	36
4 Deneysel Çalışmalar	36
4.1. Aşınma Deneylei	36
4.2. Mevcut Deney Tesisatları ve Genel Prensipleri	37
4.3. Aşınma Deney Cihazının Yapısı	39

4.3.1. Deney Cihazı Modeli	39
4.3.2. Deney Cihazının Mekanik Yapısı	40
4.4. İzafi Hareket	41
4.5. Ayarlanabilir Deney Parametreleri	41
4.6. Aşındırma Deneyinin Yapılması	42
4.6.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması	42
4.6.2. Deney Numunelerine Isıl İşlem Uygulanması	42
4.7. Deneysel Çalışmalarda Karşı Sürtünme Elemanın Tanımı	43
4.7.1. Karşı Sürtünme Elemanının Yapısı	44
4.7.2. Aşındırıcı Tane Boyutları	45
4.8. Deney Malzemesi	46
4.8.1. Sementasyon Çelikleri	46
4.8.2. 16 MnCr 5'in Genel Karakteristik Özellikleri	47
4.8.2.1. Çelik Tipi	47
4.8.2.2. Sementasyon İşlem Özellikleri	47
4.8.2.3. 16 MnCr 5'in Çeşitli Standartlardaki Karşılığı	47
4.8.2.4. 16 MnCr 5'in Kimyasal Yapısı	47
4.8.2.5. Mekanik Özellikler	48
4.8.2.6. Isıl İşlemler	48
4.8.2.7. Sertlik	49
4.9. Sertleşebilme Özelliği	49
4.10. Aşındırma İşleminin Yapılması	51
4.11. Aşınma Miktarının Ölçülmesi	51
SONUÇ	94
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ	100

## SEMBOLLER

F	:	Kuvvet ( N )
A	:	Alan ( mm <sup>2</sup> )
P <sub>m</sub>	:	Akma basıncı ( N / mm <sup>2</sup> )
V	:	Hacim ( mm <sup>3</sup> ) / Hız ( m/s )
HB	:	Brinell Sertliği ( N / mm <sup>2</sup> )
k	:	Sabit ( mm <sup>2</sup> / N )
K	:	Kafes Sayısı
P <sub>0</sub>	:	Gerilme
L	:	Kayma Yolu ( mm )
ε <sub>lim</sub>	:	Elastik Sınırdaki Uzama Oranı
σ <sub>elastik</sub>	:	Elastik Sınırdaki Gerilme Oranı ( N / mm <sup>2</sup> )
D,d	:	Çap ( mm )
g	:	Tane Boyutu
n	:	Devir Sayısı ( dev./dak. )
M	:	Döndürme Kuvveti ( Nm. )

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 : Tribolojik sistemin temel unsurları	6
Şekil 2.2 : Tribolojik sistemin analizi için alın dişli sistemi	8
Şekil 2.3 : Sürtünme sırasındaki etkenler ve değişimi	9
Şekil 2.4 : Tribolojik sisteme etki eden faktörler	10
Şekil 2.5 : Abrasif aşınma çeşitleri	16
Şekil 2.6 : Değişik gerilim abrasif aşınma mekanizmaları	17
Şekil 3.1 : Tavlanmış çeliklerin aşınma direnci –sertlik ilişkisi	23
Şekil 3.2 : % 0,38 – 0,75 C içeren temperlenmiş martenzetik yapının aşınma direnci-sertlik ilişkisi	24
Şekil 3.3 : Yalın karbonlu çeliklere uygulanan termo kimyasal işlemler–aşınma direnci ilişkisi	26
Şekil 4.1 : En çok kullanılan sürtünme-aşınma deney tesisatlarının şematik ve toplu olarak gösterilmesi	38
Şekil 4.2 : İki cisimli abrasif aşınma için kullanılan pim-disk deney makinası	40
Şekil 4.3 : Deney cihazı modelinin şematik görünüşü	41
Şekil 4.4 : Karşı sürtünme elemanının simgelenmesi	43
Şekil 4.5 : Karşı sürtünme elemanının yapısı	44
Şekil 4.6 : Abrasif taneciklerini ayıran tipik kafes sistemi	45
Şekil 4.7 : 16 MnCr 5 ve 16 MnCrS 5'in sertleşme eğrisi	50
Şekil 4.8 : Aşındırma diskinin özellikleri	51
Şekil 4.9 : Aşınma miktarının ölçülmesi	52
Şekil 4.10 : Numunelerin gruplara göre yüzey pürüzlülük değerleri	53
Şekil 4.11: Bütün numunelerin normalizasyon işlem formu	56
Şekil 4.12 : Bütün numunelerin normalizasyon işlem sonunda etkili sertleştirme derinliği mikrosertlik taraması	57
Şekil 4.13 : A grubu numunelerinin sementasyon işlem formu	59
Şekil 4.14 : A grubu numunelerinin koruyuculu atmosferli fırınlar için çığ noktası kayıt formu	60
Şekil 4.15 : A grubu numunelerinin sementasyon işlemi sonunda etkili sertleştirme derinliği mikrosertlik taraması	61
Şekil 4.16 : A grubu numunelerinin süre - aşınma miktarı grafiği	67
Şekil 4.17 : B grubu numunelerinin sementasyon işlem formu	69
Şekil 4.18 : B grubu numunelerinin koruyuculu atmosferli fırınlar için çığ noktası kayıt formu	70
Şekil 4.19 : B grubu numunelerinin sementasyon işlemi sonunda etkili sertleştirme derinliği mikrosertlik taraması	71
Şekil 4.20 : B grubu numunelerinin süre - aşınma miktarı grafiği	77
Şekil 4.21 : C grubu numunelerinin sementasyon işlem formu	79

Şekil 4.22 : C grubu numunelerinin koruyuculu atmosferli fırınlar için çiğ noktası kayıt formu	80
Şekil 4.23 : C grubu numunelerinin sementasyon işlemi sonunda etkili sertleştirme derinliği mikrosertlik taraması	81
Şekil 4.24 : C grubu numunelerinin süre - aşınma miktarı grafiği	87
Şekil 4.25 : Sementasyon işlemi yapılmamış 1 ve 2 nolu numunelerin aşınma grafiği	90
Şekil 4.26 : Aşınma numunelerinin 450 dak. Sonundaki yüzey pürüzlülüğü-aşınma miktar değişimi	91
Şekil 4.27 : Aşınma numunelerinin 900 dak. Sonundaki yüzey pürüzlülüğü-aşınma miktar değişimi	92
Şekil 4.28 : Aşınma numunelerinin 1350 dak. Sonundaki yüzey pürüzlülüğü-aşınma miktar değişimi	93





## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1 :Gerçek ve geometrik temas yüzeyleri arasındaki bağıntı	12
Tablo 4.1 :3 ve 4 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	62
Tablo 4.2 :9 ve 10 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	63
Tablo 4.3 :15 ve 16 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	64
Tablo 4.4 :21 ve 22 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	65
Tablo 4.5 :27 ve 28 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	66
Tablo 4.6 :7 ve 8 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	72
Tablo 4.7 :13 ve 14 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	73
Tablo 4.8 : 19 ve 20 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	74
Tablo 4.9 :25 ve 26 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	75
Tablo 4.10 :31 ve 32 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	76
Tablo 4.11 :5 ve 6 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	82
Tablo 4.12 :11 ve 12 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	83
Tablo 4.13 :17 ve 18 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	84
Tablo 4.14 :23 ve 24 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	85
Tablo 4.15 :29 ve 30 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	86
Tablo 4.16 :1 ve 2 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu	89

## TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında bana yardımcı olan ve hiç bir yardımı esirgemeyen,

Tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Enver ATİK Bey'e

TİRSAN KARDAN Genel Müdürü Sayın Yusuf TANTEKİN Bey'e

Araştırma Görevlisi Sayın Halil Rıdvan Öz Bey'e

Teşekkür eder, çalışmalarında başarılar dilerim.



## ÖZET

Bu çalışmada, 16 MnCr 5 Sementasyon çeliğine değişik sıcaklık ve sürelerde sementasyon işlemi uygulandı ve sonuçta üç ayrı grup'da deney numuneleri hazırlandı. Bu numunelerin aynı tribolojik şartlarda aşınma davranışları incelendi.

Endüstride yaygın olarak kullanılan bu çeliklerin çalışmamızda incelenmesinin nedeni, bu malzemeden yapılan bir makina elemanının, tok olan iç kısımları sayesinde darbeleri karşılayabilirken sementasyonla yüzeyi sertleştirilerek aşınma dayanımının artırılması, dolayısıyla çalışma ömrünün uzamasının sağlanmasına sementasyon şartlarının etkisini belirlemektir.

Aşınma deneyleri sonunda sertlik veya sementasyon derinliği ile aşınma dayanımı arasında doğrudan bir ilişki olmadığı belirlenmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan tribolojik şartlar altında, 16 MnCr 5 sementasyon çeliğine 930 °C'de 3,5 saat sementasyon işlemi uygulandığı zaman en yüksek aşınma dayanımı elde edileceği belirlenmiştir.



## **ABSTRACT**

In this study, it was applied heat treatment which we were called as carburizing process to 16 MnCr 5 of heat treatment steel which more used in Industry in different temperatures and time, next we got samples in three different hardness, after we applied wearing process under the load to these samples, and it was observed that which group supplies the resisting to this effective.

The reason of the such a researching to this kind of this steel which more used in Industry is to extent the life of the machine elements which produced by this steel and work more effective, in this result extending the life of the elements will be more economics and will not the changing process in any machine and will spend the less time for repairing.



## 1. BÖLÜM

### 1. GİRİŞ

Sanayinin gelişmesi, son yıllarda üretimde kullanılan makina ve teçhizatların enerji sarfiyatlarının, toplam enerji sarfiyatı içindeki payını da arttırmıştır. Teknolojik gelişmeler, ağır çalışma şartlarına ( yüksek hız, sıcaklık, v.s. ) uyum sağlayacak düşük enerji kayıplı, uzun ömürlü makina dizaynını zorunlu hale getirmiştir /1/.

Makina parçalarında ortaya çıkan başlıca hasar nedenlerini insana bağlı nedenler ve teknik esaslara bağlı nedenler olarak iki ana kısımda toplamak mümkündür. % 62'lik kısmı oluşturan insana bağlı nedenler /2/;

1. % 20 Hatalı bakım
2. % 15 Konstrüksiyona uymayan dizayn
3. % 14 Uygun olmayan çalışma
4. % 6 Bilgisiz personel
5. % 7 Özel nedenler

şeklindedir. % 38'lik kısmı oluşturan teknik esaslara bağlı nedenler ise

1. % 11 Yıpranma
2. % 21 Makinanın aşırı çalışması
3. % 6 Diğer nedenler

şeklindedir. Görüldüğü gibi % 38'lik teknik esaslara bağlı nedenlerin % 11'ini yıpranma yani aşınma, korozyon, ısı işlemler ve diğer etkenler oluşturmaktadır. Dünyada yıpranmanın neden olduğu yıllık kayıp 200 Milyar DM' dir /3/.

Almanya'da aşınmadan dolayı meydana gelen zararın yıllık 5 Milyar DM olduğu tahmin edilmektedir. Bu maliyetin endüstriye göre dağılımı ise

1. Metalürji	2.0 Milyar DM
2. Madencilik	1.5 Milyar DM
3. Plastik İmalat Sanayi	0.5 Milyar DM
4. Diğerler	1.0 Milyar DM

şeklindedir /4/.

Aşınma probleminin çözümü ile uğraşan bir bilim dalı olan Triboloji, ilk defa İngiltere Hükümet Komitesi tarafından ele alınmıştır /2/. Komite, İngiltere endüstrisinde triboloji prensipleri esaslı bir biçimde uygulandığında elde edilecek ekonomik kazanç araştırması yapmıştır. Komitenin daha sonraki araştırması, İngiltere'de 1996'dan sonra enerji maliyetindeki artışı dikkat alarak esaslı tribolojik dizayn ile elde edilen enerjideki tasarruf üzerine yoğunlaşmıştır. Komite, araştırmalarına göre enerji tasarrufunun,

### **Enerjinin Doğrudan Tasarrufu**

- Sürtünme ile harcanan enerjinin tasarrufu
- Yenilenen parçaları üretmek için gerekli olan enerjinin tasarrufu

### **Enerjinin Dolaylı Tasarrufu**

- Doğrudan tasarruflar sonucu elde edilen tasarruflar; Sürtünme kayıplarını dengelemek için gerekli olan tesislerdeki ilk yatırım maliyeti,

olmak üzere iki yoldan sağlanabileceğini belirtmiştir.

Aşınmanın bilinmesi ve önlenmesi ya da en azından azaltılabilmesi için gerekli tedbirlerin alınması, hızla artan nüfusun ihtiyaçlarını zaten sınırlı olan doğal kaynaklarla ekonomik bir şekilde karşılanmasını sağlamaktadır /2/. Makina parçalarının ömürlerinin uzamasındaki etken faktörlerden birisi, malzemelerin aşınma mukavemetlerinin artırılmasıdır.

Temas halinde olan ve izafi bir hareket yapan yüzeyler arasında daima harekete karşı yönde bir direnç, yani bir sürtünme kuvveti mevcuttur. Bunun sonucu olarak da aşınma meydana gelir. Özellikle sürtünmeyle çalışan bazı sistemler ( frenler, kavramalar gibi) hariç, genel olarak eş çalışan parçalarda sürtünme ve aşınmanın azaltılması istenir.

Bir parçanın aşınması onun şekline, malzemesine ve çalışma şartlarına bağlıdır. Çalışma şartlarının ve parça şeklinin değiştirilmesi çok defa mümkün olmamakta veya dar sınırlar içinde kalmaktadır. Bu durumlarda aşınmanın uygun malzeme kullanarak azaltılması yoluna gidilmektedir. Aşınmaya karşı ( yağlamasız ve yetersiz yağlamalı durumda ) sürtünme katsayısı düşük olan malzemelerden en çok itibar olunan ve kendilerinden çok şey umulanlar arasında polimerler, grafitler, metaller, seramikler ve bunların temel malzeme olduğu muhtelif bileşenli malzemeler, hızla geliştirilmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır /5/.

Ancak bu tür malzemelerin değişik işletme şartları altındaki aşınma durumları hakkında bilinenler çok azdır. Şartlardaki küçük bir değişiklik, aşınmaya büyük ölçüde tesir etmekte ve bazen tamamen ters sonuçlar verebilmektedir /6/. Çok karışık olan aşınma problemi , bu sahada yapılan büyük araştırmalara rağmen henüz sınırlı olarak açıklığa kavuşturulabilmiştir.

Malzemelerin aşınma davranışları hakkında daha geniş bilgi edinebilmek, gerçek sistemler üzerinde deney ve ölçüm yapmanın ekonomik olmaması nedeniyle, sistem özelliklerini sağlayabilen model cihazlar ile yapılan deneysel çalışmalarla mümkündür. Bu amaçla bir çok deney cihazı imal edilmiş ve bir çok deneyler yapılmıştır. İşletme şartlarının çok farklı oluşu , yeni deney cihazları üretimini de gerektirmektedir.

Bu gereklilikten doğan hareketle bu çalışmada, malzemelerin teknik kuru kayma sürtünmesi esaslı zorlamalarda aşınma davranışlarını tayin etmeye elverişli bir deney düzeneği tasarım ve imalatı gerçekleştirilerek bu düzenek, seçilen bir malzemenin (16 MnCr 5 ) belirlenen tribolojik şartlarda aşınma dayanımının belirlenmesinde kullanılmıştır.

Endüstride çok kullanılan bu sementasyon çeliği üç ayrı şartta sementasyon işlemine tabi tutulmuştur. Numuneler aynı sıcaklıkta, farklı sürelerde semente işlemine tabi tutularak sertleştirilmiştir. Daha sonra aynı tribolojik şartlarda aşınma deneyine tabi tutulan numunelerde sertliğin aşınma dayanımına etkisi belirlenmiştir.

## 2. BÖLÜM

### 2. AŞINMA

#### 2.1. TANIMI VE GENEL BİLGİLER

Aşınma, genel olarak "malzeme yüzeylerinin, daha çok mekanik zorlamalar nedeniyle, bazı hallerde kimyasal etkenlerle, küçük parçacıkların ayrılması sonucu değişmesi" şeklinde tanımlanabilir.

Aşınma için değişik kişi ve kuruluşlar tarafından çeşitli tanımlar yapılmıştır. 1953 yılında yayınlanan DIN 50 320' de /7/ aşınma, kullanılan parça yüzeylerinin mekanik etkilerle küçük malzeme parçacıklarının ayrılması suretiyle istenmeyen değişimi olarak tanımlanmakta, yine aynı yayında bu tanımın yeterli olmadığı kabul edilerek, parçacık ayrılması, mekanik etki ve istenmeyen şekil değişmesi gibi kavramlar ek açıklamalarla verilmektedir.

Fleischer G. /8/, "katı cisim yüzeyini oluşturan malzeme bölgesinin, teknolojik amaçlarla verilen şekil dışında, sürtünme sonucu şekil ve / veya malzeme değişimi" olarak aşınma tanımını genişletir.

1976 yılında yayınlanan DIN 50 320' de /9/ verilen yeni aşınma tanımı "katı cisim yüzey bölgesinden tribolojik zorlanma sonucu sürekli ilerleyen malzeme kaybı olayıdır" şeklinde verilmiştir.

Tamamlayıcı iki ek açıklamayla aşınmanın malzeme değişimi , şekil değişimi ve / veya küçük malzeme parçacıklarının koparak ayrılması şeklinde kendini gösterebileceği belirtilmiştir.

Bu tariflerin ışığı altında, aşınmayı karakterize eden özellikleri şöyle sıralıyabiliriz /10/.

- Sürtünmeyi doğuran izafi hareketin olması,
- Aşınmanın, teknik açıdan zarar verici istenmeyen bir olay olmasıdır.
- Aşınmanın, yüzey bölgesinde olması ve yüzeyde plastik deformasyon, malzeme yapısının değişimi veya mekanik etkilerle parça ayrılması olarak kendini göstermesi,
- Aşınmanın, tedrici bir olay olması.



Aşınma hızı ve sürtünme katsayısı bir malzeme özelliği değildir. Bu özellikler bir tribolojik sistem özelliği olup deneylerle bulunabilir. Bu sistem sürtünme çifti , yükleme ve hareket şekilleri ile çevre faktörlerinden oluşan bir bütün halinde göz önüne alınması gereken tribolojik sistemdir. (Triboloji, birbiri üzerine kuvvet uygulayarak birbirine göre hareket halinde bulunan yüzeylerin ve bunlarla ilgili bilim ve tekniğin adıdır) /10/.

Aşınma ve sürtünmenin temelinde yatan olaylar ve mekanizmalar, ancak modeller üzerinde yapılan deneylerle derinleştirilebilir.

Sürtünen elemanların ömürlerini uzatmak, aşınmanın hesaplanması için mühendislik metodları tesbit etmeyi de beraberinde getirmektedir. Aşınmanın hesaplanmasında, malzemelerin fiziko mekanik karakteristikleri ve kayma sistemlerinin işlem şartları olan yükleme, kayma hızı, yüzey sürtünme durumları, yağlama, çevre ve kayma sürtünmelerinin özellikleri göz önüne alınmalıdır. Kayma esnasında katılar arasındaki temas ilişkisinin kendine özgü özelliklerinin olduğunu kabul etmek, klasik mukavemet hesaplarının dışına çıkmayı gerektirir /11/.

İlk olarak, bir kayma sürtünmesinde yükü taşıyan malzeme hacmi sabit değildir. Bu basınca, yüzey pürüzlülüğüne ve yüzeydeki film tabakasının varlığına bağlı olarak değişir.

İkinci olarak, iki katı arasındaki gerçek temas farklıdır ve malzemenin deforme olan mikro hacimlerine, kelimenin tam anlamıyla, deforme olabilir cisimlerin klasik mekaniğinde geniş bir şekilde kullanılan homojen izotropik cisimler hipotezi uygulanamaz.

Üçüncü olarak, cisimlerin kırılmadığı durumdaki mukavemet hesaplarının aksine aşınma hesaplarında değerlendirilen kırılma prosesinin şartları esastır.

Dördüncü olarak, kayma olayına katılan kısımdaki malzeme özellikleri, genellikle orjinal malzemenin özelliklerinden farklıdır. Çünkü, sürtünme esnasında mekanik zorlamalar sonucu yüzeyde değişiklikler meydana gelir ki bu aynı zamanda sınır bölgesinin özelliklerinin değişmesine sebep olur. Bu nedenle kırılma özellikleri değişir.

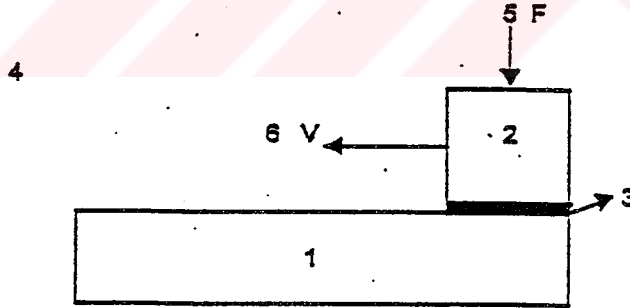
Kayma işlemi süresince sürtünmeye maruz kalan yüzeylerin yapısı ve yüzey tabakalarındaki değişikliklerin kinetiği üzerinde yapılan fiziksel, kimyasal ve fiziko - kimyasal çalışmalar aşınma hesapları için özellikle önemlidir.

Aşınma ile ilgili hesap metodları geliştirmek, yukarıda sözü edilen nedenlerden dolayı, sürtünme yüzey bölgesinin aşınma esnasındaki değişimlerini bilmeyi gerektirir. Bu da ancak aşınma olayı ve mekanizmalarını bilmek ve deneysel çalışmalar yapmakla mümkündür.

## 2.2. AŞINMA OLAYININ ANALİZİ

Aşınmaya yol açan etkenlerin tamamı dikkate alınarak aşınmanın incelenmesi gerekir. Bir başka deyişle, aşınma bir sistem özelliğidir. Aşınma, sertlik veya çekme mukavemeti gibi malzeme özelliği değildir. Aşınma olayının belirlenmesinde, tribolojik sistemi meydana getiren temel unsurların bilinmesi gerekir. Bu aşınma olayının oluşumu için aşınma çifti diye nitelendirilen esas sürtünme elemanı ile karşı elemana, ara maddeye, yüke ve harekete gerek vardır. Sistemi meydana getiren elemanlardan esas sürtünme elemanı aşınması incelenmek istenen elemandır. Karşı eleman ise aşındırıcı elemandır /2/. Sürtünme sırasında katı, sıvı ve gaz durumunda olabilen "ara madde" bulunacaktır. Vakumsuz ortamda "çevre" devreye girecek ve sistem elemanları üç'e çıkacaktır. Eğer isteyerek veya istemeyerek yağlama da söz konusu olursa sistem dört elemanlı olacaktır (aşınma çifti, ara madde, çevre, yağlama) /2/. Aşınmaya yol açan etkenleri Şekil 2.1'de topluca görebiliriz.

Bir tribolojik sistemde etken faktörler çok ve çeşitli olmasına rağmen Şekil 2.3 de genel olarak 6 temel unsurdan hepsi veya bazıları aşınma olayına iştirak edebilir.



1-Temel sürtünme elemanı

2-Karşı sürtünme elemanı

3-Ara maddesi

4-Çevre

5-Yükleme

6-Hareket

Şekil 2.1: Tribolojik sistemin temel unsurları /1,10/

**1-Temel sürtünme elemanı :** Fiziksel ve kimyasal özellikleri ve durumu, yüzey yapısı, şekli tamamen belirli ve aşınması özel ilgi ile incelenen katı cisimdir.

**2-Karşı sürtünme elemanı :** Katı cisim, sıvı veya gaz olabilir. Karşı sürtünme elemanı ile temel sürtünme elemanı bir aşınma çifti oluştururlar.

**3-Ara maddesi:** Sürtünme elemanı ile karşı sürtünme elemanı arasında katı, sıvı, gaz , buhar veya bunların karışımı şeklinde bir cisim bulunabilir. Mesela ara maddesi yüzey arasına girmiş kum tanecikleri olabilir. Aşınma esnasında yüzeyden kopan parçacıklar da ( eğer bunlar yüzey arasında kalıyorlarsa ) ara maddesi olarak düşünülebilir.

#### **4-Çevre**

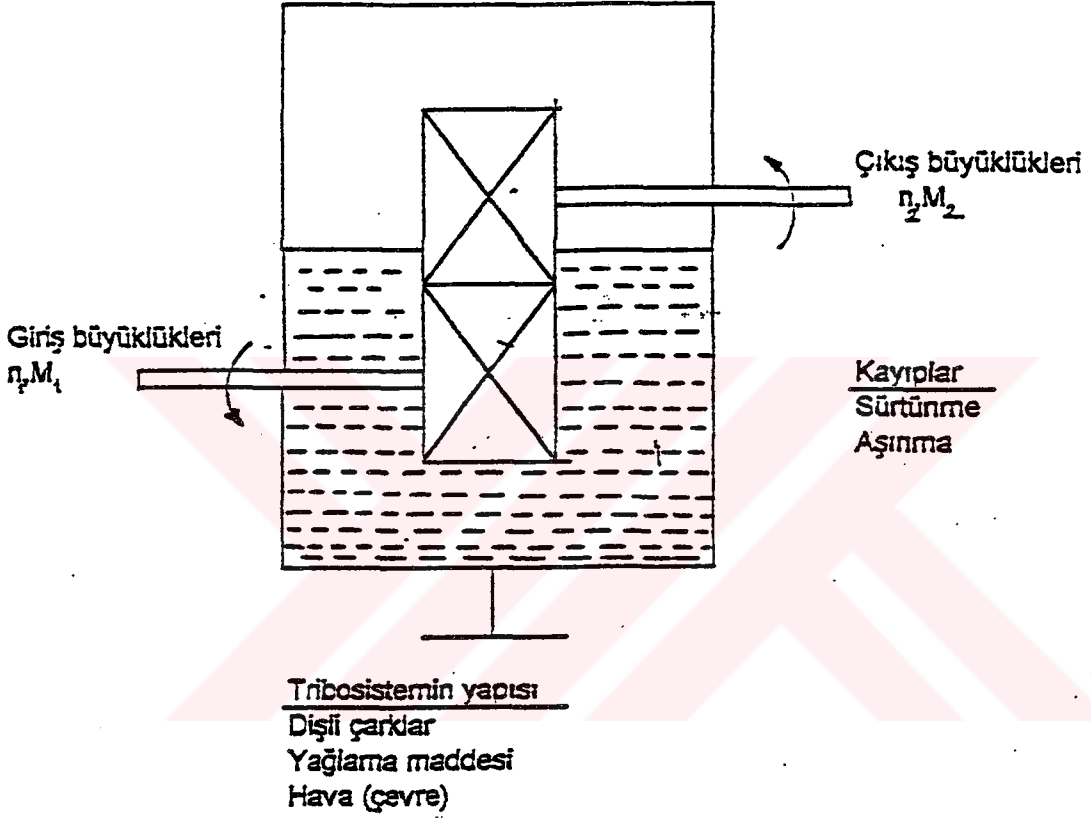
**5-Yükleme:** Tesir eden yükün ( kuvvetin ) büyüklüğü, şekli ( statik, dinamik,darbeli, titreşimli v.s.) doğrultusu ve zamana göre değişimi yüklemeyi meydana getirir.

**6-Hareket:** Temel sürtünme elemanın karşı sürtünme elemanına göre izafi hareketinin cinsi ( kayma, yuvarlanma, çarpma v.s.), büyüklüğü, doğrultusu ile verilir. Aşınma miktarının belirlenmesinde hareket süresi önemli bir faktör teşkil eder. Aşınmanın meydana gelmesinde önemli bir unsurdur.

Yükleme ve hareket grubu tribosisteme etki eden giriş büyüklüklerini teşkil ederler. Giriş büyüklükleri, sistemin yapısına bağlı olarak faydalı değerlere dönüştürülür, bu arada sürtünme ve aşınma ile karakterize edilen kayıp büyüklükleri ortaya çıkar. Aynı zamanda tribosistemin fonksiyonunu gösteren bu dönüş bir teknik sistem örneği yardımıyla Şekil2.2' de şematize edilmiştir.

Söz konusu etken faktörlerin kesin ayırımlarının yapılamayışı ve karşılıklı etkileşimleri, sistem analizini zorlaştırmakta ve sürtünme kuvvetinin ve aşınma hızının genel bir kanunla verilmesini imkansız kılmaktadır.

Uygulamada, meydana gelen aşınma tozları genellikle temas yüzeylerinden uzaklaştırılmadığı için, bu çalışmada deneyler esnasında oluşan aşınma tozlarının da temizlenmesi yoluna gidilmemiştir. Böylece deneyler esnasında kendiliğinden bir ara maddesi oluşmuştur. Bu nedenle mutlak bir "kuru sürtünme" terimi yerine "teknik kuru sürtünme" terimini kullanmak daha doğru olacaktır /10/.



Şekil 2.2: Tribolojik sistemin analizi için alın dişli sistemi /1/

### 2.3 TRİBOLJİK SİSTEME ETKİ EDEN FAKTÖRLER

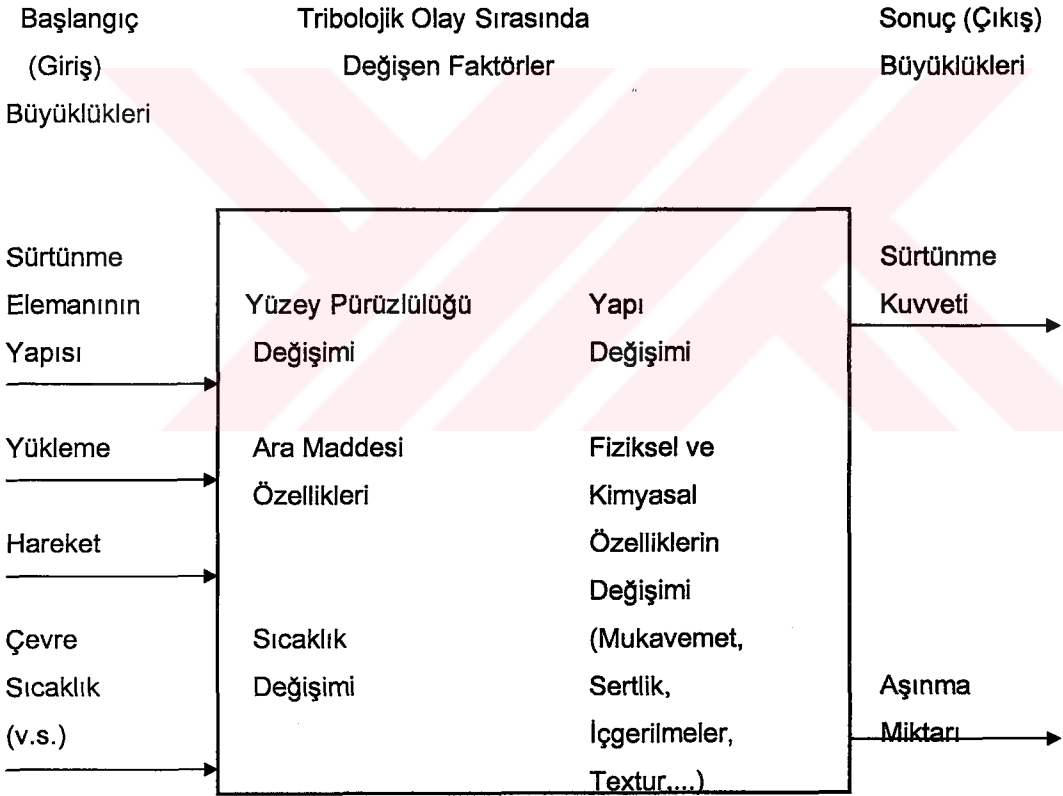
Bir tribolojik sistemin belirlenebilmesi için, sisteme etki eden büyüklüklerin bilinmesi gerekmektedir. Bu etken faktörler 5 ana grupta toplanabilir : yükleme, sürtünme elemanları (Temel sürtünme elemanı, karşı sürtünme elemanı) hareket, çevre, ara maddesi (Şekil 2.4 )

Sisteme etki eden bu faktörlerden birinin veya diğerinin, bu gruplardan birden fazlasına dahil edilebilmesi, tribolojik olayların çok karışık bir sistem olayı olduğunu göstermektedir. Bu faktörlerden birini değiştirmek, aynı zamanda diğer faktörleri de değiştireceğinden sistem üzerinde kompleks bir etki doğacaktır.

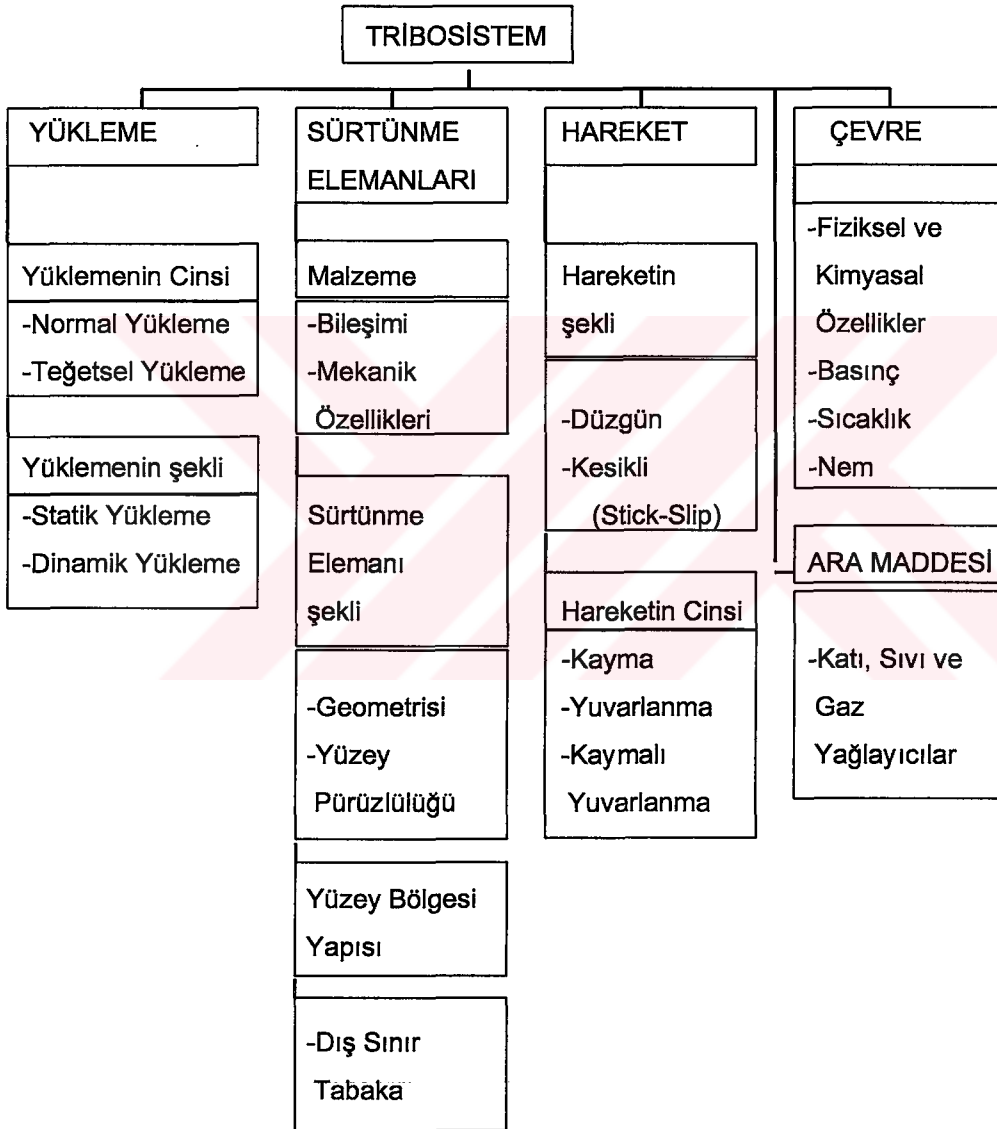
Söz konusu etken faktörlerin kesin olarak birbirlerinden ayrılamaz oluşları ve bunların karşılıklı etkileşimleri, sistem analizlerini zorlaştırmakta , sürtünme kuvvetinin ve aşınma hızının genel bir kanunla verilmesini imkansız kılmaktadır.

Yükleme ve hareket parametreleri tribosisteme etki eden önemli giriş büyüklüklerini oluşturur. Bu büyüklükler, sistemin yapısına bağlı olarak faydalı değerlere dönüştürülür. Bu arada sürtünme ve aşınma ile karakterize edilen kayıp büyüklükleri ortaya çıkar. ( şekil 2.3 )

Şekil 2.3 : Sürtünme sırasındaki etkenler ve değişimleri /1/



Şekil 2.4: Tribolojik sisteme etki eden faktörler /1,10/



Tribosisteme etki eden faktörlerin sonucu değişik aşınma mekanizmaları ortaya çıkmaktadır. Bu mekanizmaların genellikle birkaçı aynı sistem içerisinde oluşabilmektedir (Şekil 2.4).

## 2.4. AŞINMA MEKANİZMALARI

Aşınma olayına etki eden bir ya da aynı anda birkaç faktör değişik aşınma mekanizmalarını ortaya çıkarır. Bu aşınma mekanizmaları;

Abrasif aşınma	% 50
Adhesif aşınma	% 15
Ablatif aşınma	% 8
Triboksidasyon aşınma	% 5
Diğerleri (Erezyon,yenme,vb.)	% 22 /13/

### 2.4.1. ADHEZYON

Aşınma komponentlerinin en önemlilerden biri olan adhezyon, sürtünme elemanlarının temas yüzeylerinde yüksek mekanik gerilmeler sonucu mikrokaynak bölgelerinin oluşması esasına dayanır.

Sürtünme elemanlarının gerçek temas yüzeyi (A) ile geometrik temas yüzeyi ( $A_0$ ) arasında, yüzey pürüzlülüğüne ve yükleme miktarına bağlı olarak, çok büyük fark vardır.

Bu fark Bowden ve Tabor /12/a göre taşlanmış malzeme yüzeyleri için yükleme lineer olarak azalmaktadır (Tablo 2.1).

Normal gerilmelerle izafi hareket sırasında oluşan teğetsel gerilmelerin süperpozisyonu sonucu bu mikrotemas yüzeylerinde mekanik gerilmeler büyük ölçülere ulaşır. Bu ölçüler çoğu zaman sürtünme elemanı malzemesinin akma sınırını aşarak, yüzey bölgesi plastik deformasyonlarına götürür; adsorpsiyon veya reaksiyon tabakalarını kırarak doğrudan doğruya metalik teması sağlar. Yüksek bölgesel basınç altındaki bu temas ise atomsal bağlantılar ve mikrosoğuk kaynaklar oluşturur /14-15/.

Bowden ve Tabor /12/, bu kaynak bölgelerinin, izafi hareket sırasında koparılması için gereken kuvvet veya enerjinin sürtünme kuvveti şeklinde uygulanan kuvvetle karşılandığını ifade etmektedirler.

Tablo 2.1: Gerçek ve geometrik temas yüzeyleri arasındaki bağıntı /12/

Yüklemeye (N)	Gerçek Temas Yüzeyi (mm <sup>2</sup> )
20	0.02
50	0.05
200	0.20
1000	1.00
5000	5.00

(Geometrik temas yüzeyi  $A_0 = 2100 \text{ mm}^2$ )

Mikrokaynak bölgesindeki kristal kayma düzlemleri ile, kesme düzlemi durumuna göre malzeme koparılır. Sürtünme çiftlerinin birinden diğerine malzeme transferi mekanizması da böylece adhezyon sonucu oluşur.

Yine bu araştırmacılara göre çok küçük hızlarda meydana gelebilen, tatbikatta daha çok yüksek hız ve yüklerde görülen bir aşınma tipidir. Bu hallerde görülen kaynama olayı eş çalışan maddelerin birbirine karışabilme ve periyodik sistemdeki relatif durumlarına bağlı olmaktadır. 38 saf metal üzerinde yapılan incelemeler şu sonuçları vermiştir.

Periyodik sistemin kısa periyodlu B- Grubuna bağlı elemanlar demirle ne katı nede sıvı fazda karışabilmektedir ( Ag, Cd, In, Tl, Pb gibi ) . Bu bakımdan kaynama hali görülmektedir. Demirle intermetalik bağlar meydana getiren Se, Sn, Sb, Td' de kaynamaya büyük direnç gösterir. Buna karşılık karışabilen ve birbirine yakın olan malzemeler arasında kuvvetli olarak kaynama meydana getirmektedir. Bu malzemelerin yüzeyleri ne kadar temiz olursa, kaynama da o kadar küçük yük ve hızlarda meydana gelmektedir. Kaynak noktasında kaynak mukavemeti ana maddelerden birine nazaran büyükse kopma bu ana madde içinde olup, bir yüzeyden diğerine malzeme transferi vuku bulmaktadır. Bu tip aşınma üzerinde ortamdaki gazların büyük tesiri olmaktadır.

Burwel ve Strang /16/, adhezyon aşınmasına ait yaptıkları araştırmaların sonucunda bu aşınma tipi hakkında aşağıda verilen ampirik bağıntıyı deneyler ile doğrulanmıştır.

F kuvveti ile birbirine bastırılan iki düz yüzeyde kaynak noktalarının aşınmaya katılan kısmının alanı A, geometrik alanı  $A_0$  olsun.



Yük tesiri ile temasa geçen ilk noktalar önce elastik, sonra da plastik deformasyon yaparlar. Böylece temas noktalarındaki gerilme yumuşak malzemenin akma sınırına erişir ve ezilmeye başlar. Bu hal gerçek temas alanı yükü taşımaya yeterli oluncaya kadar devam eder. Bu halde temas noktaları (alan A) malzemenin plastik akma basıncı  $P_m$  ya da yaklaşık Brinell sertliği HB' a eşit olan bir gerilme altındadır ve

$$F=A.HB \quad (1)$$

yazılabilir. Diğer taraftan aşınma rejim haline girdikten sonra kopan (aşınan) malzeme hacmi  $V$ 'nin, kayma mesafesi  $L$  ve gerçek temas alanı  $A$  ile orantılı olduğu kabul edilebilir. Bu halde  $K$  bir sabit olmak üzere

$$V=K.A.L \quad (2)$$

$$(1) \text{ bağıntısından } A= F / ( HB )$$

(2) bağıntısında yerine konursa,

$$V=K.(F.L / HB ) \quad (3)$$

ya da malzemeye bağlı bir sabit olmasından dolayı ;

$$k=K / HB \text{ yardımıyla}$$

$$V=k.F.L \quad (4)$$

elde edilir.

Bu bağıntı aşınma miktarını,  $F$  yükü ve kayma mesafesi ile doğru, malzeme sertliği  $HB$  ile ters orantılı olarak vermektedir ve en basit aşınma formülüdür. Yüksek hız ve yükte aynı zamanda farklı yağlayıcı maddelerin kullanılması durumunda bu bağıntıda sapmalar olduğunu bilmek gerekir. (3) bağıntısının her iki tarafı geometrik  $A_0$  alanına bölünürse

$$V / A_0 = K.F.L / A_0 . HB \quad (5)$$

$$P_0= F / A_0 \text{ ( gerilme)}$$

$$V / A_0 = k \cdot P_0 \cdot L$$

$$k = V / A_0 \cdot P_0 \cdot L$$

(6)

bulunur. Burada ;

V : Aşınan malzemenin hacmi ( mm<sup>3</sup> ),

P<sub>0</sub>: Geometrik alana ( A<sub>0</sub> ) ait ortalama yüzey basıncı ( N / mm<sup>2</sup> ),

k : Belirli bir malzeme için bir sabittir ( mm<sup>2</sup> / N ),

F : Kuvvet ( N )

A :Alan ( mm<sup>2</sup> )

HB : Brinell Sertliği( N / mm<sup>2</sup> )

K : Bir Sabit

P<sub>m</sub> : ( N / mm<sup>2</sup> )

Adhezyon aşınması ile ilgili deneylerden elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Adhezyon aşınması, benzer veya kolay alaşım yapabilen malzemeler arasında meydana gelmektedir.
- Olay, yüzeylerin izafi hızına ve normal kuvvete bağlıdır. Pratik bakımdan, nispeten yüksek hızlarda ve yüksek yüklemelerde görülen bir aşınma şeklidir,
- Adhezyon aşınması, sürtünmeyi tayin eden bütün temas noktalarında meydana gelebilir.

Bu sonuçların ışığında, adhezyon aşınmasını ve yenmeyi önlemek için gerekli tedbirler şu şekilde özetlenebilir :

- Eş çalışacak malzeme çiftleri uygun seçilmelidir
- İyi bir yağlama yöntemi sağlanmalı ve uygun yağlayıcı maddeler kullanılmalıdır,

## 2.4.2 ABRAZYON

Abrazif aşınma, sert tanecikler ya da karşı yüzeydeki sert pürüzler ile malzemenin yüzeyinden parçacık kaldırılması ya da yer değiştirmesi ve yüzey boyunca kayarak karşı yüzeyi zorlamasıdır /17/. Abrazif aşınma, çeşitli tür aşındırıcılar ile temas halinde hareket eden aletlerde meydana gelmektedir. Sabanlar, toprak kazıyıcılar, grayder ve grayder bıçakları gibi zemin ile temas halindeki aletler aşındırıcı tanecikler ile beraber çalışmaktadır. Bunun yanında maden filizlerini işleyen kırma makineleri, doğal minarelleri öğüten bilyalı değirmenler de abrazif aşınma ile karşı karşıya gelir /18/.

Abrazif aşınma prosesleri genel olarak 2-cisimli ve 3-cisimli abrazif aşınma şeklinde iki gruba ayrılır /13/.

**2-cisimli abrazif aşınma**, Şekil 2.5.a.'da gösterildiği gibi pürüzlü bir yüzeyin ya da sabit aşındırıcı taneciklerin hareketi ile yüzeyden malzemenin kaldırılması olayıdır /1/.

**3-cisimli abrazif aşınma** ise, Şekil 2.5.b'de gösterildiği gibi yuvarlanma ve kayma hareketi yapabilen aşındırıcı taneciklerin yüzeyden malzeme kaldırmasıdır /13,17/.

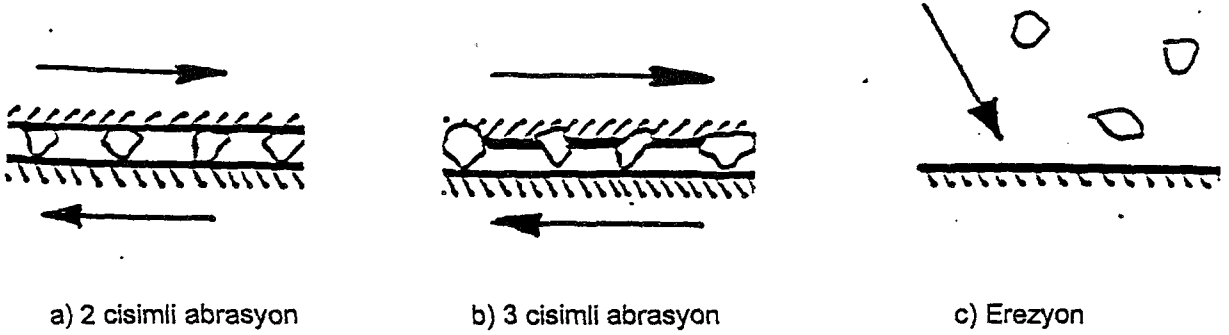
3-cisimli abrazif aşınmadaki aşınma oranı 2-cisimli abrazif aşınmaya nazaran daha düşüktür. Bunun nedeni hareketli taneciklerin zamanın %90'nını kesme etkisi meydana getirmeden yuvarlanma eğiliminde olmasından kaynaklanmaktadır /17,19/.

3-cisimli abrazif aşınma;

- Oyucu abrazyon
- Yüksek gerilmeli öğütücü abrazyon
- Düşük gerilmeli çizici abrazyon

şeklinde üç gruba ayrılır /19/.

Şekil 2.5c'de görüldüğü gibi serbest bir şekilde akan taneciklerin tek bir yüzeye hücum etmesine erozyon aşınması denilmektedir.



Şekil 2.5: Abrazif aşınma çeşitleri /17/

Erezyon sırasında, abrazif taneciklerin akış oranı yüksek ise toplam aşınma oranı da yüksek olabilir. Herhangi bir malzeme ve abrazif taneciği için etkili olan kuvvetin şiddeti yüksek olduğunda, ister sabit tanecik ister serbest tanecik olsun bu tür aşınma mekanizmasına oyucu abrazyon denilmektedir /13,18/. Oyucu abrazyonda kaya ya da iri aşındırıcı tanecikler malzeme kaldırmak için yüzeyi oluklu yaparlar /13,18/.

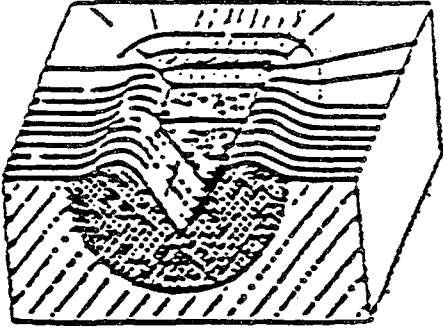
Abrazif taneciğine uygulanan gerilme, taneciğin basma mukavemetini aşacak derecede yüksek ise bu tür aşınmaya yüksek gerilmeli öğütücü abrazyon denilmektedir. Bu tür abrazif aşınma, sürekli devam eden parçalanma ya da başlangıçta küçük boyutta olan aşındırıcının öğütülmesi sırasında meydana gelmektedir. Abrazif temas noktasında yoğunlaşan gerilme birikiminden dolayı meydana gelen aşınma, plastik akışa metal yüzeyinin sert bileşenlerinin yorulmasına neden olmaktadır /20/.

Düşük gerilmeli çizici abrazyonda gerilmeler abrazif taneciğinin ezilmesine veya kırılmasına neden olacak şekilde yüksek değildir ve abrazif taneciğinin darbe kuvveti son derece küçüktür.

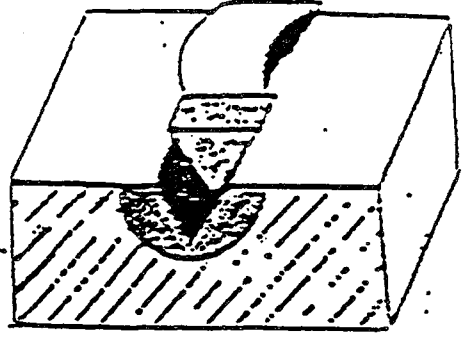
Düşük gerilmeli çizici abrazyon;

- Mikrokesme
- Mikrosürme
- Mikroyorulma
- Mikroçatlama

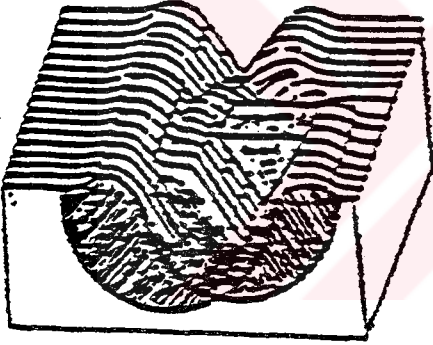
Şeklinde dört farklı mekanizma Şekil 2.6'da gösterildiği gibi meydana gelir /20/.



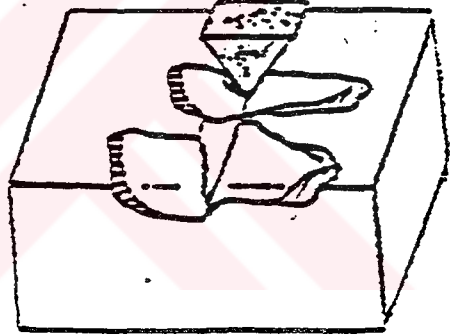
a) Mikrokesme



b) Mikrosürme



c) Mikroyorulma



d) Mikroçatlama

Şekil 2.6: Düşük gerilim abrazyif aşınması mekanizmaları /20/

**Mikrokesme mekanizması** : Abrazyif taneciğinin tek bir geçişi ile meydana gelen aşınma oluşunun hacmine eşit olan malzeme kaybıdır.

**Mikrosürme mekanizması** : Abrazyif taneciği tarafından meydana getirilen aşınma oluşunun hacminin bir kısmına eşit malzeme kaybıdır. Kalan kısım oluk kenarlarına plastik şekil değiştirme ile yer değiştirmiştir.

**Mikroyorulma mekanizması :** Yüzey yorulmasından kaynaklanan aşınmadır. Tekrarlanan değişken yükleme ile çatlak oluşumu ve yayılması ile karakterize edilebilir /20/.

**Mikroçatlama mekanizması :** Özellikle gevrek malzemelerde oldukça yüksek gerilme birikimleri olduğunda bu tür mekanizma meydana gelir. Bu durumda, çatlak oluşumu ve ilerlemesi olduğundan aşınma yüzeyinden geniş parçacıklar kaldırılmaktadır /20/.

Sürtünme çiftlerinden olanının karşı sürtünme elemanı içersine yüzey pürüzlülüğü mertebesinde girerek, izafi hareket esnasında çizmesi veya mikrotalaş alması da abrazif aşınmadır. Aynı etkiler karşı sürtünme elemanı yerine, daha önce elemanlardan ayrılan aşınma partikülleri tarafından da yapılabilir. Bu bakımdan, çoğu zaman soğuk deformasyon sonucu sertleşmiş aşınma partikülleri uzaklaştırılmayan veya metalik veya seramik çevre tozlarından korunmayan teknik sistemlerde çok yüksek bir aşınma beklenmelidir.

Bu tip aşınmada ilk akla gelen husus , aşınma ile malzeme sertliği arasında nasıl bir ilişki olabileceğidir. Khruschof /21/ , bu konuda yaptığı deneylerde şu sonucu vermektedir. Saf metaller, üzerinde zımpara tozu bulunan bir diske sabit bir basınçla teması sağlanmıştır. Saf metallerin aşınma miktarları bu halde sertlikleri ile orantılı olduğu görülmüştür. Sertleştirilen fakat normalize edilmeyen çeliklerde de aynı özellik görülmektedir. Normalize edilmiş çeliklerde aşınma özelliğinin şekli değişmekle beraber yine sertlik ve aşınma arasında bir lineerlik görülmektedir. Buna karşılık Mailander ve Dies /22/ sert çelikler üzerinde yaptıkları araştırmalarda sertlik ve aşınma arasında belirli bir bağlantı elde edememişlerdir. Genel olarak, sertlik arttıkça aşınma mukavemeti artmaktadır. Bu tip aşınmada , aşınma miktarı ve diğer büyüklükler arasında şu bağıntının bulunduğu kabul edilmektedir:

$$V=K.L.N/P_m \quad (7)$$

Burada;

V = Aşınma hacmi (mm<sup>3</sup>)

L = Kayma yolu (mm)

P<sub>m</sub> =Akma basıncı ( N /mm<sup>2</sup> )

K =Malzeme sabiti

N =Yük ( N )

Bu bağıttan aşınma hacminin yük ve kayma yolu ile orantılı olduğu ve geometrik yüzeyden bağımsız olduğu sonuçları çıkmaktadır.

Sertlikten ayrı olarak bir yüzeyin yapabileceği elastik deformasyon da abrazyon aşınmasına karşı önemli bir özellik olarak ileri sürülmektedir. İzafi hareket esnasında sert ve yumuşak metalden ibaret bir yüzey çifti arasına sert bir toz parçası girmesi halinde , yumuşak yüzey elastik deformasyon yaparak aşınmadan kurtulabilir. Yatak malzemesinden özellikle istenen bu özellik için elastiklik modülünün küçük olması gerekmektedir. O halde çeşitli maddeler için elastik sınırdaki uzama oranı (  $\epsilon_{lim}$  ) bu aşınma hakkında yol gösterici mahiyette fikir verebilir. Çünkü;

$$\epsilon_{lim} = \sigma_{elastik} / E \quad (8)$$

dir. Diğer taraftan elastiklik sınırının Brinell sertliği ile orantılı olduğu hatırlanırsa

$$\epsilon_{lim} = HB / E \quad (9)$$

yazılabilir.

HB / E oranları her malzeme için farklılık gösterir ve genellikle tablolar halinde verilmektedir.

Adhezyon ve tribooksidasyon mekanizmaları ancak uzun sürtünme periyodlarında kendini gösterirken, mikrotalaş kaldırma ve pürüzlülük çizgileri bir tek yükleme periyodu için bile söz konusu olduğu düşünülürse, abrazyonun yüksek miktarda aşınmaya götürebileceği gerçeği açıklanmış olur / 10 /.

Abrazyon aşınmasını önlemek için alınacak tedbirler şu şekilde özetlenebilir :

- Yüzey sertleştirilmelidir,
- Dışarıdan sert maddelerin yüzeyleri arasına girmesi, iyi bir sızdırmazlık tertibatıyla önlenmelidir,
- Makinalar ve sistemler, talaş ve diğer pisliklerden temizlenmelidir.

### 2.4.3 TRİBOOKSİDASYON ( REAKSİYON TABAKASI AŞINMASI )

Tribooksidasyonla, sürtünme çiftlerinin temas yüzeylerinde tribolojik zorlanmalar sonucu oluşan reaksiyonlar kastedilir. Bu reaksiyonlar oksijenle sınırlı değildir. Kükürt , klor ve fosfor gibi elementlerin sürtünme aktivasyonu ile hızlandırılan reaksiyonları da tribooksidasyon içinde incelenir. Tribooksidasyon, abrasif aşınmanın ön plana geçmediği sürtünme şartlarında aşınma miktarlarını arttıran en önemli komponenttir. Fakat birçok hallerde , çok zararlı olan adhesiv aşınmaya, reaksiyon tabakası oluşturmak suretiyle engel olmak yoluna gidilebilir.

Özellikle kimyasal maddelerin bulunduğu ortamlarda çalışan makina elemanlarının yüzeyleri bu maddelerle reaksiyona girerek ince fakat sert bir oksit veya benzeri bir tabaka olur. Aynı sonuç , yağlarda bulunan bazı maddeler sebebiyle de elde edilir. Değişken yüke maruz kalan yüzeylerde bu sert tabaka kırılır ve sert parçacıklar düşerek aşınmayı meydana getirirler. Temiz kalan temas yüzeylerinde reaksiyonun bir sonucu olarak tekrar sert bir tabaka oluşur ve olay bu şekilde tekrarlanarak devam eder.

### 2.4.4 YORULMA AŞINMASI

Bu aşınma tipi, esas itibariyle yüzey bölgesinin tekrarlı tribolojik yüklemeye maruz kalması sonucu ortaya çıkmaktadır. Tribolojik zorlanmalar, mekanik gerilimleri de beraberinde getirdiği için zamana veya yüzey bölgesine göre tekrarlı bir sürtünme olayı mikroçatlakların oluşmasına ve büyümesine, sonuçta aşınma partikülü olarak malzeme kopmasına yol açar. Bu özelliğinden dolayı yorulma aşınması, birçok aşınma prosesine katılan bir komponenttir.

Özellikle rulmanlı yataklar, dişli çarklar veya kam mekanizmaları gibi yuvarlanma hareketi yapan parçaların yüzeylerinde , çok küçük çukurcukların ( pitting) meydana gelmesi şeklinde ortaya çıkar. Pitting olayının meydana gelmesinde araştırmacılar görüşlerini şu şekilde açıklamaktadırlar:

Fink /23/, pitting olayını esas itibariyle sürtünme oksidasyonuna bağlamaktadır. Bu izah tarzına göre, çok küçük temas alanlarında meydana gelen Hertz gerilimleri, özellikle malzeme yüzeyi altındaki maksimum kayma gerilmesi, orada plastik bir şekil değiştirme meydana getirerek o bölgeyi kimyasal olarak aktifleştirmekte ve difüzyon yolu ile nüfuz eden oksijenle oksit oluşmaktadır. Oksitin büyük çentik etkisi ile olay ilerlemekte ve mevcut hacmin büyümesi sonunda üstündeki zarı patlatarak çukurcuk meydana getirmektedir.



Cameron ve Dudley / 24 / ise maksimum Hertz gerilmeleri ve yüzeydeki kayma şekline bağlı olarak meydana gelen açma kuvvetleri sonunda dıştan içe doğru çatlakların oluştuğunu, bu çatlaklar içine büyük bir basınçla tesir eden yağın yüzeyden pulcukların kalkmasına neden olduğunu ileri sürmektedirler.

Diğer bir izah tarzında ise maksimum Hertz kayma gerilmesinin bulunduğu durumda değişken zorlama sebebiyle çatlağın başladığını ve malzeme içinden dışına doğru çatlağın ilerlediği muhtemelen yağ tesiriyle de bir kabukçuğun kalkarak pittingi meydana getirdiği ileri sürülmektedir.

#### **2.4.5. ABLATİV AŞINMA**

Sürtünme ısı ile yüzey bölgesi sıcaklığının çok yükselmesi halinde söz konusudur. Yüksek sıcaklıkta sürtünme yüzey bölgesinden atom veya moleküllerin çevreye transferi ( tribo süblimasyon ) veya karşı sürtünme elemanı içine girmesi ( difüzyon ) esasına dayanan aşınma mekanizmasıdır /10/.

Uzay araçlarının sıcaklığa dayanıklı dış kaplamasında ve fren balatalarında görülen aşınma ablativ türündendir.

Bu aşınma mekanizmaları gerçek durumda genellikle karışık olarak ortaya çıkar. Bu durumda aşınma miktarı, ayrı ayrı aşınma mekanizmalarının bileşimi olamayıp, daha karmaşık yeni bir aşınma olayıdır. Aşınmayı etkileyen çok sayıdaki unsurlar ve bunların sürekli olarak değişimi, çoğu kez laboratuvar deneyleriyle elde edilen sonuçların, benzeri olan gerçek olaylara uygulanmasını imkansız kılar. Bu nedenle aşınma, makina mühendisliğinin daima üzerinde durulması gereken bir dalı olup, makina parçalarının hasarlarını konu alan araştırmaların yapılması gerektirmektedir.

Aşınma miktarının düşürülmesi ile makina ve parçaların boyut hassasiyeti yüksek zorlamalarda bile uzun süre korunmuş, teknik ömür uzatılmış olur. Sürtünme kayıplarının düşürülmesi ise enerji tasarrufu demektir.

Aşınmaya etki eden faktörlerin ve aşınma özelliğinin çokluğu kadar, aşınmadan korunma tedbirlerinin de çeşitli olacağı şüphesizdir.

Sürtünme yüzeylerini kaplama veya metal malzemeler üzerinde özel yüzey tabakası oluşturma ve aşınmaya dayanıklı alaşımlar geliştirmesi yanında, aynı malzemeye çalışma şartlarına uygun iç yapı (ve mekanik özellikler) kazandırmak için ısıtım işlem uygulamak da aşınmayı azaltmada önemli yollardan biridir.

İçyapı dönüşüm yoluyla çelikler çekirdeğe kadar sertleştirilebilir. Oysa makina elemanlarının, çalışma şartları bakımından aşınmaması gereken yüzeylerinin sertleştirilmesi gereklidir. Darbeli çalışma şartlarında uyum gösterebilmesi için çeliklerin iç kısımlarının tok ve sünek olmaları gereklidir. Bir makina elemanının tok olması için çekirdeğine kadar sertleşmemesi gerekir. Bu nedenle çelikler yalnız yüzeyden ince bir tabakanın sertleştirilmesi ile çalışma şartlarına uygun hale getirirler.

Bu nedenle çalışmamızda numunelerin yüzeylerinde sert bir tabaka meydana getirmek üzere Sementasyon yapılarak, numunelerin aşınma dayanımlarına etkileri incelenmiştir.



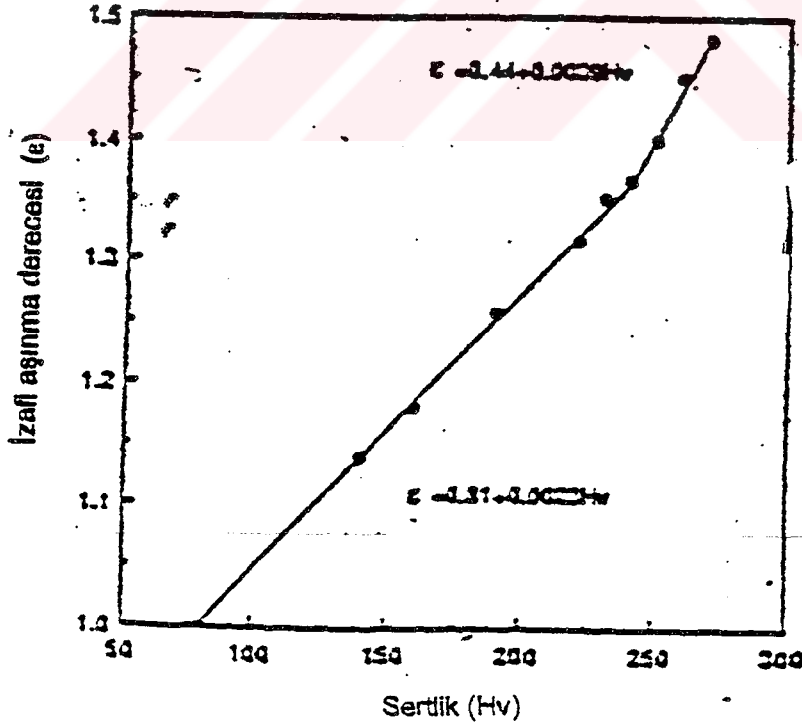
### 3. BÖLÜM

#### 3.1 AŞINMA MUKAVEMETİNİ ARTTIRMAK İÇİN BAŞ VURULAN GENEL YÖNTEMLER; ISIL İŞLEMLERİN YERİ

Aşınmaya karşı dirençli malzemeler geliştirmek için en çok bilinen yaklaşım malzeme sertliğinin artırılmasıdır. Bu amaçla yumuşak bir malzemeye sert kaplama ya da yüzey sertleştirme işlemi yaygın olarak uygulanmaktadır.

Kruschov ve Babichev isimli araştırmacılar, aşınma direncinin saf tavllanmış metaller ve bazı alaşımlar için Vickers sertlik sayısı ile doğru orantılı, ancak sertleştirilmiş çelikler için farklı bağıntı olduğunu bulmuşlardır. Daha sonraları birçok araştırmacı aşınma direnci-tavlama sertlikleri arasında doğrusal bir bağlantı olduğunu ispatlayan deneyler gerçekleştirmişlerdir /1/.

Liqun Xu ve Noel F. Kennon isimli araştırmacılar, çeşitli mikroyapı ve sertlikte ısıtılmış % 0,1-1,4 C'lu çelikler ile pim-disk aşınma direncinin ve sertliğinin her ikisinin de karbon bileşeni ile doğrusal ilişki olduğunu ve ötektoid altı ile ötektoid üstü çelikler için farklı eğimli olduğunu Şekil 3.1' de göstermiştir /25/.



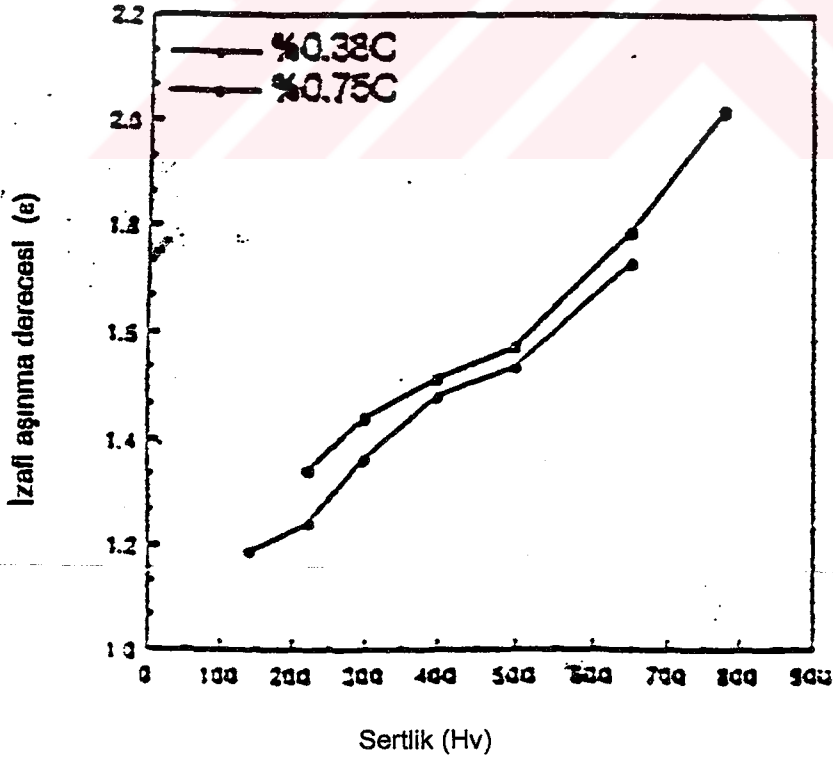
Şekil 3.1: Tavllanmış çeliklerin aşınma direnci-sertlik ilişkisi /25/

Karbonlu çeliklerin abrazyon aşınması üzerine diğer bir araştırma S.Das ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. S. Das ve arkadaşları, farklı ısıl işlem yapılmış %0,98 C'lu çelikleri ezilmiş silis kumunun abrazyon ortam şeklinde kullanıldığı çeşitli yük ve hızlarda kauçuk tekerlek aşınma deney makinasını kullanarak incelemişlerdir. S. Das ve arkadaşları da, aşınma direncinin sertlikteki artış ile doğrusal olarak arttığını tesbit etmişlerdir /26/.

Abrazyon aşınmaya dirençli malzemelerin mikroyapıları oldukça önemli bir faktördür. İnce taneli ve sert taneciklerin ikincil bir faz şeklinde dağıldığı bir mikroyapı mükemmel bir aşınma direnci göstermektedir /20/.

Abrazyon aşınma direnci ferrit, perlit, beyrit ve martenzit şeklinde değişen mikroyapı ile artmaktadır. Aynı sertlik değerindeki beyrit, martenzit'ten daha iyi abrazyon aşınma direnci göstermektedir /13,25/.

%0,38 C'lu ve %0,75 C'lu çeliklerde temperlenmiş martenzitin aşınma direnci ve sertliği arasında Şekil 3.2'de görülen doğrusal olmayan bir ilişki vardır. Bu, abrazyon aşınma direncinin sadece malzeme sertliğine değil aynı zamanda mikroyapı ve kırılma özelliklerine de bağlı olduğunu göstermektedir /25/.



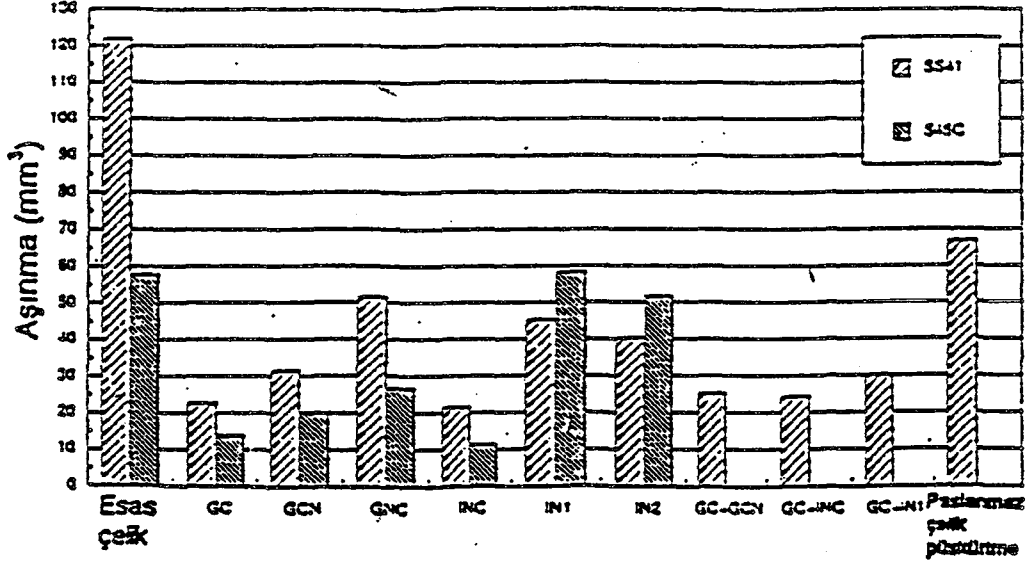
Şekil 3.2 : %0.38 – 0.75 C içeren temperlenmiş martenzetik yapının aşınma direnci – sertlik ilişkisi /25/

Karbonlu eliklerde kimyasal bileşime ve mikro yapıya bağlı olarak etkili aşınma mekanizması mikrokeseedir. Daha yüksek karbon seviyelerinde aşınma mekanizması oluk sonlarında kırılma ya da pullanma olup daha düşük karbon seviyelerinde ise aşınma mekanizması mikrokese ve mikroatlama biçiminde olmaktadır /25/.

Karbonlu eliklerde yüksek hızlarda etkili olan aşınma mekanizması mikrokese, düşük hızlarda ise mikroukurcuk şeklindedir /26/.

Metallerin yüzey ve yüzeyaltı özellikleri metalin performansını belirlediği için metallerin yüzeylerini kötü çevre ve ağır çalışma koşullarından da korumak teknik ve ekonomik alanda büyük bir ihtiyaçtır. Metal yüzeyini korumak, yüksek sıcaklık oksitlenmesini, korozyon, aşınma ve sürtünme gibi etkileri en aza indirmek için gereklidir. Bu amaçla sıkça kullanılan yöntemlerden biri plazma yardımı ile yüzey kaplama ve sertleştirme işlemdir. Yüzey özelliklerinin ayrı bir kaplama olmaksızın değiştirilmesi; iyon ışın teknikleri (iyon implantasyonu, iyon ışın karışımı, lazer işlemleri) ve plazma termokimyasal işlemler (iyon nitürleme, iyon karbürleme, plazma oksidasyonu) ile gerçekleştirilmektedir /27/.

Araştırmacılar, tüm termokimyasal işlemlerin paslanmaz elik tel alev püskürtülmüş kaplamalardan daha iyi aşınma direnci gösterdiğini buna karşılık gaz karbürizasyonu (GS) ve iyon nitrokarburizasyonu (INC) işlemlerinin aşınma direncini en çok arttıran işlemler olduğunu bununla birlikte dubleks işlemlerin tek gaz karbürizasyonu işlemleri ile karşılaştırıldığında aşınma direncini Şekil 3.3'de görüldüğü gibi belirtmiştir /28/.



Şekil 3.3 : Yalın karbonlu çeliklere uygulanan termo kimyasal işlemler-aşınma direnci ilişkisi /28/

Sürtünme katsayısını düşürmek suretiyle aşınmayı azaltma çalışmaları, hem en eski /29/ hem de en büyük katkısı olan /12/ araştırma doğrultularından biridir; "sürtünme sistemini yağlama" esasına dayanır. Bu çalışmalara paralel olarak gerek katı, sıvı, gaz yağlama maddelerinin özelliklerinin iyileştirilmesinde ve gerekse yağlama yöntemlerinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Ne varki hidrodinamik yağlamanın mümkün olmadığı, yetersiz yağlamanın söz konusu olduğu veya kullanıma konforu ve temizlik açısından yağlamanın istenmediği yer ve makinaların varlığı göz önüne alınırsa, sürtünme ve aşınmayı düşürme çalışmalarını sürtünme elemanları üzerinde yoğunlaştırmak gerektiği ortaya çıkar /5,10,11,44/.

Bunun için takip edilen araştırma yöntemleri şu esaslarda özetle toplanabilir /10/:

- Aşınmaya dayanıklı malzemelerin geliştirilmesi
- Sürtünme-Aşınma yüzeyinin daha dayanıklı malzemelerle kaplanması
- Sürtünme çiftlerinin (malzeme açısından birbirlerine göre) doğru seçilmesi
- Aşınma yüzey bölgesine yabancı atomların difüzyonuyla, temel malzeme özelliklerinin bilinçli olarak değiştirilmesi
- Soğuk deformasyonla yüzey bölgesi özelliklerinin (sertlik, iç gerilme, tekstür gibi) değiştirilmesi
- Isıl işlemlerle temel malzeme özelliklerinin iyileştirilmesi.

Bu çalışma grupları arasında kesin bir ayırım yapılamayacağı gibi, belirtilen bir yönde yapılan çalışmaların sonuçları başarılı bile olsalar, diğer yöndeki araştırmaların amaçlarıyla eşdeğer değildir.

Tam tersine, bir aşınma probleminin çözümünde, mevcut çeşitli araştırma yönlerinin sonuçlarını birleştiren, uygun kombinasyonlara gitmek gerekir: Demir, kobalt ve nikel bazlarında geliştirilen, aşınmaya dayanıklı sert alaşımlarla /30/ aşınma mukavemeti yüksek diğer malzemeler /29/ pahalılık, ağırlık ve bazı teknolojik özellikler açısından bir sürtünme parçasının bütünü ile yapılmasına uygun düşmeyebilir.

Özellikle ana gövdede süneklik ve hafiflik istenen yerlerde sürtünme yüzeylerinin aşınmaya dayanıklı malzemelerle kaplanması çoğu zaman sonuca götüren en ekonomik kombinasyondur. Dolgu kaynağı ile elektro-kimyasal kaplamalar yanında, örnek olarak, demiryolu araçlarının (lokomotif, vagon gibi) tekerleklerine titan alaşımlarının çember halinde sıkı geçirilerek tekerlek-ray sisteminin sürtünme aşınma davranışlarının iyileştirilmesi çalışmaları verilirse /31/, bu grup çalışmaların hangi boyutlara vardığı belirtilmiş olur. Kaplama konusunda aşınma dayanımı açısından dikkat edilecek en önemli nokta, farklı fonksiyonlara sahip kaplama malzemesi ile temel malzemenin mekanik ve termik özelliklerinin birbirlerine uygun olması gerekliliğidir. Kaplama tabakasının ve temel malzemenin ısı genleşme katsayıları ve/veya ısı iletim katsayılarının çok farklı olması halinde yüzey bölgesinde çok kolay çatlaklar oluşabilir. Aynı şekilde büyük sertlik farklılıklarının da kaplama tabakasının sürtünme zorlanması sırasında kırılma tehlikesinin artması, bu aşınma tedbirlerinin sınırlayıcı faktörlerindedir.

Sürtünme ve aşınma olayının yüzey bölgesinde cereyan etmesi, temel malzemenin yüzey bölgesinin özelliklerini difüzyonla değiştirmeye yönelik çalışmalara anlam kazandırmıştır /32,33/. Sementasyon ve nitrürasyon gibi yüzey bölgesine Bor ve Vanadyum difüzyonunu gerçekleştirme esasına dayanan bu yöntemler geniş uygulama alanları bulmuştur. Yüzey kaplaması ile ilgili belirtilen mahzurların bu yöntemler için de geçerli oluşu ve uygulama için daha özel teknik donanımları gerektirmesi diğer yöntemleri deneme ve araştırmayı gerekli kılmaktadır.

Malzeme yönünden alınacak tedbirler arasında sürtünme çiftlerinin malzeme açısından doğru seçiminin (adhezyonu sınırlayıcı tedbir olarak metal / metal çifti yerine plastik / metal, seramik / metal çiftlerini seçmek veya hacim merkezli kübik, hekzagonal gibi farklı kafes yapılı metal çiftlerini seçmek) önemini belirtmek gerekir. Ancak sürtünme çiftlerinin doğru seçimi araştırmaları, malzeme özelliklerinin geliştirilmesi çalışmalarından bağımsız düşünülemez. Çünkü bu seçim de, sonuçta geliştirilmiş (mevcut) malzemelerle sınırlıdır.

Özellikle düşük oranlarda "abrazyon" un hakim olduğu sürtünme sistemlerinde soğuk deformasyonla yüzey sertleştirilmesi iyi sonuçlar verebilmektedir. Soğuk deformasyonla sertleştirme tekniğinin gelişmiş olması , sanayide bu yöntemlerin, soğuk sertleşebilen malzemelerde sürtünme yüzey bölgesini sertleştirerek aşınma dirençlerinin artırılması amacıyla kullanılmasını gittikçe yaygınlaştırmaktadır; böylece ultrasonik titreşim darbe impluslarına dönüştürülerek yüzey sertleştirilmesinde kullanılması ile saat yatak milleri gibi hassas parçalara uygulanabilmesi mümkün olmuştur /34/.

Soğuk deformasyonla sürtünme yüzey pürüzlülüğünün önemli ölçüde düşürülmesi yanında 0,05 mm derinliğe kadar mikrosertliği %30-%70 oranda artırılarak,makina parçalarının ömürleri 2,2 ile 5,6 katı daha yükseltilebilmiştir /35/.

Fakat soğuk deformasyon sertleşmesi, yüksek aşınma bölgelerinde (sert minarellerle abrasiv aşındırma gibi uygulanan malzemelerin aşındırma dirençlerine -sistemin diğer faktörlerinin sabit kalması şartıyla-pek etkili olamamakta, ancak metal/metal sürtünme aşınmasında yüklemenin küçük olması halinde etkili olduğu yapılan araştırmalardan anlaşılmaktadır /34,36/.

Çünkü soğuk deformasyon sertleştirilmesi, sürtünme yüzey malzemesinin ancak akma gerilmesi seviyesine kadar sürtünme zorlanmasına maruz kaldığı çalışma aralıkları için anlam taşır. Daha büyük yüklemelerde yüzey malzemesinin soğuk deformasyonla artırılan şekil değiştirme mukavemeti de aşılabacağından, aşınma partiküllerinin oluşması ile birlikte yüksek abrasiv aşınma önlenemiyebilir /10/.

Ray-Tekerlek sisteminde yapılan çalışmalar, haddeleyerek soğuk sertleştirme işleminin, sadece başlangıç devresi için aşınma hızında bir iyileşme sağlayabildiğini daha sonraki çalışma süresinde aşınma davranışlarında bir farklılık meydana getirmediğini göstermiştir /36/.

Ayrıca bu çalışmalarda "Bauschinger-Effekt" /37,38/ göz önüne alınmamıştır. Özellikle haddeleme gibi yöne bağlı bir soğuk deformasyon sertleştirilmesi yapılmış yüzey bölgesinde, deformasyon yönüne paralel veya zıt yöndeki sürtünme zorlaması halinde, çok farklı sonuçlar doğuracağı beklenen "Bauschinger-Effekt" in gözönüne alınmayışı, bu sertleştirme mekanizmasını ayrıca sınırlar.

Bütün bu araştırmalar, aşınma direncinin yükseltilmesinde, soğuk deformasyonla yüzey bölgesi serleştirilmesinin ancak belirli tribolojik şartlarda ve sınırlı bir şekilde başarı sağlayabileceğini değişik şekillerde ifade etmektedir /10/.



Bu nedenle ısıt işlemlerle içyapı değişikliği esasına dayanan aşınma davranışlarının iyileştirmesi çalışmaları, diğer yöntemlerle pahalı ve özel çözümler aramadan önce (veya en azından paralel olarak) değerlendirilmesi gereken araştırma doğrultusu olarak görülmelidir. Çünkü aşınma direnci sadece sertlik artışıyla sağlanacak bir büyüklük değildir; Aşınma davranışı - sıfır malzeme özelliği olarak ele alınsa bile - daha ziyade, polikristal olan malzeme sürtünme bölgesinin mevcut fazlarına, kristal yönelmelerine (Tekstur), kafes-deformasyon derecelerine (iç gerilmeler sonucu) ve sürtünme malzemesine ait diğer karakteristik özelliklerin bütününe bağlıdır. Bu karakteristik özellikler ise ısıt işlemlerle büyük ölçüde değiştirilebilir. Sertlik ısıt işlemler sonunda sabit tutulsa bile aşınma direncinin iç yapı özelliklerine ne derece bağlı olabileceği küresel grafitli dökme demirler üzerinde yapılan çalışmalarda gösterilmiştir /39/. Kaldı ki ayrıca sertlik değişimi ve bunun diğer malzeme karakteristikleriyle kombinasyonu, herşeyden önce, ısıt işlemlerle mümkündür.

### **3.2 SEMENTASYON ( KARBÜRİZASYON )**

Bu işlem düşük karbonlu çeliklere uygulanır. Bu çelikler sünek fakat düşük karbon oranları nedeniyle sertleştirilemez karakterdedirler, su verme sırasında hemen hemen hiç sertleşmez, ancak akma sınırları yükselir. Bu çeliklerin kapsadığı karbon miktarı % 0.2'nin altında bulunan sementasyon çelikleridir.

Yüzey kısımlarının karbon miktarının % 0.8 olması ve böylece sertleşebilir hale gelmesi için, önce difüzyon yoluyla karbon emdirilir, bu işlemleri üç ayrı metodla inceleyebiliriz;

1-KATI SEMENTASYON

2-GAZ SEMENTASYON

3-SIVI SEMENTASYON

#### **3.2.1. KATI SEMENTASYON**

Bu yöntemle çelik yüzeyine atomik difüzyon yoluyla karbon atomları emdirilir. Çelik yüzeyinin karbon oranı yükselttilerek sertleşme yeteneği kazandırılır. Sementasyon yapılacak çeliklerde genel olarak % 0.1 veya % 0.2 arasında karbon bulunur. Normal olarak bu oranda karbona sahip çelikler sertleşmezler.

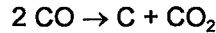
Karbürizasyon için çeliklerde atomik difüzyon olayı ostenit meydana getirecek bir sıcaklıkta yani  $A_{c3}$  sıcaklığının üstünde ( yaklaşık olarak 900 °C' de) gerçekleşmektedir Çelik parçalar ostenit yapıya dönüşmüş olacağından ve ostenitin karbon eritme yeteneğinden

aydalanılarak sementasyon maddelerindeki karbon atomları, çeliğin dış yüzeylerine girmeye başlar. Karbon miktarına bağlı olarak karbon atomları yüzey yapısına göre daha da içlere doğru girer. Bu sıcaklıkta yüzeyin karbon oranı 1-3 mm kalınlıktaki bir tabakada % 0.85 - % 1.3 arasında bir seviyeye çıkarılmıştır. Sıcaklık ne kadar yükselirse difüzyon olayı da o kadar çabuk olur. Karbonun yapıya nüfuz etme derinliğini tavlama süresi ve sıcaklık etkiler. Yapıdaki karbon miktarını ise karbürleyici madde etkiler.

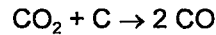
Çeliğin ergitme şekli ve bileşimi de difüzyon olayına tesir eder. Ostenit içinde alaşım elementleri mevcut ise karbon atomlarının yapıya girmesi zorlaşır. Bu nedenle aynı tip çelikler karbürizasyon sırasında farklı davranabilir.

Parçalar karbürleyici toz ile karıştırıldıktan sonra hava geçirmeyen kapalı sementasyon kutularında yaklaşık 900 °C' da tavllanır. Karbür verici maddeler olarak meşe kömürü , kok veya linyit kömürü, deri, kösele, tırnak ve boynuz talaşları kullanılabilir. Katı sementasyonda en fazla meşe kömürü kullanılır, çünkü meşe kömüründe çelik için zararlı olan kükürt ve fosfor yoktur. Bu karışımlar yüksek sıcaklıkta CO ve CO<sub>2</sub> den meydana gelen bir gaz karışımı meydana getirir. Karbon içeren bu maddelerin daha etkili karbon verebilmeleri için baryum karbonat (BaCO<sub>3</sub>) ile reaksiyona girmesi gerekir. Baryum karbonat koyu bir sıvı halinde iken yukarıda bahsedilen karbon verici maddeler içine atılıp sonra kurutulurlar. Bunun yanında alternatif olarak , baryum oksit kullanılabilir. En iyi sonuç veren karışım % 60 meşe kömürü ile % 40 baryum karbonattır. Baryum karbonat ( BaCO<sub>3</sub> ) yerine aynı etkiyi sağlayan sodyum karbonat da ( NaCO<sub>3</sub> ) kullanılabilir.

Sementasyonda karbon atomlarının çelik yüzeylerine girişi şöyledir. Reaksiyonu hızlandırıcı olarak sementasyon maddeleri olarak karıştırılmış olan BaCO<sub>3</sub> ve NaCO<sub>3</sub> katalizörlerin etkisiyle CO<sub>2</sub> ve CO oluşur. Reaksiyon süresince CO molekülleri çelik yüzeyine çarparak iki molekül CO den bir C atomunun çelik yüzeyine girmesiyle CO<sub>2</sub> molekülü oluşur.



Daha sonra karbon, ostenit yapı tarafından emilir; CO<sub>2</sub> ise kızgın karbon tarafından tekrar reaksiyona girerek



oluşturur ve sonuçta CO 2 moleküllü sementasyon maddelerinden C atomunu alarak CO moleküllerine dönüşür. Yüzey kısımlarındaki karbon miktarı başlangıçta hızlı artar ; daha

sonra yavaşlayarak sıcaklık ve CO ile CO<sub>2</sub> gazların oranına bağlı olan bir değere yaklaşır.

Sementasyon süresi 8 - 16 saat arasındadır. Bu süre içinde çelik yüzeyinde 1-3 mm kalınlığında karbonca zengin bir katman oluşur. Yüzeydeki katmanın kalınlığı karbon yüzdesi fırın sıcaklığına , fırında bekleme süresine ve sementasyon maddelerine bağlıdır.

Bu işlem sementasyonu meydana getiren iki kısımdan biri olan yüzeyde ince bir tabakanın karbon oranının yükseltilmesini açıklar. Diğer bir kısmı olan yüzeyden ince bir katmanın karbonca zenginleştirerek su verme işlemine hazır duruma getirilmesidir.

Yüzeydeki karbonca zengin tabaka aslında, yüzeyin karbon oranına göre "Perlit + Sementit" den oluşmuştur. İş parçasının iç kısmı herhangi bir değişikliğe uğramamıştır. Başlangıçtaki "Ferrit + Perlit" yapısını korumaktadır. Yüzeydeki karbonca zengin tabaka sertleştirme yöntemleri uygulanarak sertleştirilir.

Sementasyon çeliklerinde atomik difüzyonun meydana getirdiği yüksek sıcaklıklarda tane irileşmesini önlemek ve difüzyon olayını hızlandırmak için az oranda Ni , Cr ve Mo bulunmaktaysa uzun süre fırında kalan iş parçasının yapısı iri taneli yapıya dönüşür. İri taneli işparçaları kırılğan olurlar, bu nedenle çelik içyapısını inceltmek, daha tok ve daha dayanıklı duruma getirmek için sementasyon kasasından alınan parçalar hemen soğutma sıvısına daldırılmaz , yapının inceltilmesi için normalleştirme işlemi gerekir.

Katı veya gaz sementasyonunda karbon atomları yüzeye şu şekilde etki eder ,



Buradaki reaksiyonda elementel olarak açığa çıkan C atomları sementasyon kasasında ostenit sıcaklığında olan ve karbon eritebilecek durumdaki çelik yüzeylerine girerler.

Çelikte sementasyon işlemi uygulamak istemediğimiz bölgeleri cam suyu , asbest ile örtmek veya bakır sülfatla kaplamak yeterlidir.

#### **AVANTAJLARI :**

Bu yöntem sadece bölgesel olarak karbürlenecek büyük parçalar için daha ekonomiktir. Büyük işparçalarının karbürleyici toza bulanması ve ısıtılması için gerekli zaman esas karbürizasyon süresine göre daha kısadır. Büyük karbürizasyon derinlikleri ucuz ve kolay olarak elde edilir.

### **DEZAVANTAJLARI :**

Parçaların toz ile kaplanması ve temizlenmesi için harcanacak iş gücü fazladır. Karbürleme tozu kötü bir ısı iletici olduğundan sementasyon sıcaklığına varılana kadar daha uzun bir ısıtma süresi gerekmektedir. Sementasyon kutuları (Alaşımli) çeliklerden yapılmış olmalıdır. Aksi takdirde sürekli olarak değişen ısıtma ve soğutma işlemleri sonucunda üzerlerinde kav tabakası oluşur. Parçalara sementasyon sıcaklığında hemen su verilmez. İlk önce soğumaları ve sonradan tekrar ısıtılmaları gerekmektedir. Bu ise enerji kaybına neden olur .

### **3.2.2. GAZ SEMENTASYONU**

Prensip olarak toz ile yapılan katı sementasyona benzer. Genellikle civata , vida, pim gibi küçük parçalara uygulanır. Gaz karbürizasyonu yönteminde, karbürleyici gaz genellikle fırının dışında üretilir . Bileşimi devamlı kontrol edilir veya ayarlanabilir.

Genel olarak nötr taşıyıcı bir gaz üretilerek ısıtma ve soğutma sırasında fırına verilir. Bu gaz içersindeki zararlı maddeleri (  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  ) alınmış olan jeneratör gazından elde edilebilir. Karbürizasyon taşıyıcı gaza belirli oranda hidrokarbon ilave edilir.

Gaz sementasyonunda karbon verici olarak metan ( $CH_4$ ), etan ( $C_2H_6$ ), propan ( $C_3H_8$ ) gibi hidrokarbonlar kullanılır, fakat en uygun olanı propan gazıdır. Bu tür hidrokarbonlarla karbürleyici tesiri daha çabuk ve arzu edilen seviyede ayarlanır. Gaz sementasyonunun uzun zaman almasına karşın sertlik tabakası ince olur.

Gaz sementasyonunda fırına gönderilen karbon verici gaz sementasyon sıcaklığında karbon atomlarını çeliğe vererek etki eder ve kabuktaki karbon yüzdesinin yükselmesini sağlar. Ancak gaz moleküllerinin etkisi yavaş olduğundan sementasyon işlemi uzun zaman alır.

### **AVANTAJLARI**

Doğrudan doğruya ısı iletimi neticesinde, daha kısa işlem süresi ,parçanın büyüklüğü ve karbürleme derinliği nedeniyle uygulama alanı sınırlanmaz. Temiz ve zehirsiz bir yöntem olduğundan sürekli çalışmaya olanak sağlar.

### **DEZAVANTAJLARI**

Gazın üretilmesi ve ayarlanması için gereken tesisler pahalıdır.

## İZOLASYON

Çoğu zaman yüzeyin tamamen karbürlenmesi gerekmez, karbürlenmeyecek kısımlar balçıkla, asbest veya özel macunla kaplanır. Ancak ısıtma sırasında bu tabakada çatlaklar oluşabilir ve karbürleyici gaz tedbirlere rağmen bu kısımlara nüfuz edebilir. Tuz banyolarında yalnız galvanik usul ile kaplanmış bakır tabakalar kısa süreli dayanım gösterir. En emin metod parçanın hazırlanması sırasında yumuşak kalması istenen kısımların boyutlarının büyük tutulmasıdır. Karbürlenen tabaka sertleştirme işleminden önce temizlenip ve parça esas ölçülerine göre hazırlanır.

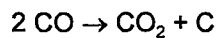
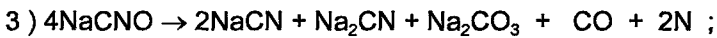
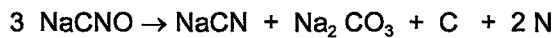
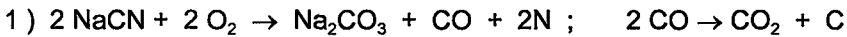
### 3.2.3. SIVI SEMENTASYONU

Çelik yüzeyine karbon verici sıvı maddeler sodyumsiyanür (NaCN) , kalsiyum siyanür (Ca (CN<sub>2</sub>)) bileşiklerinden ibarettir.

Parçalar bir ön tavlama uygulanarak önce nemi alınarak 100 °C nin üzerinde ısıtılır, eğer işparçası nemli olursa banyoda oluşacak buhar patlamaya yol açabilir. Daha sonra sudan arındırılmış bir tuz eriği içersine asılırlar burada sıcaklık 850 - 930 °C civarındadır.

Siyanür banyolarında işlem çok kısadır ve 15 ila 45 dakika arasında değişir . Sıvı sementasyon işlemi sırasında çelik yüzeyine karbon atomları ile birlikte azot atomları da nüfuz eder ve nitrür oluşturur. Bu da karbürizasyonu kolaylaştırır. Bu nedenle siyanür banyolarında diğer sementasyon işlemlerine göre daha sert bir tabaka elde edilir.

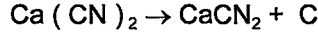
Siyanür banyolarında reaksiyon şöyledir.



Siyanür banyolarında 30 dakika içerisinde elde edilecek sertlik kalınlığı şöyledir .

°C	mm
700	0.0125
760	0.0625
815	0.1
870	0.125

Sıvı semantasyonda aktif banyolarda kullanılır .Aktif banyolar kalsiyum siyanür  $Ca ( CN )_2$  banyolarıdır. Banyoda sodyum siyanür yerine kalsiyum siyanür bulunur. Aktif banyolarda işlem reaksiyonu şöyledir.



Siyanür tuzları bir süre kullanıldıktan sonra bileşimleri değişeceğinden zaman zaman siyanür tuzu eklenerek bileşimini aynı tutmak gerekir daha sonra tuz tamamen değiştirilmelidir.

Bir banyoda sadece sodyum karbonat veya sadece potasyum karbonat tuzları bulunur . Bu iki tuz birarada banyoya konulmaz aksi takdirde patlamaya neden olur.

#### **AVANTAJLARI**

Tuz eriyikleri ısıyı süratli bir şekilde ve doğrudan doğruya parçaya verir, bu nedenle ısıtma süreleri kısadır. Karbürizasyondan sonra tuz banyoları içerisinde doğrudan doğruya sertleşme mümkün olup enerji tasarrufu sağlanır. Zorunlu hallerde uzun boyutlu parçalarda banyoya asılabilir.

#### **DEZAVANTAJLARI**

Tuz eriyikleri mide için tehlikeli zehirlerdir. Banyo boş halde iken bile ayrışmaya devam eder . Bu yüzden üzerleri grafitle örtülmesi gerekir. Banyonun karbonlayıcı etkisi sürekli olarak kontrol edilmelidir ve yeniden tuz ilave edilip sabit seviyede tutulmalıdır. Tuz eriyiği banyonun imal edildiği malzeme ile de reaksiyona girer, yaklaşık 100 iş saati sonunda banyo kablarında 1 mm kalınlığında malzeme kaybolur. Karbürizasyona karşı izole edici madde olarak sadece bakır tabakalar dayanıklıdır. Diğer maddeler tuz eriğinin kirlenmesine sebep olur.

Sementasyonla sertleştirme işleminde şu hatalarla karşılaşılma ihtimali vardır.

**1- YUMUŞAK LEKELER** : Temiz olmayan parçalarda düzensiz karbürizasyon sonucu veya grafit ayrışması nedeniyle yüzeyde yumuşak lekeler oluşur. Tekrar ısıtma sırasında karbonun kaybolması veya çok düşük sertleştirme sıcaklığında yumuşak lekelerin oluşmasına neden olur.

**2- AŞIRI KARBÜRLEME** : Yüzey, ikinci karbürler sürekli olarak ağ şeklinde meydana gelecek miktarda, yani çok fazla miktarda karbon emerse, aşırı karbürleme meydana gelir. Diffüzyon tavlama ile bu yapının giderilmesi mümkündür.

**3- KABUK ÇATLAKLARI** : Su vermeden sonra yüksek karbonlu tabakadan ,düşük karbonlu merkez kısma ani bir geçiş varsa,düşük bir uzama kabiliyeti olan sert kabuk merkezdeki malzemeden patlayarak ayrılır.



## 4. BÖLÜM

### 4.1. AŞINMA DENEYLERİ

Bir sürtünme sistemi dizaynında kullanılacak bir parçanın malzemesinin seçimi, sürtünme ve aşınma özellikleri bakımından çeşitli zorluklar arz eder . Aşınma mekanizmalarının çok az bilinmesi, karar vermede belli bir esasa dayanma imkanını azaltır. Malzemelerin işletme şartlarındaki aşınma durumlarının, şartlarda ufak değişmelerde bile çok farklı olabilmesi, zorlukları artırır. Bu nedenle yapılan malzeme seçiminin uygun olup olmadığını işletmede kontrol etmek ve gereken değişiklikleri yapmak gerekir. Bir tür " işletme deneyi " diyebileceğimiz bu yol genellikle uzun zamana ve fazla masrafa ihtiyaç gösterir. Şartları değiştirme ve elde edilen sonuçları genelleştirme imkanları sınırlıdır. Bundan dolayı tribolojik işlemleri incelemek için " model deneyi " yapılır. Bu deneylerdeki işletmedeki şartlar simule edilerek model tesislerde aynen sağlanmaya çalışılır. Genellikle amaca uygun olarak geliştirilmiş aşınma makinalarında, laboratuvar deneyi yapılır. Bu cihazlarda parametreler belli bir programa göre değiştirilebilir. Bu şekilde zaman ve masraftan büyük ölçüde tasarruf sağlanmış olur. Ancak laboratuvar da elde edilen sonuçları değerlendirirken çok özen göstermek gerekmektedir. Çünkü yukarıda da belirtildiği gibi şartların biraz değişmesi aşınma özelliklerine önemli etki yapmaktadır. Ayrıca pratikteki çalışma şartlarını tamamen kontrol altında tutmak ve ayarlamak her zaman mümkün olamamaktadır.

Laboratuvar da kullanılan aşınma makinaları veya deney tesisatları belirli şartlarda; mesela belirli yüzey basıncı, kayma hızı , sıcaklık altında aşınmanın oluşunu ,değişimini ve miktarını tayin etme imkanı verir .Ancak bu makinalar bizim tarafımızdan ön görülen şartlarda çalışan, ampirik esaslara göre yapılmıştır. Aşınmaya maruz makina parçalarının kullandıkları yer ve şartların farklı olması, bunlarla ilgili aşınma proseslerini incelemek için geliştirilen model deney cihazlarının da çok çeşitli olması sonucunu doğurmuştur. Bu nedenle yüzlerce aşınma deney standının geliştirilmiş olduğu bilinmektedir.

Elde edilen sonuçlar genel olmaktan çok aşınma durumu hakkında kalitatif bir sıralama yapmaya yarar. bu tip deney tesisatlarının bir çoğu standartlaştırılmıştır. Bu tesisatlar çok defa aşınmanın nasıl meydana geldiği değil, şartlara göre nasıl değiştiğini bulmaya yarar. Ancak parametrelere bir çözüm bulmak için başka imkan olmadığından laboratuvar deneyleri yapmak kaçınılmazdır.

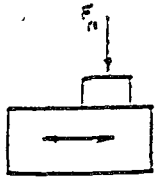


#### 4.2. MEVCUT DENEY TESİSATLARI VE GENEL PRENSİPLERİ

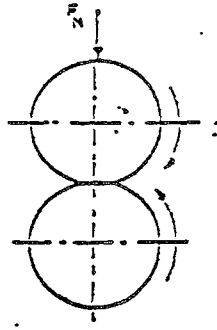
Sürtünme ve aşınmaya maruz makina ve parçalarının endüstride kullanıldığı yer ve şartlarının farklı oluşu, ilgili tribolojik prosesleri incelemek için geliştirilen model -deney düzeneklerinin de çok çeşitli olması sonucunu doğurmuştur. 1976 yılında yayınlanan bir raporda 200 çeşidin üzerinde deney tesisatının varlığı belirtilmiştir /42/. Fakat yine de, en çok kullanılan deney sistemlerini prensipleri itibarıyla ve şematik olarak, Şekil 4.1' de birarada görmek mümkündür.

Tribolojik problemlerin çözümünde , bir deney tesisatının seçimi , simule edilecek gerçek sistemin özellikleri göz önüne alınarak yapılır veya o doğrultuda geliştirilir. Gerçek sistem özelliklerine ne derece yaklaşırsa, laboratuarda bulunan deney sonuçlarının teknik sistemlere aktarılması problemi bir miktar çözümlenmiş olur. Bu yaklaşımlar için kriteriyumlar, Bölüm 2.2 de verilen, sisteme etki eden faktörler ve bunların sonucu olan etken aşınma mekanizmalarıdır. Kontakt geometrisi (nokta,çizgi veya yüksek temasları),hareket şekli ve sıcaklık gibi faktörler doğru bir simulasyon için gerçek sistemle aynı şekil ve büyüklükte olmalıdır. Hız, sürtünme süresi ve yükleme miktarı gibi faktörlerin belirli oranda küçültülerek deney standında uygulanması, sonuçların gerçek sistemlere aktarılmasında ek problemler doğurmadığı gibi ayrıca uygulama kolaylığı sağlamaktadır.

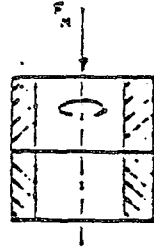
Şekil 4.1(e,m) de gösterilen çapraz silindir (nokta teması) veya aşınma kabı (katı tanecikler teması) gibi bazı özel problemlerin çözümleri için geliştirilen veya standart numuneler gerektiren sistem prensipleri yerine, bu çalışma çerçevesinde, genel özellikleriyle temel araştırmalara uygun düşecek, "kayma" ve "yüzey teması" esaslarına dayanan Şekil 4.1.d'de verilen pim-disk sistemi prensibi seçilmiştir.



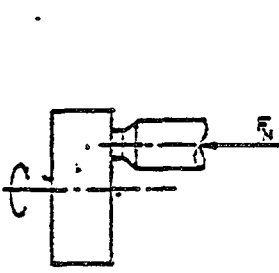
a) Kayma sistemi



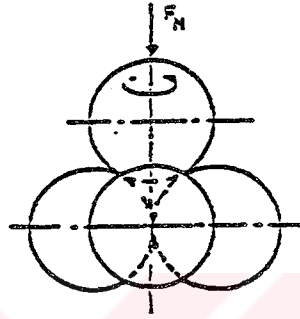
b) İki disk



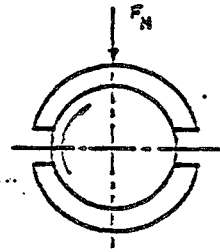
c) Siebel-Kehl



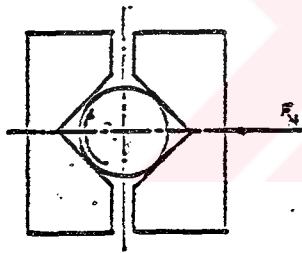
d) Pim / Disk



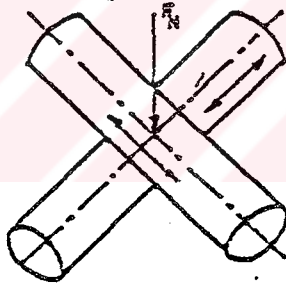
e) Dört Küre



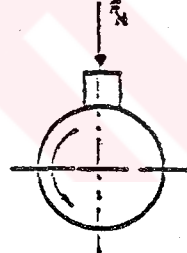
f) Almen-Wieland



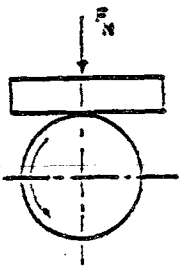
g) Faleks testi



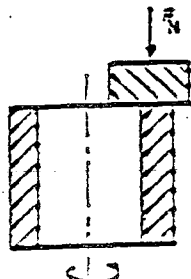
h) Çapraz silindir



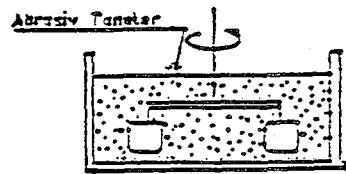
ı) Pim / Silindir



k) Plak / Silindir



l) Değiştirilmiş Siebel/Kehl



m) Aşınma kabı

Şekil 4.1: En çok kullanılan sürtünme - aşınma deney tesisatlarının şematik ve toplu olarak gösterilmesi / 1,10,45 /

### 4.3. AŞINMA DENEY CİHAZININ YAPISI

Abrasiv aşınma deney düzenekleri aşağıdaki servis durumlarına cevap vermelidir. Aksi halde sonuçlar yanıltıcı olabilir.

- Etkili olan abrasiv sertliği ve tanecik boyutu
- Abrasiv taneciği ve aşınma yüzeyi arasındaki birim basınçlar
- Aşınma yüzeyi ile ilişkili olan abrasiv taneciğinin hareket yönünü ve hızı /2/

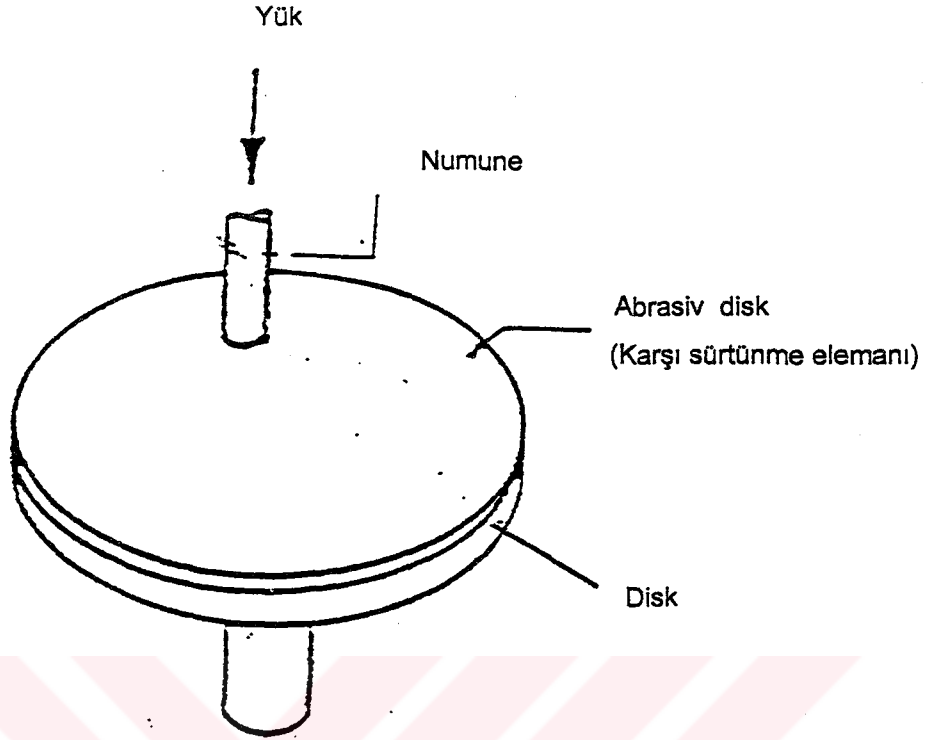
Güvenilir deney sonuçları elde etmedeki güçlük gözönünde bulundurulduğunda aşınma deneyleri oldukça özel olabilmekte ve servis için bir malzemeden istenen bir karakteri belirlemede oldukça yararlı olabilmektedir. Kantitatif terimlerle ifade edilen ve tekrarlanabilirlik ile elde edilen sonuçlar için bir aşınma deneyinin güvenilirliği sağlaması gerektirmektedir. Bir aşınma deneyinin standard hale getirilmesi her zaman pahalı bir işlem olup çok zaman gerektirmektedir ve yapılan deneyin standarttan sapmadığını garanti etmek için standard bir malzemenin kontrol amacıyla kullanılması önerilmektedir /2/.

#### 4.3.1. DENEY CİHAZI MODELİ

Aşınma deneylerinde kullanılan standartlaştırılmış deney cihazları olmakla birlikte, araştırmacılar kendi çalışmalarındaki aşınma şartlarına uygun deney cihazları geliştirerek, konu üzerindeki araştırmalarını sürdürmektedirler.

Deney cihazının yapısında, bir tribolojik sistemi meydana getiren 4 temel unsur da mevcuttur. Deneyler atmosfere açık yapıldığından, çevre olarak atmosfer şartları söz konusudur. Aşınma esnasında bir yağlayıcı madde kullanılmamış olup, meydana gelen aşınma tozları ara maddesini oluşturmaktadır.

İki cisimli abrasiv aşınmaya dirençli malzemeleri belirlemek için yaygın olarak kullanılan deney makinası Şekil 4.2' de görüleceği gibi pim - disk modelidir.



Şekil 4.2: İki cisimli abrazif aşınma için kullanılan pim-disk deney makinası /2/

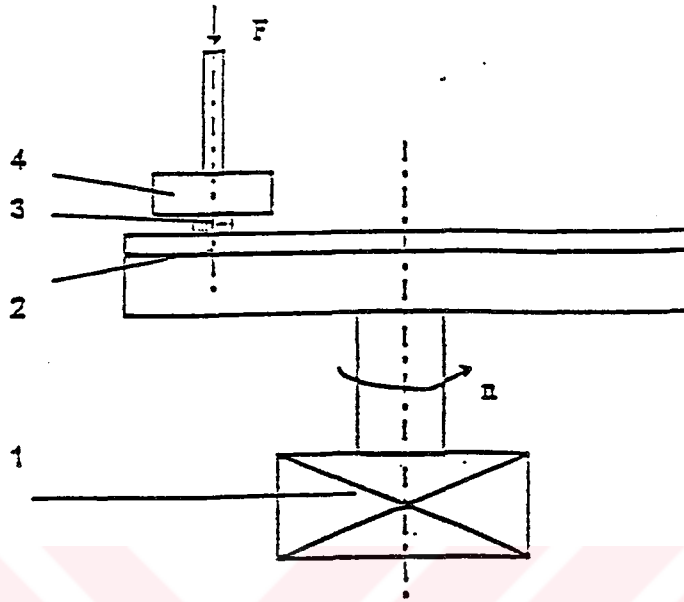
Abrasif döner diskin üst yüzeyine bağlantılı olup silindirik (pim) biçimindeki numunenin başı genellikle ölü ağırlık yüklemesi ile abrazif aşınmaya maruz tutulmaktadır. Silindirik numune, testin ilerleyişi sırasında sürekli olarak içeriye doğru hareket etmektedir. Bu tür deney mekanizması tahminen 1910 yılında Robin tarafından kullanılmış olup daha sonra Khruschov tarafından geliştirilmiştir /2/.

#### 4.3.2. DENEY CİHAZININ MEKANİK YAPISI

Deney cihazı, 3 fazlı, 1420 dev./dak., 1.5 kW. gücündeki bir elektrik motoruyla tahrik edilmektedir. Kayış-kasnak mekanizması ile dakikadaki devir sayısı 800 olarak elde edilmiştir.

Alt numune grubu ve üst numune grubu birbirinden tamamen bağımsız olup sadece sürtünme parçaları üzerinden temas vardır.

Çalışmalarımızda kullanılmak üzere imal edilen deney cihazı modelinin şematik görünüşü Şekil 4.3' de verilmiştir.



- 1) Tahrik mekanizması
- 2) Alt numune diski (Karşı sürtünme elemanı)
- 3) Üst numune elemanı (Temel sürtünme elemanı)
- 4) Üst numune tutucusu

Şekil 4.3: Deney Cihazı Modeli Şematik Görünüşü

#### 4.4. İZAFİ HAREKET

Sürtünme sisteminde izafi hareket kayma şeklindedir. Kayma hareketi, alt numune diskinin döndürülmesi sabit hızda sağlanmaktadır.

#### 4.5. AYARLANABİLİR DENEY PARAMETRELERİ

Aşınma olayını inceleyebilmek, deney parametrelerinin istenilen şartlara uygun olarak ayarlanabilmesi ve olayın tekrarlanabilir olmasıyla mümkündür. Bu özellikler imal edilen aşınma deney cihazında kullanılan numunelerde şu parametreler değiştirilmiştir.

Numunelerimizi üç ana gruba ayırdık ve sementasyon süresi değiştirilerek farklı kalınlıkta yüzey koruma tabakaları elde ettik.

## **4.6. AŞINDIRMA DENEYLERİNİN YAPILMASI**

### **4.6.1. DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI**

Sementasyon çelikleri, yüzeyde sert ve aşınmaya dayanıklı, çekirdekte ise daha yumuşak ve tok özelliklerin istendiği, değişken ve darbeli zorlamalara dayanıklı parçaların üretiminde kullanılan, düşük karbonlu, az alaşımlı Sementasyon çelik grubundan 16 MnCr 5 numaralı çelik malzemesi seçilmiştir. Deney numuneleri Şekil 4.9 'da verilen ölçülerde hazırlanmıştır.

### **4.6.2. DENEY NUMUNELERİNE ISIL İŞLEM UYGULANMASI**

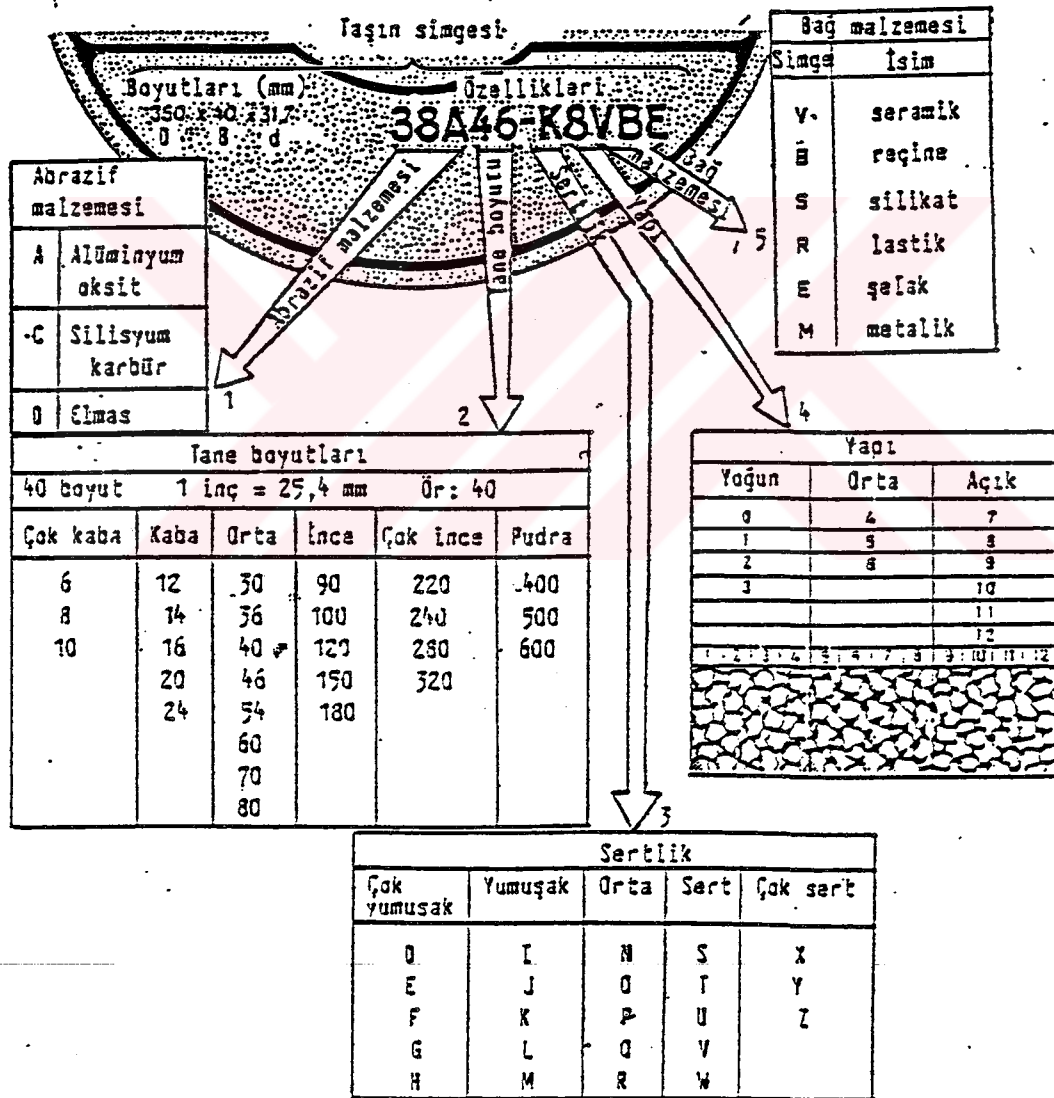
İlk önce deney numuneleri numaralandırıldı. Daha sonra numunelerin hepsi 3.5 saat süreyle 800 °C de normalizasyon işlemi uygulanarak homojenleştirildi.

Daha sonra gruplara ayırarak zaman parametresini değiştirerek Sementasyon işlemi uygulanmıştır. Sadece "1" ve "2" numaralı numuneleri Sementasyon işlemi uygulanmayıp normalize edilmiş halde bırakılmıştır.

#### 4.7. KARŞI SÜRTÜNME ELEMANI

Deneyisel çalışmalarda karşı sürtünme elemanı olarak taşıma taşı kullanılmıştır. Taşıma , bir diskte aşındırıcı taneciklerin birbirine bağlanmasıyla talaş olarak iş parçasının işlenmesidir. Kullanım alanı geniş ve yaygındır.

Birçok taşıma taşı Amerikan Ulusal Standard Enstitüsü tarafından standartlaştırılarak belli bir markalama sistemi ile tanımlanmıştır. Bu sistem aşağıdaki Şekil 4.4'de açıklanmıştır.



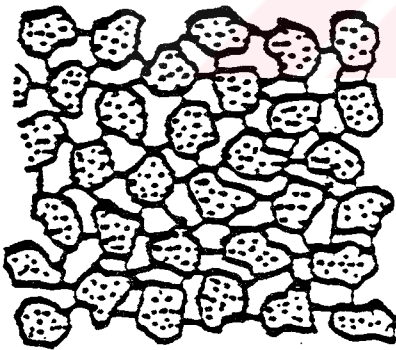
Şekil 4.4: Karşı sürtünme elemanının simgelenmesi /45/

#### 4.7.1. KARŞI SÜRTÜNME ELEMANININ YAPISI

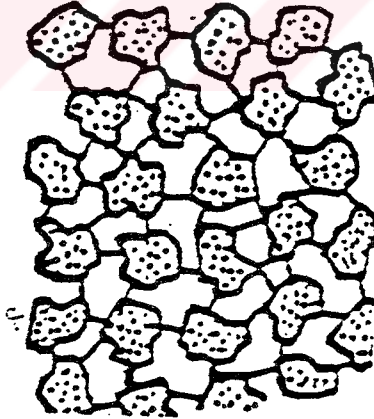
Kesici ve aşındırıcı tanecikler arasındaki boşluğa göre taşlama taşının yapısı Şekil 4.5'de görüldüğü gibi isimlendirilir.

- 1) Birbirine yakın , yoğun olarak bağlanmış aşındırıcı tanecikler.
- 2) Daha aralıklı tanelerle oluşan açık yapılı aşındırıcı tanecikler. Açık yapılı taşlama taşları daha büyük talaş alır fakat birim alanda daha az kesici uçları vardır.

Taşlama işlemi ile elde edilen talaş boyutları küçüktür , Talaşlar yeterli miktarda ısı enerjisiyle atmosferde yanar veya erir . İşlem sırasında soğutma sıvısı kullanılmıyorsa talaşların yandığı gözlenir. Kesici uçların taşlama işleminde ilerlemesi veya dalması küçüktür, fakat kesme hızı büyüktür. Tanecikler zamanla körleşerek kesim hızı artar . Taneler arasındaki bağların mukavemeti değişerek derecelendirilir. Bu derecelendirme tanelerin güçlülüğünü gösteren iki tane önemli faktöre bağlıdır; Malzeme bağlarının mukavemeti ve birbirine bağlı bağların miktarıdır. Pratikte taşların yapısı belirli bir sayı ile ifade edilir. Bu sayı, birim hacimde taneciklerinin,bağ malzemesinin ve boşluklarının tertiplenme oranını ifade eder. 1'den 14 (veya 15) 'e kadar olan bu sayılar esas yapının yoğun (Şekil 4.5a), orta (Şekil 4.5b) veya açık (Şekil 4.5c) de göstermektedir.



a) Yoğun



b) Orta



c) Açık

Şekil 4.5: Karşı sürtünme elemanının yapısı /44/

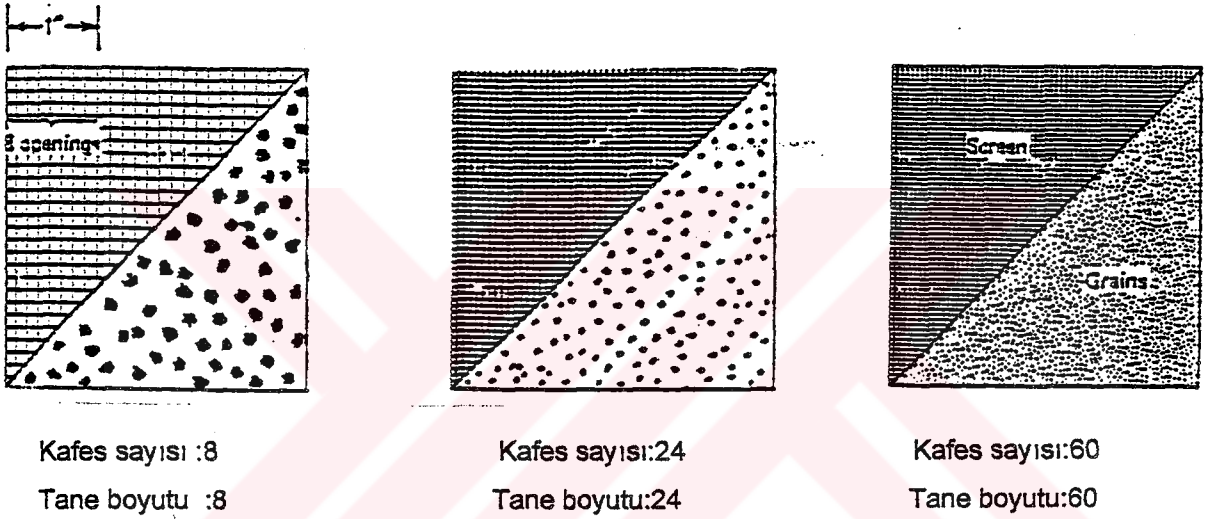


#### 4.7.2 AŞINDIRICI TANE BOYUTLARI

Taşlama işleminin kabiliyetini arttıran önemli bir özellik de tane boyutlarıdır. Aşındırıcı taneler mekanik elek tarafından boylarına göre ayrılır. Aşağıdaki Şekil 4.6' da görüldüğü gibi tane boyutları 1 inç'e tekabül eden kafes sayısına göre numaralandırılır.

Tane çapı kafes numarasından anlaşılabilir, yani 1inç'teki kafes sayısı ile ( K ) ilgilidir. Tane boyutunun ( g ) gerçek çapı ilgili kafes sayısı ile ilgili olup şu formülle bulunur.

$$g = 0,7 / K$$



Şekil 4.6: Abrasiv taneciklerini ayıran tipik kafes sistemi /40/

Tane boyutu 24 olan bir aşındırıcının 1inç 'deki kafes sayısında 24 dür, fakat 1 inç'de 30 kafes olan tane boyutuda 24'lük tane boyutunu geçemeyecektir. Bu numaralandırmalar milimetre ve mikrometre terimlerinde sınıflandırılmaktadır. Ticari uygulamada genellikle;

4-24 tane boyutunu kapsayan aşındırıcı kaba ve kalın kalitede

30-60 " " " " orta "

70-600 " " " " iyi "

olduğunu gösterir.

Silikon karbid 2 ila 240 tane boyutu arasında, Aluminyumoksit 4 ila 240 tane boyutu arasında ve 240 ila 600 tane boyutları ince toz talaşı olan aşındırıcı olarak dizayn edilir. Bunlar çoğunlukla yüzey parlatmada kullanılır.

Tane boyutu hakkında şunlar söylenebilir. Bir kerede tane yüzeyinin %2 veya %5 gibi küçük bir yüzdelikle işlem yapılır. Bu yüzdelik tane boyutunun çok küçük olmasına göre her bir tanenin kesme ve talaş alma derinliğidir. Böylece talaş küçük olur. Tane çapı küçüldüğünde her birim alanda aktif tane sayısı çoğalır. Kesim ve talaş alma işlemi daha iyi olur , çünkü tane boyutu yüzey pürüzlülüğünü konu eden önemli bir faktördür.

#### 4.8. DENEY MALZEMESİ

##### 4.8.1. SEMENTASYON ÇELİKLERİ /41/

Sementasyon çelikleri, yüzeyde sert ve aşınmaya dayanıklı, çekirdekte ise daha yumuşak ve tok özelliklerin istendiği, değişken ve darbeli zorlamalara dayanıklı parçaların üretiminde kullanılan, düşük karbonlu, alaşımsız veya alaşımlı çeliklerdir.

İş parçasına bu özelliklerin kazandırılması, çelik yüzeyine karbon emdirilmesi ile olur. Sementasyon çelikleri; dişliler, miller, piston pimleri, zincir baklavaları, zincir dişlileri ve makaraları, diskler, kılavuz yatakları, rulman yataklar, merdaneler, bir kısım ölçü ve kontrol aletleri, orta zorlanmalı veya zorlanmalı parçalar, soğuk şişirilerek veya ekstürüzyonla şekillendirilen parçalar , kesici takımlar gibi parçaların imalinde kullanılırlar.

Sementasyon çeliklerinin kullanımı, yüzeyde aynı sertlik değerini verecek yüksek karbonlu çeliklerin kullanımına kıyasla şu avantajları vardır.

- Sementasyon işlemi parça veya tamamen son şeklini aldıktan sonra uygulandığı için , parçanın işlenmesi oldukça kolaydır.
- Parçanın yüzeyinde sonradan işlenecek , sertleşmesi istenmeyen kısımlar varsa bu bölgeler özel pasta veya elektrolitik bakır ile kaplanarak örtülür. Sementasyon işlemi bu kısımlara tesir edemeyeceğinden sonradan kolayca işlenir.
- Sementasyon işlemi sonrasında, çekirdek bölgesi yumuşaklığını koruyacağından, sertleştirme sırasında ortaya çıkabilecek çarpılmalar oldukça azdır.
- Semente edilmiş çeliklerin iç kısımları kolayca işlenebilir.
- Sementasyon çelikleri yüzeyde aynı sertliği verebilecek, çoğu zaman takım çeliği durumundaki yüksek karbonlu çeliklerden daha ucuzdur.

Ancak, uygun sementasyon çeliğinin seçimi ve doğru sementasyon işlemi çok dikkat ve tecrübeyi gerektirir. Sementasyon işleminin iyi sonuç vermesi (istenilen sementasyon derinliğine ve sertliğine ulaşılması ) kullanılan çeliğin içyapı temizliği ile yakından ilgilidir. İçyapının temizliği ,sıvı çeliğin bünyesinde erimiş halde bulunan gazlardan (Hidrojen, Oksijen ve Azot ) arındırılması ve oksit , sülfür enklüzyonlarından temizlenme işlemidir.

#### **4.8.2. 16 MnCr 5' İN GENEL KARAKTERİSTİK ÖZELLİĞİ /41/**

##### **4.8.2.1. ÇELİK TİPİ**

Sementasyon çeliklerinin asal çelik sınıfına giren mangan, krom alaşımlı çeliğidir.

##### **4.8.2.2. SEMENTASYON İŞLEMİ ÖZELLİKLERİ**

Yüzeyde sert ve aşınmaya dayanıklı, çekirdekte ise daha yumuşak ve tok özelliklerinin istendiği değişken ve darbeli zorlamalara dayanıklı olması istenen makina elemanlarının üretiminde kullanılır.

##### **4.8.2.3. 16 MnCr 5'İN ÇEŞİTLİ STANDARDLARDAKİ KARŞILIĞI**

ALMAN STANDARDI DIN :

Kısa işareti : 16 MnCr 5

Malzeme No: 1.7131

AMERKAN STANDARDI SAE / AISI : 5115

İNGİLİZ STANDARDI Bs / En :527a19 / En207

FRANSIZ STANDARDI AFNOR :16 MC 5

##### **4.8.2.4. 16 MnCr 5 'İN KİMYASAL KOMPOZİSYONU**

Karbon (C) : 0.14 / 0.19

Silisyum (Si) : 0.15 / 0.40

Mangan (Mn) : 1.00 / 1.30

Fosfor (P) : - / 0.04

Kükürt (S) : - / 0.04

Krom (Cr) : 0.80 / 1.10

Molibden (Mo) : - / -

Nikel (Ni) : - / -

#### 4.8.2.5. MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Kısa işareti : 16 MnCr 5

Malzeme No: 1.7131

SERTLİK (ISIL İŞLEM UYGULANDIĞINDA )

- Yumuşatma tavi sonucu (HB maks.) :207
- Belli bir çekme dayanımı sağlayan ısıtma işlem sonucu (HB 30) : 156 / 207
- Ferrit - Perlit yapısı sağlayan ısıtma işlem sonucu (HB 30) : 140 / 187

DEĞİŞİK ÇAPLAR İÇİN SEMENTASYON SONRASI ÇEKİRDEK SERTLEŞMESİ

Ø 11 mm. için

Akma sınırı (0.2 sınır ) (kgf / mm<sup>2</sup> MIN.) : 65

Çekme dayanımı (kgf / mm<sup>2</sup> MIN.) : 90 / 120

Uzama L<sub>0</sub> - 5d<sub>0</sub> ( % MIN ) : 9

Kesit daralması ( % MIN ) : 35

Ø 35 mm. için

Akma sınırı (0.2 sınır ) (kgf / mm<sup>2</sup> MIN.) : 60

Çekme dayanımı (kgf / mm<sup>2</sup> MIN.) : 80 / 120

Uzama L<sub>0</sub> - 5d<sub>0</sub> ( % MIN ) : 10

Kesit daralması ( % MIN ) : 40

Ø 63 mm. için

Akma sınırı (0.2 sınır ) (kgf / mm<sup>2</sup> MIN.) : 45

Çekme dayanımı (kgf / mm<sup>2</sup> MIN.) : 65 / 95

Uzama L<sub>0</sub> - 5d<sub>0</sub> ( % MIN ) : 11

Kesit daralması ( % MIN ) : 40

#### 4.8.2.6. ISIL İŞLEMLER

Kısa işareti : 16 MnCr 5

Malzeme No: 1.7131

- Sıcak şekillendirme sıcaklığı (°C) :850 - 1150
- Normalleştirme tavi sıcaklığı (°C) :890 - 920, havada soğutulur.
- Yumuşatma tav sıcaklığı (°C) : 650 - 700, fırında soğutulur.
- Belli bir çekme dayanımı sağlayan ısıtma işlem sıcaklığı (°C) : 850 - 950 amaca göre soğutulur, gerektiğinde 500- 650 °C' de menevişlenir.
- Ferrit - Perlit yapısı sağlayan ısıtma işlem sıcaklığı (°C) : 900 - 1000 amaca göre soğutulur,

**SEMENTASYON İŞLEMİ;**

- Sıcaklık (°C) : 900-950
- Sementasyon sonrası sertleştirme yöntemleri : Basit sertlik (Direkt sertlik),(Çift sertlik)
- Soğutma ortamı : Yağ, (Su), Sıcak banyo, Tuz banyosu, Sementasyon kutusu, Hava

**ÇEKİRDEK SERTLEŞMESİ;**

- Sıcaklık (°C) : 850 -800
- Soğutma ortamı :Su, Yağ, Sıcak banyo

**YÜZEY SERTLEŞMESİ**

- Sıcaklık (°C) : 810 -840
- Soğutma ortamı :(Su), Yağ, Sıcak banyo

**MENEVİŞLEME SICAKLIĞI (°C) : 170 - 210**

**4.8.2.7. SERTLİK**

Isıl işlem uygulandığında yumuşatma tavlama sonucu : 207 HB 30

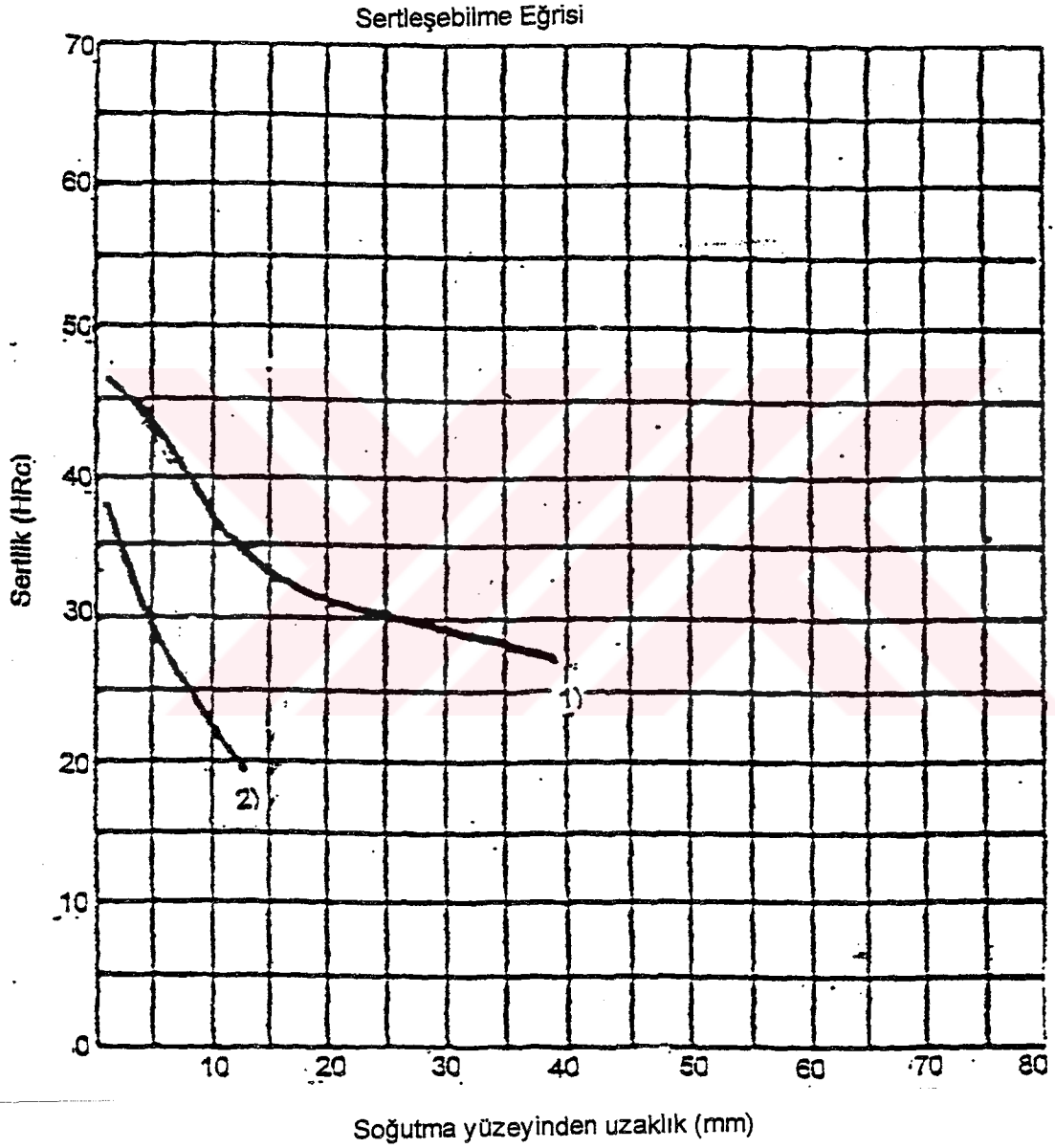
Belirli bir çekme dayanımı sağlayan ısıl işlem sonucu : 156-207 HB 30

Ferrit-Perlit yapısı sağlayan ısıl işlem sonucu :140-187 HB 30

**4.9. SERTLEŞEBİLME ÖZELLİĞİ**

Deneyde kullanılan 16 MnCr 5 çeliğinin, 16 MnCrS 5 çeliğine göre sertleşebilme özelliğini Şekil 4.7'de gösterilmektedir.

- 1) 16 MnCr 5
- 2) 16 MnCrS 5




Şekil 4.7: 16MnCr5 ve 16MnCrS5'in Sertleşme Eğrisi /41/

#### 4.10. AŞINDIRMA İŞLEMİNİN YAPILMASI

Değişik zaman altında, ısı işlem uygulanan numunelerde farklı kalınlıklarda sertlik tabakası elde edildi. Daha sonra bu numuneler 45 er dakikalık periyotla aşındırma işlemine tabi tutuldu. Aşınma miktarları Bölüm 4.9'da belirtilen yöntemle ölçülerek tablo halinde Sementasyon şartlarına göre ayırarak aşınma miktarlarını Tablo 4.1 ve aşınma grafiklerini Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

Aşındırma diski olarak 200 mm çapında ve NK 46-60 orta tane irilikte disk kullanılmıştır. Aşındırma diskinin genel özellikleri Şekil 4.8 de gösterilmiştir.

#### DÜZ TAŞLAMA TAŞLARI



Kullanım Alanları:	DIŞ ÇAP	ÖZELLİKLERİ: Tane irilikleri:		
		KABA	ORTA	İNCE
EK Sert Çelikler, Takım Çelikleri, Takım Taslama V.B.	75-125 mm	EK-	EK 34-60	EK20-100
	150-200 mm	EK24-36	EK48-60	EK30
	250-300 mm	EK18-24	EK36-48	EK48-60
	350-400 mm	EK18-24	EK36-48	EK48-60
NK Demir Taslama Üniversal kullanım ve Taslama	75-125 mm	NK36-48	NK34-60	NK30
	150-200 mm	NK24-36	NK48-60	NK30
	250-300 mm	NK18-24	NK36-48	NK48-60
	350-400 mm	NK18-24	NK36-48	NK48-60
SCG Elmas Silme Taşları	75-125 mm		SCG48-60	SCG60-30
	150-200 mm	SCG36-48	SCG48-60	SCG60-100
	250-300 mm	SCG36-48	SCG60	SCG60-100
	350-400 mm	SCG36-48	SCG60	SCG60-100

Şekil 4.8: Aşındırma diskinin özellikleri /40/

#### 4.11. AŞINMA MİKTARININ ÖLÇÜLMESİ

Aşınma miktarını ölçmek için geliştirilen çeşitli yöntemler vardır. Yöntem seçimi, sürtünme çiftlerinin malzeme özelliklerine ve tribolojik sistemin yapısına bağlı olarak yapılmalıdır. Beklenenleri yerine getirecek yöntemlerin birleştirilmesi veya geliştirilmesi de sağlıklı bir ölçüm için gerekli olmaktadır.

Yüksek hassasiyet, kolay ve seri uygulama teknik sistemlerde ve modellerinde paralel uygulanabilmesi, ekonomik olması ölçme yönteminden beklenen özelliklerdir.

Aşınma ölçme yöntemlerini esaslarına göre şu şekilde belirtmek mümkündür:

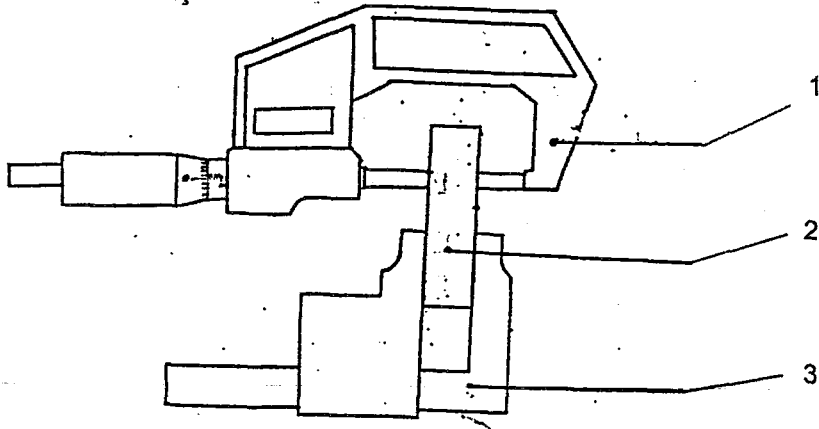
**Ağırlık farkı ölçümü:** Bu yöntemde hassas terazi kullanılır. Deney başındaki ve sonundaki ağırlık farkı ölçülerek aşınma sonucu malzeme kaybı belirlenir.

**Kalınlık ölçme yöntemi:** Başlangıç değerleri belirli olan sürtünme elemanında, deney sonunda meydana gelen boyut değişikliğinin ölçülmesi esasına dayanır.

**İz değişiminin ölçülmesi:** Sürtünme yüzeyine plastik deformasyonla oluşturulan geometrisi belirli bir iz vasıtasıyla aşınma miktarı ölçülebilir. Deney esnasında bu izin belirgin bir boyutunun (çap, köşegen, v.b.) değişimi ölçülür.

**Radyoizotoplarla aşınma ölçümü:** Aşınma ölçümlerinde kullanılan diğer yöntemlere göre yeni ve çok yüksek hassasiyeti olan bu yöntem, sürtünme yüzeyinin radyoaktif hale getirilmesi esasına dayanır. Aşınma sonucu radyoizotoplarının yüzey bölgesinden ayrılmasıyla ortaya çıkacak aktivite değişimi ölçülür. Bu yöntem, pahalı oluşu nedeniyle ancak özel problemlerin çözümünde kullanılır. /1/

Deneylerimizde aşınma miktarı, 0,001 mm hassasiyeli mikrometre ile kalınlık farkının ölçülmesi (Şekil 4.9) yöntemi kullanılmıştır.



- 1) Mikrometre
- 2) Sürtünme Elemanı
- 3) Mengene

Şekil 4.9: Aşınma miktarının ölçülmesi /45/



Şekil 4.10: Numunelerin gruplara göre yüzey pürüzlülük değerleri ve 1350 dak. sonundaki aşınma miktarları

(Yüzey pürüzlülüğü 8 mikron mesafe arasında hareket kabiliyeti olan Profilmetre ile yapılmıştır)

GRUP	NUMUNE NO	AŞINMA MİKTARI	YÜZEY PURUZZLULUGU
A	22	0,105	0,05
	21	0,107	0,05
	27	0,111	0,05
	28	0,114	0,05
	10	0,121	0,1
	9	0,123	0,07
	3	0,124	0,12
	4	0,129	0,08
	16	0,143	0,05
	15	0,149	0,05
	B	7	0,099
8		0,105	0,16
20		0,124	0,08
19		0,126	0,07
25		0,129	0,05
26		0,13	0,05
13		0,135	0,12
14		0,131	0,11
31		0,135	0,05
32		0,137	0,05
C	23	0,16	0,05
	24	0,178	0,1
	12	0,182	0,09
	11	0,198	0,05
	18	0,214	0,05
	17	0,22	0,05
	6	0,226	0,08
	5	0,231	0,13
	29	0,245	0,05
	30	0,253	0,05
D	1	5,31	0,11
	2	5,48	0,12

## NORMALİZASYON İŞLEMİ

Isıl işlem süresi : 3.5 Saat

Isıl işlem sıcaklığı: 880°C

## SEMENTASYON İŞLEMİ

( Deneylerimizde sementasyon işlemi 900°C'de Gaz Sementasyonu Tekniği kullanılarak yapılmıştır. Sementasyon işleminde kullanılan gaz hidrokarbon grubundan propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) dir.)

### GRUP A

Isıl işlem parti no : S-221

Isıl işlem süresi : 6 Saat

Sertlik : 60 / 61 HRC

Derinlik : 1.29 mm

### GRUP B

Isıl işlem parti no : S-248

Isıl işlem süresi : 3.5 Saat

Sertlik : 59 / 60 HRC

Derinlik : 1.04 mm

### GRUP C

Isıl işlem parti no : S-076

Isıl işlem süresi : 1.5 Saat

Sertlik : 60 HRC

Derinlik : 0.68 mm

## NORMALİZASYON İŞLEMİ

Isıl işlem süresi : 3.5 Saat

Isıl işlem sıcaklığı: 880°C



Şekil 4.11: Bütün numunelerin normalizasyon işlem formu

PARÇA ADI PART NAME		PARTİ NO PART NO	
		N. 006.	
PARÇA NO PART NO		MALZEME NO MATERIAL NO	
		7131	
PARÇA AĞIRLIĞI WEIGHT OF PART		MALZEME KAYNAĞI MATERIAL SOURCE	
		A. ÇELİK	
PARÇA SAYISI QUANTITY		FIRIN FURNACE	
		GÜLER	
İSTENEN SERTLİK HARDNESS			
49 ± 26 HRC			

NORMALİZASYON

AF - Ön ısıtma 600°C	Yükleme 650°C'ye ısıtma
FG - Ostanitlenme	GH - Yağda soğuma
JK - Maneviz	cooling in oil
decrease to 550 °C	

Sıra No	ETAP LİNE	BAŞLAMA START		RSJ. GELİŞ SÜRESİ PROCESS TIME	ARALIK DİK INTERVAL(MIN)	AÇIKLAMA DESCRIPTION
		S	T			
	A-C					
	D-E					
	E-F					
	F-G	030	02 <sup>00</sup>	02 <sup>30</sup>	30 dak.	(Kazalı yerde. Kendiliğinden Soğuma)
	G-H					
	J-K					

PROGRAMI PREPARED BY:	HAZIRLAYAN :	Hüseyin BAYI	TARİH: 08.01.1996
PROGRAMI APPLIED BY:	UYGULAYAN :	Cengiz KAYA	ONAY: APPROVED:
NOT: Ü.İ.İ. ön ısıtma		İSL: Isılan	TH: Temper

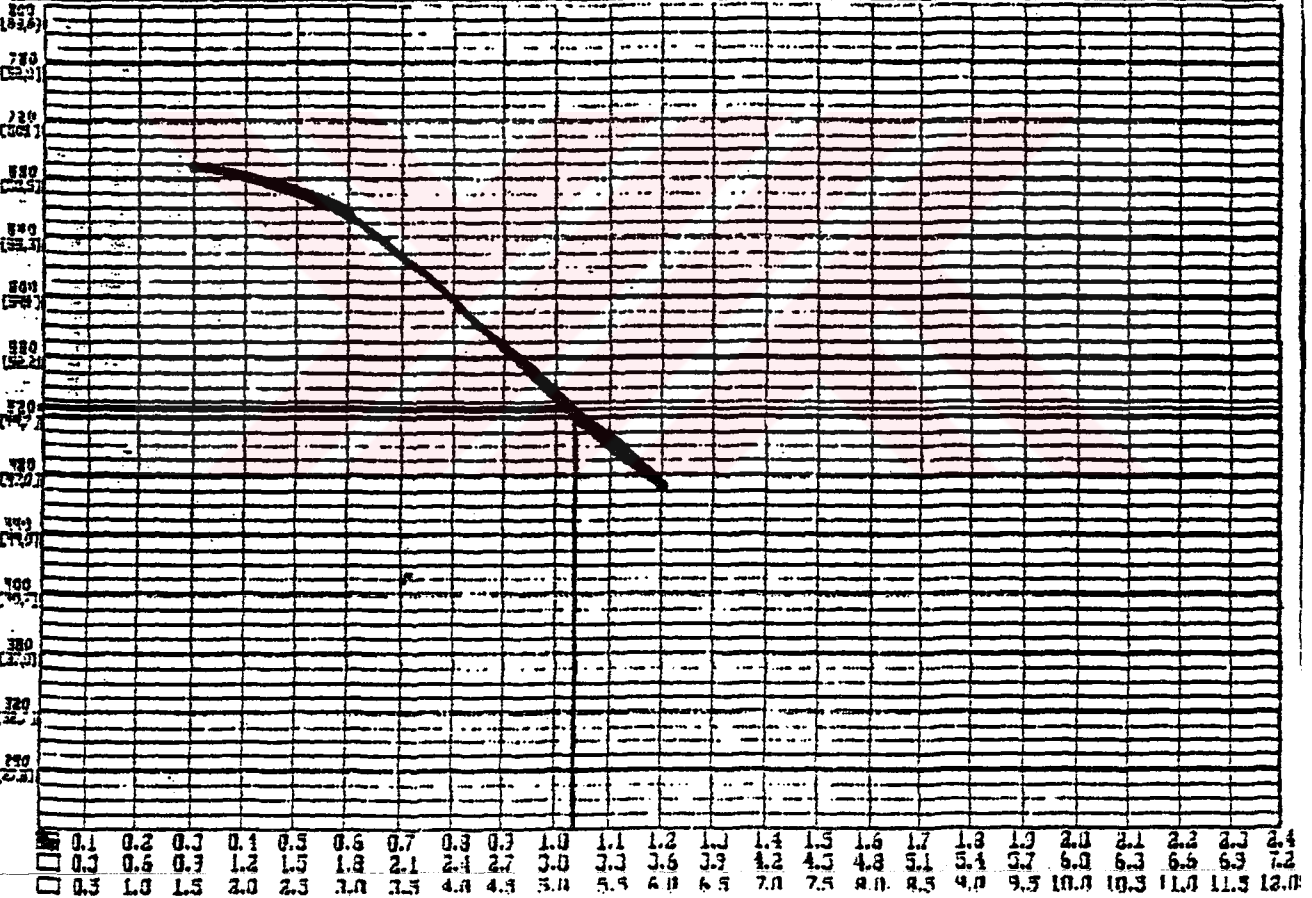
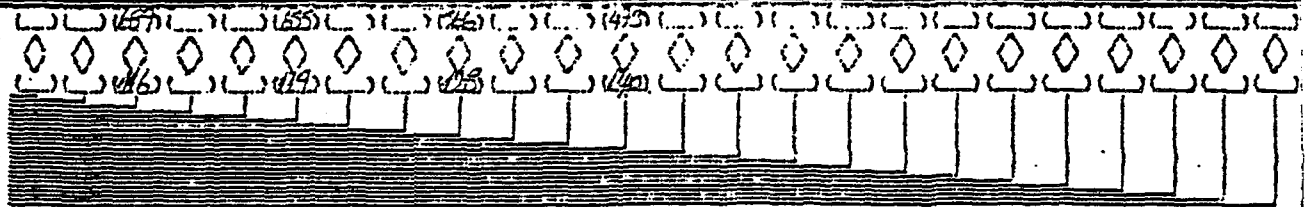
Şekil 4.12 : Bütün numunelerin normalizasyon işlem sonunda etkili sertleştirme derinliği mikro - sertlik taraması



ETKİLİ SERTLEŞTİRME DERİNLİĞİ  
MİKRO-SERTLİK TARAMASI  
EFFECTIVE DEPTH OF HARDENING  
MICRO HARDNESS SCANNING

KALİTE BÖLÜMÜ  
QUALITY DEPARTMENT  
TARİH  
DATE 21.5.96  
NO 8217

PARÇA NO PART NO	AMACI PURPOSE	ENDÜKSİYON IND. HARDENING
PARÇA ADI PART NAME	SERMİYASYON CASE HARDENING	MENEVİS SICAKLIĞI ANNEALING TEMP. (°C)
SERMİYASYON SICAKLIĞI CASE HARDENING TEMP. (°C)	DİFÜZYON SICAKLIĞI DIFFUSION TEMP. (°C)	MENEVİS SÜRESİ ANNEALING TIME (h)
SERMİYASYON SÜRESİ CASE HARDENING TIME (h)	DİFÜZYON SÜRESİ DIFFUSION TIME (h)	



SERTLİK DEĞERLERİ  
HARDNESS

SERTLİK DERİNLİĞİ  
CASE DEPTH (mm)

SARITIMAR / SPEC

SAPTANAN / INSPECTED

YÜZEY SERTLİĞİ  
SURFACE HARDNESS

59-62

59-60

SERTLİK DERİNLİĞİ  
CASE DEPTH (mm)

0.90-1.90

1.04

KONTROL SONUÇU  
INSPECTION RESULT

OK

KONTROL EDEN  
INSPECTOR

KALİTE KONTROL ŞEFİ  
QUALITY CONTROL CHIEF

KALİTE DİREKTÖRÜ  
QUALITY DIRECTOR

ÖZETLENİP/REVIEWED BY:

KONTROL KURULUŞU:

ONAY APPROVED BY:

**SEMENTASYON İŞLEMİ****GRUP A**

Isıl işlem parti no : S-221

Isıl işlem süresi : 6 Saat

Sertlik : 60 / 61 HRC

Derinlik : 1.29 mm

Şekil 4.13: A grubu numunelerinin sementasyon işlem formu

PARÇA ADI PART NAME		PARTI NO BATCH NO	
		S-221	
PARÇA NO. PART NO		MALZEME NO MATERIAL NO	
		F131	
PARÇA AĞIRLIĞI WEIGHT OF PART		MALZEME KAYNAĞI MATERIAL SOURCE	
1610 gr. 1 Adet		AŞIL GELİK	
PARÇA SAYISI QUANTITY		FIRIN FURNACE	
120 Adet		GÜLER	
İSTENEN YÜZEY SERTLİĞİ SURFACE HARDNESS		İSTENEN SERTLİK DERİNLİĞİ HARDNESS DEPTH	
59 ÷ 62 HRC		1.05 ÷ 1.39 mm	

(SEMENTASYON)

Aparat, 1kg F131 55HRC isteniyor.

AF - Ön ısıtma 600°C'ye çıkarma 930°C'ye ısıtma  
 FG - Karbürize CARBURIZATION  
 GI - 850°C'ye düşme ve difüzyon DECREASE TO 850 °C  
 IJ - Yağda soğuma COOLING IN OIL  
 LM - Menavis

K	ETAP LAB	BASLANMA START		REV. GELİŞ SAATI PROCESS TIME	ARALIK DK INTERVAL(MIN)	ENDÜGAZ ENDGAS	PROFAN PROFAN			ACIKI AMA DESCRIPTION
		°C	SART TIME				1	2	3	
B	D-C	600	11:30	21:00		0,2 m <sup>3</sup>				
	E-F	930	21:10	23:10		"				
	F-G	850	23:19	05:10	6h	"				
D	G-H	850	05:10	05:20	10'	"				
	F-H	850	05:20	05:30	10'	"				
Z	I-J	170	05:20	04:00						
H	L-M	170	07:19	09:40	2,5h					

PROGRAMI PREPARED BY:	HAZIRLAYAN : N. İYİTURK	TARİH: DATE:	21-04-96
PROGRAMI APPLIED BY:	UYGULAYAN : C. KAYA	ONAY : APPROVED:	

NOT : KR: Karbürize, DZ: Difüzyonize TM :Temper

Şekil 4.14: A grubu numunelerinin koruyucu atmosferli fırınlar için çığ noktası kayıt formu

TARİH		ÖLÇME SAATİ	FIRIN SICAKLIĞI	ÇİĞ NOKTASI		GİRİŞ VERİLERİ		ACIKLAMA	VARDİYA NO	OPERATOR İMZA
				FIRIN	ENDOGAZ	PROPAN	END.			
21.02	11-	230	—	—	406	60m	Panpa Fırında	20102	11.02.05	
	21.05	250	—	—	"	"	kurun dikme fırını	"	"	
	22.00	252	—	—	"	"	ki. Yıkılıyor	"	"	
	22.03	275	—	—	"	"	"	"	"	
	22.00	297	-2.5	—	"	"	"	"	"	
	22.05	312	-4	—	"	"	"	"	"	
	22.00	322	-5	—	"	"	"	"	"	
	22.00	321	-2.5	—	7/1	"	FIRIN 1-10/12	"	"	
	22.09	328	-8	—	"	"	"	"	"	
	22.05	327	-7	—	"	"	"	"	"	
	22.05	329	-10	—	"	"	"	"	"	
	22.05	330	-11.5	—	"	"	"	"	"	
	22.00	332	-11.5	—	"	"	"	"	"	
	22.05	322	-11.5	—	"	"	"	"	"	
	22.05	321	-11.5	—	"	"	"	"	"	
	22.05	330	-11.5	—	"	"	"	"	"	
	22.05	328	-11.5	—	"	"	"	"	"	
	22.05	330	-12	—	432	"	"	"	"	
	22.00	332	-11.5	—	1/1	"	"	"	"	
	22.05	322	-11.5	—	"	"	"	"	"	
	22.00	327	-12	—	"	"	"	"	"	
	22.05	328	-12	—	"	"	"	"	"	
	22.00	332	-12	—	"	"	"	"	"	
	22.05	330	-12	—	"	"	"	"	"	
	22.00	327	-12	—	"	"	"	"	"	
	22.05	321	-11.5	—	"	"	"	"	"	
	22.00	328	-12.5	—	432	"	"	"	"	
	22.05	332	-11.5	—	"	"	"	"	"	
	22.30	330	-11	—	7/1	"	"	"	"	
	22.05	327	-11	—	"	"	"	"	"	
	22.00	321	-11.5	—	"	"	"	"	"	
	22.10	330	-11	—	"	"	ki. Yıkılıyor	"	"	
	22.20	373	-11	—	"	"	kurun dikme fırını	"	"	
	22.30	382	-11	—	"	"	22.02.22.07	"	"	





Tablo 4.1: 3 ve 4 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

NUMUNE NO 3 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1,30mm SERTLİK:60/61 HRC				NUMUNE NO 4 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1,30mm SERTLİK:60/61 HRC							
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)	SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)		
	1	2	3					1	2	3					
1	6.370	6.348	6.335	6.351	0.000	0.000	1	6.240	6.217	6.18	6.212	0.000	0.000		
2	6.366	6.335	6.327	6.343	0.009	0.009	2	6.238	6.215	6.178	6.210	0.002	0.002		
3	6.361	6.326	6.323	6.337	0.006	0.015	3	6.228	6.212	6.173	6.204	0.006	0.008		
4	6.357	6.320	6.319	6.332	0.005	0.019	4	6.223	6.205	6.169	6.200	0.004	0.012		
5	6.348	6.316	6.312	6.325	0.007	0.028	5	6.123	6.205	6.167	6.165	0.035	0.047		
6	6.338	6.311	6.308	6.318	0.007	0.033	6	6.120	6.200	6.166	6.162	0.003	0.050		
7	6.330	6.308	6.306	6.315	0.004	0.037	7	6.117	6.198	6.163	6.159	0.003	0.053		
8	6.324	6.306	6.300	6.310	0.005	0.041	8	6.116	6.186	6.162	6.158	0.001	0.054		
9	6.318	6.302	6.297	6.306	0.004	0.046	9	6.115	6.184	6.160	6.158	0.002	0.056		
10	6.313	6.300	6.295	6.303	0.003	0.049	10	6.113	6.182	6.158	6.154	0.002	0.058		
11	6.307	6.292	6.291	6.297	0.003	0.055	11	6.110	6.189	6.154	6.151	0.003	0.061		
12	6.300	6.280	6.288	6.293	0.004	0.059	12	6.108	6.186	6.150	6.148	0.003	0.064		
13	6.298	6.287	6.285	6.290	0.003	0.061	13	6.105	6.183	6.149	6.146	0.002	0.067		
14	6.293	6.283	6.283	6.285	0.005	0.066	14	6.104	6.180	6.146	6.143	0.002	0.069		
15	6.290	6.278	6.276	6.281	0.004	0.070	15	6.102	6.178	6.141	6.137	0.002	0.071		
16	6.286	6.270	6.272	6.276	0.005	0.075	16	6.098	6.175	6.139	6.135	0.004	0.075		
17	6.281	6.268	6.270	6.273	0.003	0.078	17	6.097	6.173	6.136	6.135	0.002	0.077		
18	6.274	6.266	6.268	6.269	0.001	0.079	18	6.098	6.171	6.133	6.133	0.002	0.079		
19	6.273	6.265	6.266	6.268	0.001	0.081	19	6.095	6.168	6.131	6.131	0.002	0.081		
20	6.272	6.262	6.262	6.265	0.003	0.083	20	6.094	6.166	6.128	6.129	0.002	0.083		
21	6.270	6.260	6.259	6.263	0.002	0.086	21	6.093	6.164	6.125	6.125	0.002	0.085		
22	6.269	6.258	6.258	6.262	0.001	0.087	22	6.092	6.159	6.120	6.124	0.004	0.089		
23	6.265	6.254	6.256	6.258	0.003	0.090	23	6.090	6.155	6.114	6.120	0.004	0.093		
24	6.260	6.250	6.252	6.254	0.004	0.095	24	6.082	6.146	6.108	6.112	0.008	0.100		
25	6.253	6.243	6.241	6.246	0.008	0.103	25	6.073	6.135	6.100	6.103	0.009	0.110		
26	6.245	6.234	6.235	6.238	0.008	0.111	26	6.066	6.129	6.095	6.097	0.006	0.116		
27	6.244	6.233	6.234	6.237	0.001	0.112	27	6.064	6.125	6.091	6.093	0.003	0.119		
28	6.243	6.231	6.231	6.235	0.002	0.114	28	6.06	6.123	6.089	6.091	0.003	0.122		
29	6.238	6.228	6.228	6.231	0.004	0.118	29	6.055	6.118	6.086	6.086	0.004	0.126		
30	6.235	6.224	6.224	6.228	0.003	0.121	30	6.053	6.117	6.085	6.085	0.001	0.127		
								6.051	6.116	6.083	6.083	0.002	0.129		
AŞINMA MİKTARI (mm) =				0.124				AŞINMA MİKTARI (mm) =				0.129			

Tablo 4.2: 9 ve 10 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

NUMUNE NO 9 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1,30mm SERTLİK:60/61 HRC						
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI					ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (µm)
	1	2	3					
1	6.116	6.118	6.113			6.118	0.000	0.000
2	6.113	6.116	6.111			6.113	0.003	0.003
3	6.108	6.114	6.096			6.108	0.007	0.010
4	6.102	6.113	6.093			6.103	0.003	0.013
5	6.088	6.109	6.089			6.088	0.004	0.017
6	6.089	6.102	6.086			6.083	0.005	0.022
7	6.086	6.102	6.083			6.080	0.003	0.025
8	6.084	6.100	6.081			6.088	0.002	0.027
9	6.081	6.098	6.078			6.088	0.002	0.030
10	6.077	6.095	6.075			6.084	0.002	0.032
11	6.078	6.092	6.073			6.082	0.001	0.033
12	6.070	6.087	6.069			6.080	0.002	0.035
13	6.069	6.086	6.067			6.074	0.001	0.040
14	6.068	6.085	6.065			6.073	0.001	0.042
15	6.064	6.081	6.058			6.068	0.005	0.046
16	6.061	6.075	6.058			6.064	0.004	0.052
17	6.055	6.071	6.053			6.060	0.004	0.056
18	6.047	6.066	6.045			6.053	0.007	0.063
19	6.046	6.063	6.041			6.050	0.003	0.066
20	6.044	6.061	6.040			6.048	0.002	0.067
21	6.038	6.057	6.034			6.043	0.005	0.073
22	6.036	6.049	6.032			6.039	0.004	0.077
23	6.033	6.046	6.030			6.036	0.003	0.079
24	6.020	6.038	6.018			6.025	0.011	0.080
25	6.017	6.032	6.013			6.021	0.005	0.085
26	6.015	6.031	6.010			6.018	0.002	0.087
27	6.008	6.024	6.004			6.012	0.007	0.104
28	6.002	6.014	5.993			6.003	0.009	0.113
29	6.000	6.011	5.991			6.001	0.002	0.115
30	5.995	5.993	5.990			5.993	0.008	0.123
AŞINMA MİKTARI (mm) =						0.123		

NUMUNE NO 10 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1,30mm SERTLİK:60/61 HRC						
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI					ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (µm)
	1	2	3					
1	5.029	5.03	5.031			5.030	0.000	0.000
2	5.018	5.022	5.028			5.022	0.008	0.008
3	5.015	5.017	5.023			5.018	0.004	0.012
4	5.013	5.014	5.020			5.016	0.003	0.014
5	5.011	5.011	5.014			5.012	0.004	0.018
6	5.007	5.008	5.009			5.007	0.004	0.023
7	5.003	5.000	5.004			5.002	0.005	0.028
8	4.998	4.998	5.000			4.999	0.004	0.031
9	4.990	4.992	4.995			4.989	0.008	0.037
10	4.988	4.988	4.988			4.987	0.004	0.041
11	4.985	4.985	4.986			4.985	0.002	0.043
12	4.983	4.983	4.985			4.985	0.002	0.046
13	4.981	4.981	4.982			4.981	0.003	0.049
14	4.979	4.981	4.981			4.980	0.001	0.050
15	4.977	4.977	4.978			4.977	0.003	0.053
16	4.973	4.971	4.974			4.973	0.005	0.057
17	4.971	4.970	4.972			4.971	0.002	0.059
18	4.970	4.968	4.968			4.969	0.002	0.061
19	4.961	4.967	4.963			4.964	0.005	0.066
20	4.957	4.965	4.962			4.961	0.002	0.069
21	4.958	4.955	4.958			4.959	0.002	0.071
22	4.958	4.955	4.955			4.956	0.003	0.074
23	4.955	4.951	4.953			4.953	0.003	0.077
24	4.942	4.94	4.942			4.941	0.012	0.089
25	4.934	4.933	4.936			4.934	0.007	0.098
26	4.929	4.93	4.931			4.930	0.004	0.100
27	4.927	4.928	4.925			4.926	0.004	0.104
28	4.916	4.918	4.916			4.918	0.008	0.112
29	4.913	4.914	4.916			4.914	0.004	0.118
30	4.908	4.910	4.910			4.908	0.005	0.121
AŞINMA MİKTARI (mm) =						0.121		

Tablo 4.3: 15 ve 16 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

NUMUNE NO 15 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1,30mm SERTLİK:60/61 HRC				
		ÖLÇÜM NOKTALARI				
SIRA NO	1	2	3	ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (µm)
1	6.628	6.625	6.638	6.630	0.000	0.000
2	6.602	6.580	6.620	6.604	0.017	0.010
3	6.586	6.572	6.624	6.594	0.010	0.036
4	6.583	6.569	6.620	6.591	0.003	0.040
5	6.581	6.565	6.617	6.588	0.003	0.043
6	6.571	6.561	6.613	6.582	0.008	0.049
7	6.561	6.547	6.598	6.569	0.013	0.062
8	6.559	6.543	6.591	6.584	0.004	0.068
9	6.552	6.538	6.584	6.558	0.008	0.072
10	6.547	6.534	6.582	6.554	0.004	0.076
11	6.545	6.530	6.580	6.552	0.003	0.079
12	6.540	6.528	6.578	6.547	0.004	0.083
13	6.535	6.520	6.570	6.542	0.008	0.088
14	6.528	6.515	6.562	6.535	0.007	0.085
15	6.524	6.511	6.562	6.532	0.003	0.088
16	6.518	6.504	6.553	6.525	0.007	0.105
17	6.512	6.501	6.550	6.521	0.004	0.109
18	6.510	6.498	6.547	6.518	0.003	0.112
19	6.508	6.496	6.544	6.516	0.002	0.114
20	6.502	6.483	6.541	6.512	0.004	0.118
21	6.501	6.480	6.539	6.510	0.002	0.120
22	6.496	6.487	6.536	6.508	0.004	0.124
23	6.493	6.484	6.533	6.503	0.003	0.127
24	6.490	6.481	6.531	6.501	0.003	0.130
25	6.486	6.478	6.528	6.497	0.003	0.133
26	6.483	6.475	6.525	6.494	0.003	0.136
27	6.478	6.472	6.522	6.491	0.003	0.139
28	6.476	6.469	6.519	6.488	0.003	0.142
29	6.473	6.466	6.515	6.485	0.003	0.146
30	6.470	6.463	6.512	6.482	0.003	0.149
		AŞINMA MİKTARI (mm) =			0.149	

NUMUNE NO 16 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1,30mm SERTLİK:60/61 HRC				
		ÖLÇÜM NOKTALARI				
SIRA NO	1	2	3	ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (µm)
1	6.509	6.527	6.505	6.514	0.000	0.000
2	6.507	6.526	6.475	6.503	0.011	0.011
3	6.480	6.511	6.460	6.484	0.019	0.030
4	6.486	6.507	6.451	6.475	0.009	0.039
5	6.481	6.492	6.447	6.468	0.008	0.045
6	6.481	6.482	6.444	6.468	0.003	0.048
7	6.453	6.489	6.440	6.461	0.005	0.063
8	6.445	6.481	6.430	6.452	0.009	0.062
9	6.441	6.478	6.428	6.448	0.004	0.065
10	6.437	6.476	6.424	6.446	0.003	0.068
11	6.435	6.472	6.420	6.442	0.003	0.071
12	6.433	6.469	6.416	6.439	0.003	0.074
13	6.428	6.467	6.412	6.436	0.004	0.078
14	6.422	6.461	6.408	6.430	0.005	0.083
15	6.415	6.453	6.399	6.422	0.008	0.081
16	6.413	6.448	6.384	6.418	0.004	0.085
17	6.408	6.444	6.389	6.413	0.005	0.101
18	6.401	6.438	6.384	6.408	0.005	0.108
19	6.398	6.435	6.382	6.405	0.003	0.109
20	6.396	6.433	6.380	6.403	0.002	0.111
21	6.392	6.430	6.377	6.400	0.003	0.114
22	6.390	6.429	6.375	6.398	0.002	0.116
23	6.388	6.428	6.372	6.396	0.002	0.118
24	6.388	6.424	6.370	6.393	0.003	0.120
25	6.383	6.421	6.368	6.391	0.003	0.123
26	6.378	6.417	6.364	6.388	0.004	0.127
27	6.374	6.410	6.359	6.381	0.005	0.133
28	6.372	6.409	6.356	6.379	0.002	0.135
29	6.367	6.409	6.352	6.375	0.004	0.139
30	6.366	6.403	6.350	6.373	0.002	0.141
31	6.365	6.400	6.348	6.371	0.002	0.143
		AŞINMA MİKTARI (mm) =			0.143	

Tablo 4.4: 21 ve 22 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

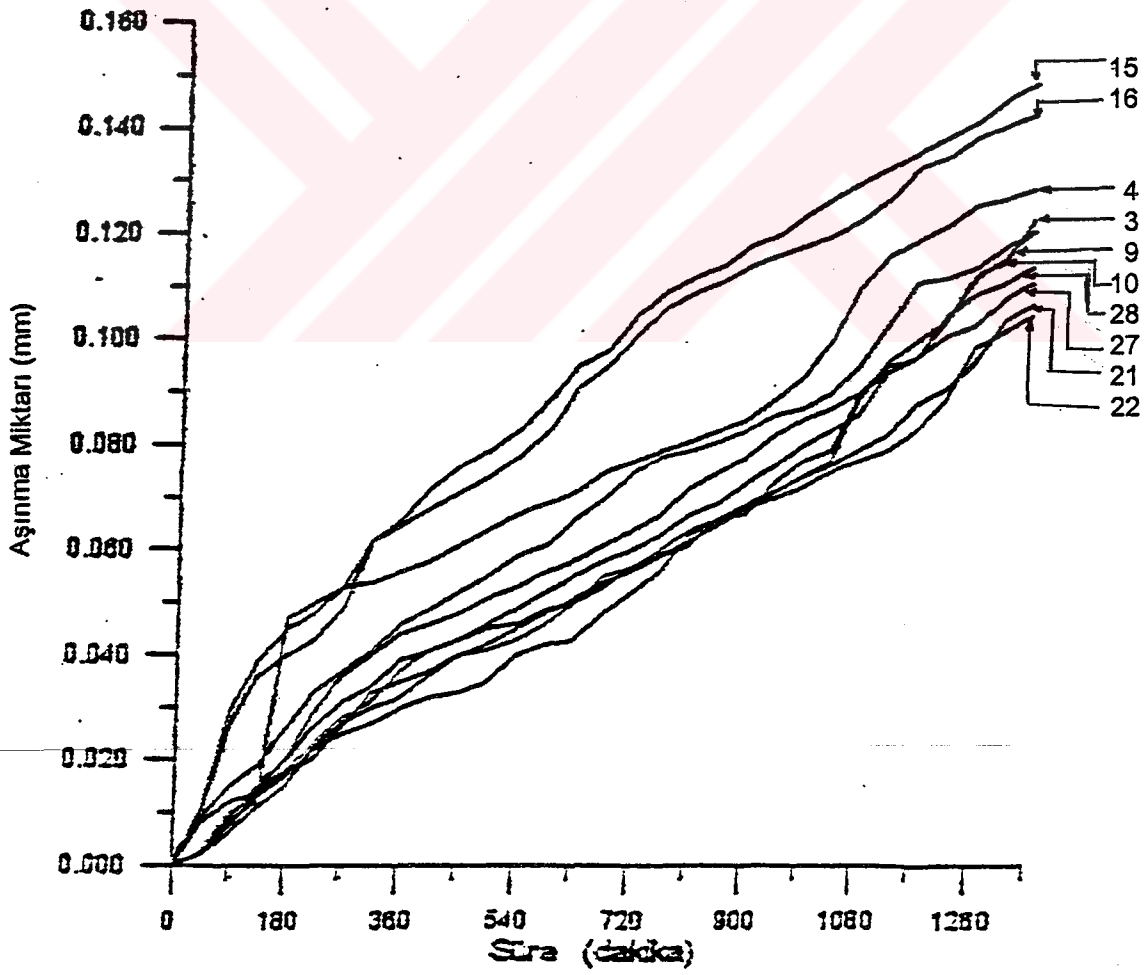
NUMUNE NO 21 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1.30mm SERTLİK:60/61 HRC				
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)
	1	2	3			
1	6.250	6.215	6.275	6.247	0.009	0.009
2	6.248	6.213	6.273	6.245	0.002	0.002
3	6.242	6.209	6.270	6.240	0.004	0.008
4	6.237	6.204	6.265	6.235	0.005	0.011
5	6.231	6.201	6.263	6.232	0.004	0.015
6	6.228	6.195	6.254	6.225	0.007	0.022
7	6.221	6.181	6.248	6.220	0.005	0.027
8	6.218	6.189	6.244	6.217	0.003	0.030
9	6.216	6.185	6.243	6.215	0.002	0.032
10	6.213	6.180	6.239	6.211	0.004	0.036
11	6.207	6.176	6.236	6.206	0.004	0.040
12	6.205	6.173	6.235	6.204	0.002	0.042
13	6.203	6.171	6.232	6.202	0.002	0.045
14	6.20	6.168	6.227	6.198	0.004	0.048
15	6.198	6.164	6.228	6.198	0.002	0.051
16	6.195	6.162	6.221	6.193	0.003	0.054
17	6.193	6.159	6.219	6.190	0.002	0.056
18	6.191	6.157	6.215	6.188	0.003	0.059
19	6.188	6.155	6.212	6.185	0.003	0.062
20	6.184	6.151	6.209	6.181	0.004	0.065
21	6.182	6.147	6.206	6.178	0.003	0.068
22	6.180	6.145	6.203	6.176	0.002	0.071
23	6.178	6.140	6.200	6.173	0.003	0.074
24	6.176	6.138	6.198	6.171	0.002	0.076
25	6.173	6.135	6.195	6.169	0.003	0.078
26	6.168	6.133	6.192	6.164	0.003	0.082
27	6.164	6.125	6.188	6.159	0.005	0.088
28	6.161	6.121	6.184	6.155	0.004	0.091
29	6.155	6.119	6.178	6.151	0.005	0.098
30	6.148	6.108	6.172	6.143	0.008	0.104
30	6.144	6.107	6.168	6.140	0.003	0.107
AŞINMA MİKTARI (mm) =					0.107	

NUMUNE NO 22 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1.30mm SERTLİK:60/61 HRC				
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)
	1	2	3			
1	4.847	4.881	4.800	4.836	0.000	0.000
2	4.845	4.859	4.798	4.834	0.002	0.002
3	4.841	4.852	4.795	4.829	0.004	0.007
4	4.838	4.844	4.790	4.823	0.006	0.013
5	4.830	4.840	4.785	4.818	0.005	0.018
6	4.828	4.838	4.782	4.818	0.002	0.020
7	4.814	4.823	4.772	4.803	0.007	0.033
8	4.812	4.820	4.770	4.801	0.002	0.035
9	4.809	4.818	4.769	4.799	0.002	0.037
10	4.808	4.816	4.767	4.798	0.002	0.040
11	4.804	4.814	4.768	4.795	0.002	0.041
12	4.802	4.813	4.764	4.793	0.002	0.043
13	4.800	4.811	4.768	4.790	0.003	0.046
14	4.788	4.809	4.763	4.788	0.004	0.050
15	4.791	4.807	4.746	4.781	0.005	0.055
16	4.788	4.805	4.745	4.779	0.002	0.057
17	4.782	4.803	4.744	4.776	0.003	0.060
18	4.778	4.800	4.741	4.772	0.004	0.064
19	4.774	4.798	4.739	4.770	0.002	0.066
20	4.772	4.795	4.737	4.768	0.002	0.068
21	4.770	4.792	4.735	4.768	0.002	0.070
22	4.769	4.790	4.733	4.764	0.002	0.072
23	4.768	4.787	4.728	4.761	0.003	0.075
24	4.766	4.785	4.728	4.759	0.002	0.077
25	4.765	4.782	4.724	4.757	0.002	0.078
26	4.762	4.778	4.720	4.753	0.004	0.083
27	4.755	4.772	4.713	4.747	0.006	0.089
28	4.745	4.763	4.702	4.737	0.010	0.098
29	4.741	4.761	4.700	4.734	0.003	0.102
30	4.739	4.756	4.688	4.731	0.003	0.105
AŞINMA MİKTARI (mm) =					0.105	

Tablo 4.5: 27 ve 28 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

NUMUNE NO 27 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1.30mm SERTLİK:60/61 HRC					
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (µm)	
	1	2	3				
1	5.265	5.204	5.137	5.202	0.000	0.000	
2	5.264	5.200	5.136	5.200	0.002	0.002	
3	5.260	5.187	5.133	5.193	0.007	0.009	
4	5.255	5.181	5.128	5.188	0.005	0.014	
5	5.248	5.176	5.122	5.182	0.008	0.020	
6	5.242	5.167	5.118	5.176	0.006	0.026	
7	5.237	5.163	5.114	5.171	0.004	0.031	
8	5.233	5.159	5.111	5.168	0.004	0.034	
9	5.232	5.158	5.098	5.163	0.005	0.039	
10	5.231	5.156	5.086	5.161	0.002	0.041	
11	5.228	5.154	5.084	5.159	0.002	0.043	
12	5.225	5.152	5.092	5.156	0.002	0.046	
13	5.222	5.146	5.080	5.153	0.004	0.049	
14	5.219	5.142	5.089	5.150	0.003	0.052	
15	5.216	5.139	5.086	5.147	0.003	0.055	
16	5.213	5.136	5.083	5.144	0.003	0.058	
17	5.210	5.134	5.082	5.142	0.002	0.060	
18	5.208	5.131	5.080	5.139	0.003	0.063	
19	5.202	5.128	5.075	5.135	0.004	0.067	
20	5.199	5.126	5.073	5.133	0.002	0.069	
21	5.195	5.123	5.069	5.129	0.004	0.073	
22	5.191	5.122	5.066	5.126	0.003	0.076	
23	5.188	5.118	5.062	5.122	0.004	0.080	
24	5.186	5.114	5.058	5.119	0.003	0.083	
25	5.182	5.111	5.055	5.116	0.003	0.088	
26	5.178	5.097	5.050	5.108	0.008	0.094	
27	5.174	5.094	5.048	5.105	0.003	0.097	
28	5.168	5.093	5.045	5.101	0.004	0.101	
29	5.161	5.092	5.043	5.099	0.003	0.103	
30	5.151	5.090	5.040	5.094	0.005	0.108	
31	5.150	5.088	5.035	5.091	0.003	0.111	
AŞINMA MİKTARI (mm) =				0.111			

NUMUNE NO 28 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1.30mm SERTLİK:60/61 HRC					
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (µm)	
	1	2	3				
1	4.805	4.822	4.885	4.704	0.000	0.000	
2	4.80	4.824	4.881	4.702	0.002	0.002	
3	4.786	4.82	4.878	4.695	0.007	0.009	
4	4.780	4.818	4.869	4.689	0.006	0.015	
5	4.773	4.813	4.868	4.684	0.005	0.020	
6	4.768	4.801	4.855	4.675	0.008	0.026	
7	4.763	4.805	4.840	4.668	0.007	0.036	
8	4.759	4.801	4.842	4.664	0.004	0.040	
9	4.753	4.808	4.838	4.660	0.004	0.044	
10	4.752	4.808	4.838	4.658	0.002	0.046	
11	4.749	4.804	4.834	4.656	0.002	0.048	
12	4.745	4.802	4.832	4.653	0.003	0.051	
13	4.742	4.800	4.830	4.651	0.002	0.053	
14	4.738	4.800	4.829	4.648	0.002	0.056	
15	4.736	4.800	4.827	4.646	0.003	0.058	
16	4.733	4.800	4.824	4.643	0.003	0.061	
17	4.729	4.800	4.822	4.640	0.003	0.064	
18	4.724	4.800	4.818	4.637	0.004	0.067	
19	4.716	4.800	4.814	4.632	0.005	0.072	
20	4.713	4.800	4.811	4.629	0.003	0.075	
21	4.710	4.800	4.808	4.628	0.003	0.078	
22	4.709	4.800	4.807	4.622	0.004	0.082	
23	4.707	4.800	4.806	4.618	0.003	0.085	
24	4.705	4.800	4.805	4.617	0.003	0.087	
25	4.703	4.800	4.804	4.614	0.002	0.090	
26	4.700	4.800	4.803	4.610	0.004	0.094	
27	4.697	4.800	4.802	4.607	0.003	0.097	
28	4.693	4.800	4.801	4.598	0.008	0.105	
29	4.689	4.800	4.800	4.595	0.004	0.109	
30	4.687	4.800	4.799	4.593	0.003	0.111	
31	4.685	4.800	4.798	4.590	0.002	0.114	
AŞINMA MİKTARI (mm) =				0.114			



Şekil 4.16: A grubu numunelerinin süre - aşınma miktarı grafiği

**SEMENTASYON İŞLEMİ****GRUP B**

Isıl işlem parti no : S-248

Isıl işlem süresi : 3.5 Saat


Sertlik : 59 / 60 HRC

Derinlik : 1.04 mm



Şekil 4.17: B grubu numunelerinin sementasyon işlem formu

PARÇA ADI PART NAME		PARTİ NO PART NO	
		S - 248	
PARÇA NO. PART NO		MALZEME NO MATERIAL NO	
		7134	
PARÇA AĞIRLIĞI WEIGHT OF PART		MALZEME KAYNAĞI MATERIAL SOURCE	
70 gr. 1 Adet.		A. ŞELİK	
PARÇA SAYISI QUANTITY		FIRIN FURNACE	
870 Adet		GÜLER	
İSTENEN YÜZEY SERTLİĞİ SURFACE HARDNESS		İSTENEN SERTLİK DERİNLİĞİ HARDNESS DEPTH	
59 ± 62 HRC.		0.70 ± 90 mm	



# TIMAK

İŞ MAKİNALARI SAN VE TİC A.Ş.

ISIL İŞLEM  
FORMU  
(SEMENTASYON)

AF	Ön ısıtma 600°C - Yükleme 930°C'ye ısıtma	IJ	Yağda soğuma
FG	Karbürize	LM	Manevla
GI	850°C'ye düşme ve difüzyon		

K	ETAP LMS	BASLANMA START		PROJ. GELİŞ SAATI PROCESS TIME	ARALIK DK. INTERVAL (MIN)	ENDOGAZ ENDOGAS	PROFAN PROFAN			ACIKI AMA DESCRIPTION
		°C	SART TIME				1	2	3	
R B	D-E	930	20'00	20'20		60 m <sup>3</sup>				
	E-F	880	20'20	21'00		W				
	F-G	830	21'00	24'00	3.5 h	W				
D	G-H	880	24'50	26'40	10'	W				
F	H-I	880	26'40	24'50	10'	W				
Z	I-J		24'50	yağda		W				63 HRC.
T N	L-M	175	06'30	09'00	2.5 h					


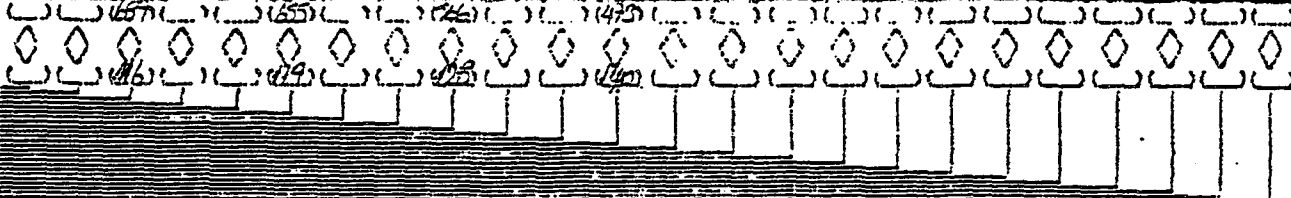
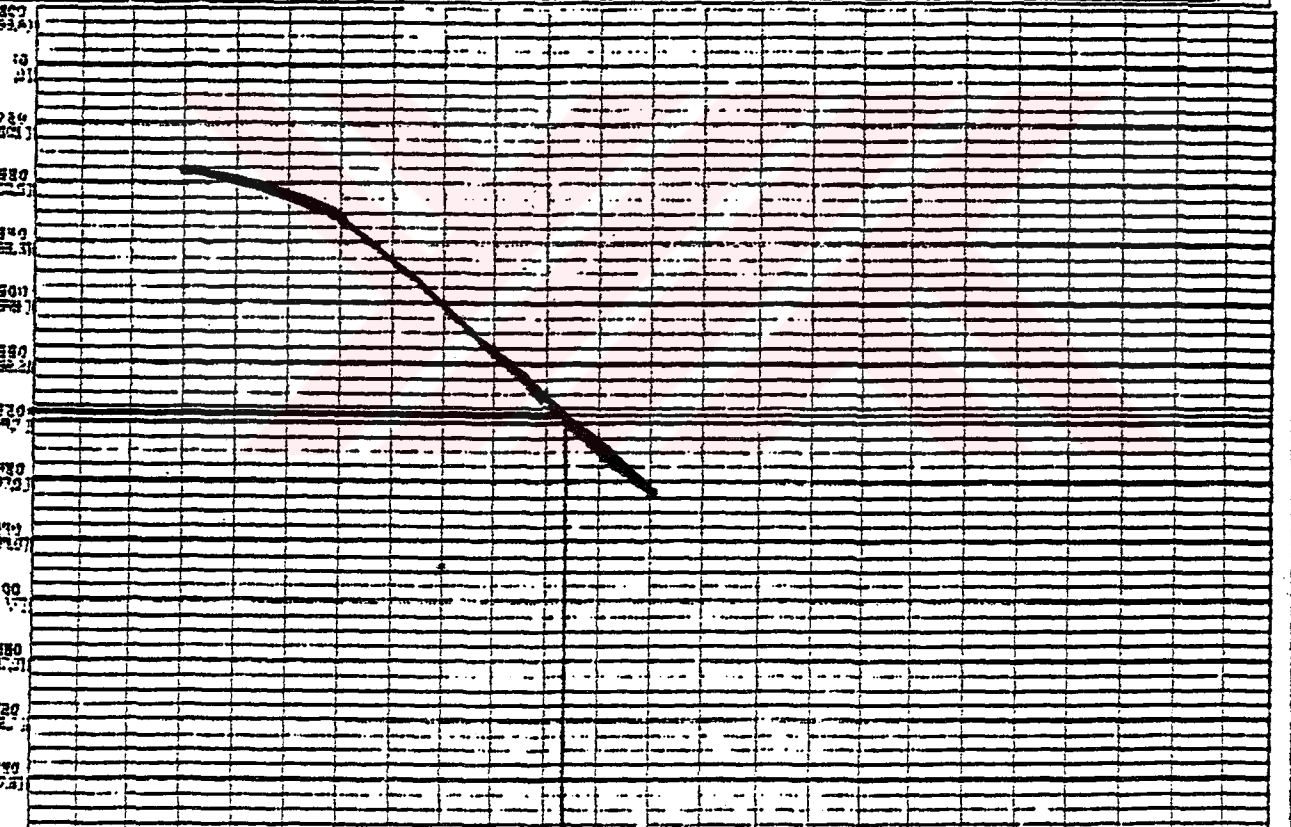
PROGRAMI PREPARED BY:	HAZIRLAYAN : H BAKI	TARİHİ DATE:	20-05-96
PROGRAMI APPLIED BY:	UYGULAYAN : C KAYA	ONAY : APPROVED:	

NOT : XRB: Karbürize, DFZ: Difüzyonizasyon, TM: Temper

Şekil 4.18: B grubu numunelerinin koruyucu atmosferli fırınlar için çığ noktası kayıt formu

TARİH		ÖLÇME SAATİ	FIRIN SICAKLIĞI	ÇİĞ NOKTASI		GİRİŞ VERİLERİ		AÇIKLAMA	VARDİYA NO	OPERATÖR İMZA
				FIRIN	ENDOGAZ	PROPAN	END.			
20	06	20 <sup>15</sup>	930	—	—	40k	60m <sup>3</sup>	Forno Fırında	20/02	H.R.P.C.
"	"	20 <sup>20</sup>	887	—	—	"	"	Kıvılcıkla Sona	"	"
"	"	20 <sup>30</sup>	902	—	—	"	"	Isı Yükseliyor	"	"
"	"	20 <sup>45</sup>	917	-9	—	"	"	"	"	"
"	"	21 <sup>00</sup>	930	-8.5	—	"	"	Fırın Isıda	"	"
"	"	21 <sup>15</sup>	931	-9	—	"	"	"	"	"
"	"	21 <sup>30</sup>	927	-9	—	"	"	"	"	"
"	"	21 <sup>45</sup>	933	-9	—	"	"	"	"	"
"	"	22 <sup>00</sup>	930	-9	—	"	"	"	"	"
"	"	22 <sup>15</sup>	927	-9	—	"	"	"	"	"
"	"	22 <sup>30</sup>	931	-10	—	"	"	"	"	"
"	"	22 <sup>45</sup>	929	-9	—	"	"	"	"	"
"	"	23 <sup>00</sup>	932	-9	—	"	"	"	"	"
"	"	23 <sup>15</sup>	930	-9	—	"	"	"	"	"
"	"	23 <sup>30</sup>	927	-2.5	—	"	"	"	"	"
"	"	23 <sup>45</sup>	931	-2.5	—	"	"	"	"	"
"	"	24 <sup>00</sup>	933	-2	—	"	"	"	"	"
"	"	24 <sup>15</sup>	930	-8	—	"	"	"	"	"
"	"	24 <sup>30</sup>	932	-8	—	"	"	"	"	"
"	"	24 <sup>45</sup>	890	-7.5	—	"	"	"	"	"
"	"	25 <sup>00</sup>	882	-6	—	"	"	"	"	"

Şekil 4.19 : B grubu numunelerinin sertleştirme işlemi sonunda etkili sertleştirme derinliği mikro - sertlik taraması

 <b>TIMAK</b> IS HANCIKARI SAN. VE TIC. AS.		<b>ETKİLİ SERTLEŞTİRME DERİNLİĞİ</b> <b>MİKRO-SERTLİK TARAMASI</b> EFFECTIVE DEPTH OF HARDENING MICRO HARDNESS SCANNING.		<b>KALİTE BÖLÜMÜ</b> <b>QUALITY DEPARTMENT</b> TARİH / DATE: 01.5.2016 NO: 2218																																																																									
PARÇA NO / PART NO: _____ AMACI / PURPOSE: Mikrotanak		SEMENTASYON / CASE HARDENING: <input checked="" type="checkbox"/>		ENDÜRSİYON / IND. HARDENING: <input type="checkbox"/>																																																																									
SEMENTASYON SICAKLIĞI / CASE HARDENING TEMP (°C): 910		DİFÜZYON SICAKLIĞI / DIFFUSION TEMP (°C): 80		MENEVİS SICAKLIĞI / HEAT TREATING TEMP (°C): 70																																																																									
SEMENTASYON SÜRESİ / CASE HARDENING TIME (h): 8,5 h		DİFÜZYON SÜRESİ / DIFFUSION TIME (h): 10'		MENEVİS SÜRESİ / HEAT TREATING TIME (h): 2,5 h																																																																									
																																																																													
																																																																													
<table border="1"> <tr> <td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.5</td><td>0.6</td><td>0.7</td><td>0.8</td><td>0.9</td><td>1.0</td><td>1.1</td><td>1.2</td><td>1.3</td><td>1.4</td><td>1.5</td><td>1.6</td><td>1.7</td><td>1.8</td><td>1.9</td><td>2.0</td><td>2.1</td><td>2.2</td><td>2.3</td><td>2.4</td> </tr> <tr> <td>0.3</td><td>0.6</td><td>0.9</td><td>1.2</td><td>1.5</td><td>1.8</td><td>2.1</td><td>2.4</td><td>2.7</td><td>3.0</td><td>3.3</td><td>3.6</td><td>3.9</td><td>4.2</td><td>4.5</td><td>4.8</td><td>5.1</td><td>5.4</td><td>5.7</td><td>6.0</td><td>6.3</td><td>6.6</td><td>6.9</td><td>7.2</td> </tr> <tr> <td>0.5</td><td>1.0</td><td>1.5</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>3.0</td><td>3.5</td><td>4.0</td><td>4.5</td><td>5.0</td><td>5.5</td><td>6.0</td><td>6.5</td><td>7.0</td><td>7.5</td><td>8.0</td><td>8.5</td><td>9.0</td><td>9.5</td><td>10.0</td><td>10.5</td><td>11.0</td><td>11.5</td><td>12.0</td> </tr> </table>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0
0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4																																																						
0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2																																																						
0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0																																																						
SERİ / SERIES: _____ SERTLİK DERİNLİĞİ / CASE HARDENING DEPTH: 0,90		SERİ / SERIES: _____ SERTLİK DERİNLİĞİ / CASE HARDENING DEPTH: 1,04		SERİ / SERIES: _____ SERTLİK DERİNLİĞİ / CASE HARDENING DEPTH: _____																																																																									
<b>KONTROL SONUCU</b> INSPECTION RESULT: EK																																																																													
KONTROL EDEN / INSPECTOR: _____		KALİTE KONTROL ŞEFİ / QUALITY CONTROL CHIEF: _____		KALİTE DİREKTÖRÜ / QUALITY DIRECTOR: _____																																																																									
ÖZETLENEN / PREPARED BY: _____		KONTROL GÖZLEMLİ / CONTROLLED BY: _____		GÖNÜL İZLENEN / APPROVED BY: _____																																																																									

Tablo 4.6: 7 ve 8 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

NUMUNE NO 7 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:0,68mm SERTLİK:60HRC				
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (µm)
	1	2	3			
1	6.116	6.147	6.131	6.131	0.000	0.000
2	6.089	6.132	6.120	6.120	0.012	0.012
3	6.089	6.124	6.110	6.110	0.009	0.020
4	6.081	6.112	6.100	6.100	0.011	0.031
5	6.079	6.109	6.095	6.095	0.005	0.036
6	6.076	6.106	6.091	6.091	0.003	0.039
7	6.074	6.104	6.089	6.089	0.002	0.042
8	6.073	6.099	6.085	6.085	0.004	0.045
9	6.070	6.095	6.084	6.085	0.001	0.047
10	6.068	6.093	6.082	6.082	0.002	0.049
11	6.066	6.091	6.077	6.080	0.002	0.051
12	6.064	6.089	6.075	6.076	0.002	0.053
13	6.061	6.087	6.073	6.074	0.002	0.055
14	6.059	6.085	6.072	6.072	0.002	0.056
15	6.056	6.083	6.070	6.070	0.002	0.059
16	6.054	6.080	6.068	6.067	0.002	0.062
17	6.051	6.078	6.065	6.066	0.003	0.064
18	6.049	6.075	6.062	6.062	0.003	0.067
19	6.046	6.072	6.060	6.059	0.003	0.069
20	6.044	6.070	6.058	6.057	0.002	0.072
21	6.042	6.067	6.055	6.055	0.003	0.074
22	6.039	6.065	6.052	6.052	0.003	0.077
23	6.038	6.063	6.050	6.050	0.002	0.079
24	6.034	6.062	6.047	6.048	0.002	0.082
25	6.031	6.060	6.045	6.045	0.002	0.084
26	6.029	6.058	6.042	6.043	0.002	0.086
27	6.027	6.055	6.040	6.041	0.002	0.088
28	6.024	6.052	6.037	6.038	0.003	0.081
29	6.022	6.049	6.034	6.035	0.003	0.084
30	6.019	6.046	6.031	6.032	0.003	0.086

AŞINMA MİKTARI (mm) = 0.089

NUMUNE NO 8 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:0,68mm SERTLİK:60HRC				
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (µm)
	1	2	3			
1	6.419	6.394	6.424	6.412	0.000	0.000
2	6.416	6.391	6.421	6.409	0.003	0.003
3	6.407	6.385	6.410	6.401	0.009	0.012
4	6.395	6.387	6.398	6.386	0.015	0.026
5	6.388	6.385	6.394	6.382	0.004	0.031
6	6.385	6.384	6.391	6.380	0.002	0.032
7	6.381	6.383	6.389	6.379	0.001	0.034
8	6.378	6.360	6.387	6.376	0.003	0.036
9	6.374	6.357	6.384	6.373	0.003	0.039
10	6.372	6.355	6.381	6.370	0.003	0.042
11	6.368	6.350	6.378	6.367	0.003	0.046
12	6.364	6.344	6.373	6.362	0.005	0.051
13	6.362	6.340	6.368	6.359	0.002	0.054
14	6.358	6.337	6.365	6.353	0.003	0.056
15	6.355	6.334	6.361	6.350	0.003	0.059
16	6.351	6.330	6.359	6.347	0.003	0.062
17	6.347	6.327	6.356	6.343	0.003	0.066
18	6.344	6.324	6.352	6.340	0.003	0.069
19	6.341	6.322	6.350	6.338	0.002	0.072
20	6.339	6.319	6.347	6.335	0.003	0.075
21	6.337	6.317	6.344	6.333	0.002	0.077
22	6.335	6.315	6.341	6.330	0.002	0.080
23	6.332	6.311	6.338	6.327	0.003	0.082
24	6.329	6.309	6.336	6.325	0.002	0.085
25	6.328	6.306	6.333	6.322	0.003	0.088
26	6.323	6.302	6.330	6.318	0.003	0.091
27	6.320	6.298	6.327	6.315	0.003	0.094
28	6.318	6.296	6.325	6.313	0.002	0.097
29	6.315	6.293	6.323	6.310	0.003	0.099
30	6.312	6.290	6.320	6.307	0.003	0.102

AŞINMA MİKTARI (mm) = 0.105

Tablo 4.7: 13 ve 14 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

NUMUNE NO 13 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:0,68mm SERTLİK:60HRC				
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)
	1	2	3			
1	6.114	6.110	6.109	6.111	0.000	0.000
2	6.101	6.100	6.104	6.102	0.009	0.009
3	6.092	6.093	6.094	6.093	0.009	0.018
4	6.090	6.088	6.089	6.089	0.004	0.022
5	6.086	6.083	6.085	6.085	0.004	0.026
6	6.080	6.076	6.080	6.079	0.008	0.032
7	6.075	6.073	6.076	6.075	0.004	0.036
8	6.070	6.070	6.072	6.071	0.004	0.040
9	6.065	6.065	6.066	6.065	0.005	0.046
10	6.061	6.061	6.062	6.061	0.004	0.050
11	6.055	6.055	6.057	6.056	0.006	0.055
12	6.050	6.048	6.051	6.050	0.003	0.058
13	6.047	6.045	6.047	6.046	0.003	0.061
14	6.044	6.043	6.043	6.043	0.003	0.065
15	6.041	6.040	6.039	6.040	0.003	0.068
16	6.036	6.036	6.035	6.036	0.004	0.071
17	6.031	6.031	6.030	6.031	0.005	0.075
18	6.027	6.027	6.025	6.026	0.004	0.080
19	6.023	6.023	6.022	6.023	0.004	0.085
20	6.019	6.018	6.018	6.018	0.004	0.088
21	6.015	6.013	6.014	6.014	0.004	0.097
22	6.010	6.009	6.010	6.010	0.004	0.101
23	6.006	6.005	6.005	6.005	0.004	0.108
24	6.000	6.001	6.000	6.000	0.005	0.111
25	5.996	5.997	5.997	5.997	0.004	0.114
26	5.992	5.993	5.993	5.993	0.004	0.118
27	5.987	5.990	5.989	5.989	0.004	0.122
28	5.982	5.984	5.985	5.984	0.005	0.127
29	5.976	5.980	5.981	5.980	0.004	0.131
30	5.974	5.976	5.976	5.976	0.004	0.135
				AŞINMA MIKTARI (mm) =		0.135

NUMUNE NO 14 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:0,68mm SERTLİK:60HRC				
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)
	1	2	3			
1	5.869	5.865	5.890	5.875	0.000	0.000
2	5.856	5.849	5.880	5.863	0.013	0.013
3	5.846	5.832	5.870	5.849	0.008	0.021
4	5.842	5.822	5.867	5.846	0.004	0.025
5	5.838	5.822	5.863	5.841	0.005	0.029
6	5.835	5.820	5.860	5.838	0.003	0.034
7	5.830	5.817	5.855	5.834	0.004	0.036
8	5.826	5.811	5.851	5.829	0.005	0.041
9	5.822	5.808	5.847	5.826	0.004	0.045
10	5.817	5.803	5.842	5.821	0.005	0.049
11	5.814	5.798	5.837	5.816	0.004	0.054
12	5.809	5.794	5.834	5.812	0.004	0.058
13	5.805	5.790	5.831	5.809	0.004	0.062
14	5.801	5.786	5.827	5.805	0.004	0.066
15	5.795	5.780	5.825	5.800	0.005	0.068
16	5.791	5.778	5.820	5.788	0.004	0.075
17	5.782	5.769	5.817	5.781	0.004	0.079
18	5.778	5.766	5.812	5.784	0.004	0.083
19	5.774	5.762	5.808	5.784	0.003	0.087
20	5.770	5.758	5.801	5.776	0.004	0.090
21	5.767	5.755	5.796	5.773	0.004	0.098
22	5.763	5.751	5.794	5.769	0.004	0.101
23	5.759	5.748	5.791	5.768	0.003	0.105
24	5.755	5.745	5.784	5.761	0.005	0.109
25	5.751	5.741	5.780	5.751	0.004	0.113
26	5.748	5.737	5.776	5.762	0.004	0.117
27	5.744	5.734	5.773	5.750	0.004	0.121
28	5.741	5.731	5.769	5.741	0.003	0.124
29	5.738	5.728	5.764	5.743	0.004	0.128
30	5.738	5.728	5.764	5.743	0.004	0.131
				AŞINMA MIKTARI (mm) =		0.131

Tablo 4.8: 19 ve 20 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

NUMUNE NO 20 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:0,65mm SERTLİK:80HRC				
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)
	1	2	3			
1	6.184	6.202	6.176	6.184	0.000	0.000
2	6.186	6.196	6.170	6.184	0.007	0.007
3	6.180	6.189	6.159	6.176	0.008	0.015
4	6.173	6.182	6.152	6.169	0.007	0.022
5	6.159	6.176	6.147	6.161	0.008	0.030
6	6.154	6.166	6.137	6.152	0.008	0.038
7	6.150	6.163	6.134	6.149	0.003	0.042
8	6.140	6.161	6.130	6.144	0.002	0.047
9	6.137	6.157	6.128	6.141	0.003	0.050
10	6.133	6.154	6.123	6.137	0.004	0.054
11	6.129	6.150	6.120	6.133	0.004	0.058
12	6.125	6.147	6.117	6.130	0.003	0.061
13	6.121	6.144	6.115	6.127	0.003	0.064
14	6.118	6.141	6.113	6.122	0.003	0.067
15	6.115	6.139	6.111	6.122	0.002	0.069
16	6.111	6.136	6.088	6.115	0.007	0.076
17	6.107	6.132	6.086	6.112	0.003	0.079
18	6.103	6.128	6.083	6.108	0.004	0.083
19	6.098	6.125	6.080	6.104	0.004	0.086
20	6.095	6.123	6.085	6.101	0.003	0.090
21	6.093	6.120	6.082	6.098	0.003	0.092
22	6.089	6.116	6.080	6.095	0.003	0.098
23	6.085	6.111	6.077	6.091	0.004	0.100
24	6.081	6.108	6.075	6.088	0.003	0.103
25	6.078	6.104	6.071	6.084	0.004	0.106
26	6.074	6.101	6.066	6.081	0.003	0.110
27	6.070	6.098	6.064	6.077	0.004	0.114
28	6.067	6.094	6.060	6.074	0.003	0.117
29	6.063	6.089	6.057	6.070	0.004	0.121
30	6.060	6.085	6.054	6.066	0.003	0.124

AŞINMA MİKTARI (mm) = 0.124

NUMUNE NO 19 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:0,65mm SERTLİK:80HRC				
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)
	1	2	3			
1	6.086	6.11	6.110	6.102	0.000	0.000
2	6.077	6.105	6.103	6.095	0.007	0.007
3	6.071	6.1	6.086	6.089	0.006	0.013
4	6.069	6.094	6.092	6.085	0.004	0.017
5	6.054	6.089	6.087	6.080	0.005	0.022
6	6.049	6.082	6.083	6.073	0.007	0.029
7	6.047	6.079	6.077	6.068	0.005	0.034
8	6.045	6.076	6.072	6.065	0.003	0.037
9	6.042	6.071	6.069	6.062	0.003	0.040
10	6.038	6.067	6.066	6.060	0.003	0.042
11	6.035	6.063	6.063	6.053	0.003	0.049
12	6.033	6.060	6.058	6.050	0.002	0.052
13	6.031	6.058	6.052	6.049	0.001	0.053
14	6.028	6.051	6.046	6.046	0.004	0.056
15	6.024	6.058	6.046	6.043	0.003	0.059
16	6.021	6.053	6.042	6.039	0.004	0.063
17	6.014	6.048	6.038	6.033	0.005	0.069
18	6.010	6.044	6.032	6.029	0.005	0.073
19	6.005	6.039	6.027	6.024	0.005	0.078
20	6.001	6.035	6.021	6.019	0.005	0.083
21	5.995	6.030	6.019	6.015	0.004	0.087
22	5.991	6.026	6.016	6.011	0.004	0.091
23	5.986	6.021	6.011	6.007	0.004	0.095
24	5.981	6.015	6.007	6.003	0.005	0.099
25	5.977	6.010	6.003	5.999	0.005	0.104
26	5.974	6.004	5.998	5.993	0.005	0.109
27	5.971	5.998	5.994	5.989	0.004	0.113
28	5.967	5.994	5.989	5.985	0.004	0.117
29	5.963	5.989	5.986	5.981	0.004	0.121
30	5.963	5.984	5.982	5.976	0.004	0.126

AŞINMA MİKTARI (mm) = 0.126

Tablo 4.8: 25 ve 26 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

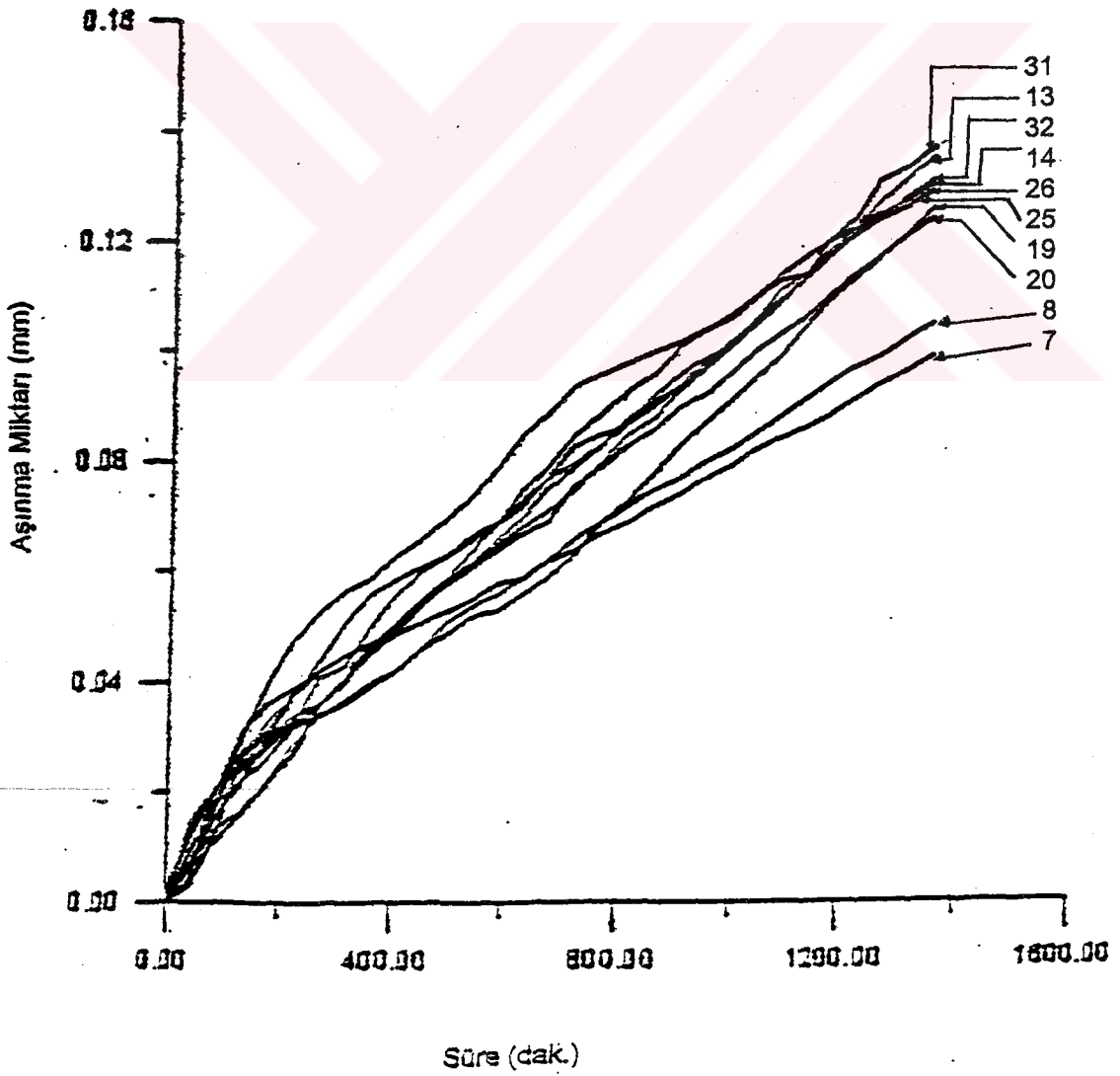
NUMUNE NO 25 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:0,68mm SERTLİK:80HRC		NUMUNE NO 26 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:0,68mm SERTLİK:80HRC			
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)	FARK	TOPLAM FARK (mm)	
	1	2	3						
1	6.331	6.336	6.331	6.333	0.000	0.000	0.000	0.000	
2	6.327	6.327	6.326	6.327	0.006	0.006	0.006	0.006	
3	6.314	6.303	6.321	6.316	0.011	0.017	0.005	0.011	
4	6.300	6.285	6.297	6.303	0.013	0.030	0.006	0.016	
5	6.294	6.285	6.292	6.292	0.010	0.040	0.005	0.022	
6	6.290	6.272	6.281	6.285	0.007	0.048	0.005	0.027	
7	6.286	6.268	6.274	6.276	0.004	0.057	0.009	0.036	
8	6.284	6.265	6.272	6.274	0.002	0.069	0.005	0.047	
9	6.278	6.261	6.267	6.270	0.004	0.063	0.005	0.051	
10	6.273	6.257	6.267	6.267	0.003	0.066	0.004	0.055	
11	6.267	6.250	6.266	6.263	0.004	0.070	0.004	0.059	
12	6.263	6.247	6.261	6.258	0.005	0.074	0.005	0.064	
13	6.255	6.240	6.256	6.254	0.004	0.079	0.005	0.069	
14	6.251	6.237	6.248	6.248	0.008	0.085	0.007	0.075	
15	6.245	6.233	6.238	6.244	0.004	0.089	0.003	0.079	
16	6.244	6.233	6.238	6.239	0.005	0.094	0.006	0.085	
17	6.242	6.233	6.235	6.236	0.002	0.098	0.004	0.089	
18	6.239	6.225	6.234	6.235	0.002	0.098	0.004	0.093	
19	6.238	6.225	6.233	6.232	0.002	0.100	0.004	0.096	
20	6.235	6.224	6.230	6.231	0.002	0.102	0.004	0.101	
21	6.235	6.222	6.228	6.228	0.002	0.104	0.003	0.104	
22	6.233	6.218	6.225	6.225	0.003	0.107	0.002	0.106	
23	6.229	6.216	6.222	6.222	0.003	0.110	0.004	0.110	
24	6.227	6.213	6.219	6.220	0.003	0.113	0.004	0.114	
25	6.228	6.209	6.217	6.218	0.001	0.114	0.003	0.117	
26	6.218	6.207	6.213	6.213	0.006	0.120	0.002	0.120	
27	6.217	6.205	6.211	6.211	0.002	0.122	0.002	0.122	
28	6.216	6.203	6.208	6.209	0.002	0.124	0.003	0.125	
29	6.213	6.200	6.206	6.206	0.003	0.126	0.003	0.127	
30	6.211	6.196	6.204	6.204	0.003	0.129	0.002	0.130	
				AŞINMA MİKTARI (mm) = 0.130					
				AŞINMA MİKTARI (mm) = 0.130					

Tablo 4.10: 31 ve 32 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

NUMUNE NO 31 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:0,68mm SERTLİK:60HRC				
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (µm)
	1	2	3			
1	6.046	6.036	6.046	6.043	0.000	0.000
2	6.035	6.02	6.028	6.028	0.015	0.015
3	6.030	6.015	6.021	6.022	0.006	0.021
4	6.027	6.012	6.018	6.019	0.003	0.024
5	6.021	6.008	6.014	6.014	0.005	0.028
6	6.016	6.006	6.008	6.010	0.004	0.033
7	6.010	5.994	6.001	6.002	0.008	0.041
8	6.007	5.990	6.003	6.000	0.002	0.043
9	5.996	5.988	5.990	5.992	0.006	0.050
10	5.990	5.978	5.981	5.983	0.004	0.056
11	5.987	5.974	5.979	5.980	0.003	0.060
12	5.984	5.970	5.976	5.977	0.003	0.066
13	5.980	5.968	5.973	5.974	0.003	0.069
14	5.976	5.965	5.969	5.970	0.004	0.073
15	5.971	5.962	5.965	5.966	0.004	0.077
16	5.964	5.958	5.958	5.960	0.006	0.083
17	5.961	5.956	5.956	5.958	0.002	0.085
18	5.960	5.954	5.952	5.955	0.002	0.087
19	5.956	5.950	5.945	5.950	0.005	0.082
20	5.952	5.942	5.946	5.947	0.004	0.086
21	5.949	5.940	5.942	5.944	0.003	0.089
22	5.947	5.938	5.941	5.942	0.002	0.101
23	5.942	5.937	5.931	5.937	0.005	0.106
24	5.939	5.928	5.934	5.934	0.003	0.109
25	5.936	5.921	5.931	5.929	0.004	0.113
26	5.928	5.918	5.923	5.923	0.006	0.120
27	5.922	5.916	5.918	5.919	0.004	0.124
28	5.917	5.911	5.907	5.912	0.007	0.131
29	5.914	5.904	5.910	5.909	0.002	0.133
30	5.911	5.901	5.906	5.906	0.003	0.137
AŞINMA MİKTARI (mm) =				0.137		

NUMUNE NO 32 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:0,68mm SERTLİK:60HRC				
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (µm)
	1	2	3			
1	6.240	6.230	6.225	6.232	0.000	0.000
2	6.238	6.224	6.222	6.228	0.004	0.004
3	6.219	6.210	6.203	6.211	0.017	0.021
4	6.213	6.204	6.197	6.205	0.006	0.027
5	6.201	6.194	6.185	6.193	0.005	0.033
6	6.196	6.187	6.179	6.187	0.006	0.038
7	6.189	6.174	6.173	6.181	0.007	0.044
8	6.185	6.174	6.169	6.176	0.005	0.056
9	6.182	6.172	6.165	6.173	0.003	0.059
10	6.180	6.170	6.163	6.171	0.002	0.061
11	6.177	6.168	6.160	6.168	0.003	0.063
12	6.174	6.163	6.158	6.165	0.003	0.067
13	6.172	6.159	6.153	6.162	0.003	0.069
14	6.170	6.157	6.153	6.160	0.002	0.072
15	6.165	6.150	6.149	6.155	0.005	0.077
16	6.163	6.146	6.145	6.151	0.003	0.080
17	6.159	6.144	6.143	6.149	0.003	0.083
18	6.154	6.139	6.138	6.144	0.005	0.088
19	6.151	6.136	6.134	6.140	0.003	0.091
20	6.149	6.133	6.130	6.137	0.003	0.094
21	6.145	6.130	6.127	6.134	0.003	0.098
22	6.141	6.126	6.123	6.130	0.004	0.102
23	6.137	6.122	6.120	6.128	0.004	0.105
24	6.132	6.119	6.117	6.123	0.004	0.109
25	6.127	6.116	6.112	6.118	0.004	0.113
26	6.122	6.111	6.109	6.114	0.005	0.118
27	6.118	6.107	6.104	6.110	0.004	0.122
28	6.114	6.104	6.096	6.105	0.005	0.127
29	6.110	6.098	6.093	6.100	0.004	0.131
30	6.107	6.094	6.09	6.097	0.003	0.135
AŞINMA MİKTARI (mm) =				0.135		





Şekil 4.20 : B grubu numunelerinin süre - aşınma miktarı grafiği

## SEMENTASYON İŞLEMİ

### **GRUP C**

Isıl işlem parti no : S-076

Isıl işlem süresi : 1.5 Saat

Sertlik : 60 HRC

Derinlik : 0.68 mm

Şekil 4.21: C grubu numunelerinin sementasyon işlem formu

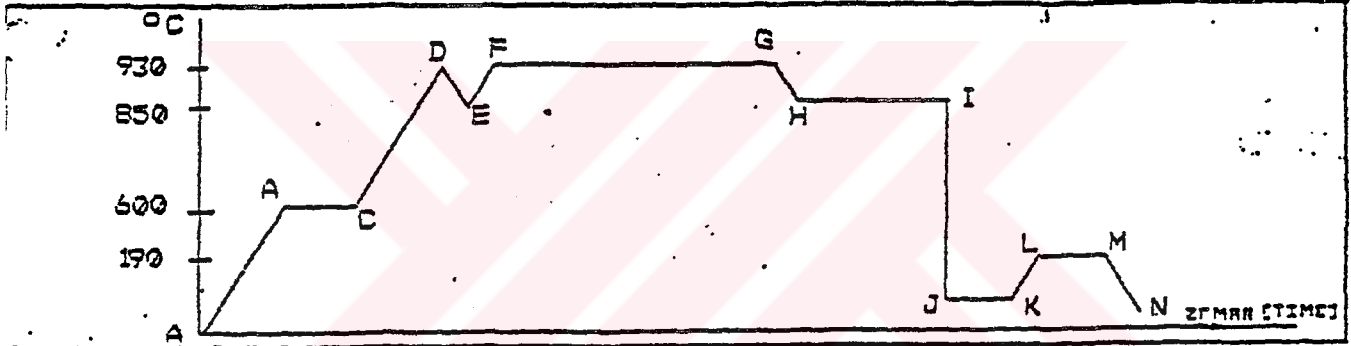


**TIMAK**  
İŞ MAKİNALARI SAN VE TİC A.Ş.

ISIL İŞLEM  
FORMU

( SEMENTASYON )

PARÇA ADI PART NAME		PARTİ NO BATCH NO	5-076
PARÇA NO PART NO		MALZEME NO MATERIAL NO	7131
PARÇA AĞIRLIĞI WEIGHT OF PART	50'er. 1adet	MALZEME KAYNAĞI MATERIAL SOURCE	A-GELİK
PARÇA SAYISI QUANTITY	3450	FIRIN FURNACE	GÜLER
İSTENEN YÜZEY SERTLİĞİ SURFACE HARDNESS	59 ÷ 62 HRC	İSTENEN SERTLİK DERİNLİĞİ HARDNESS DEPTH	0,65 ÷ 0,85 mm



AF - Ön ısıtma 600°C ...Yükleme 930°C'ye ısıtma

FG - Karbürize  
CARBURTION

IJ - Yağda soğuma  
COOLING IN OIL

GI - 850°C'ye düşme ve diffüzyon  
DECREASE TO 850 °C

LM - Meneviş

K	ETAP LAB	BASLAMA START		REJ. GELİŞ SAATI PROCESS TIME	ARALIK DK INTERVAL [MIN]	ENDOĞAZ ENDO GAS	PROPAN PROFAN			ACIKI AMA DESCRIPTION
		°C	SART TIME				1	2	3	
B	D-E	830	20 30	20 45		40 ml				10 dakika ilave
	E-F	847	20 45	22 45		"				edildi
	F-G	830	22 45	26 35	1h 50 dak	"				
D	G-H	880	24 35	24 55	10 dak	"				
	H-I	830	24 55	01 03	10 dak.	"				66 HRC
Z	I-J		01 05	Yağda						
H	L-M	175	04 30	07 00	2,5h					

PROGRAMI HAZIRLAYAN : N. İYİTÜRK  
PREPARED BY:

TARİH: 12-02-1996  
DATE:

PROGRAMI UYGULAYAN : Ö. KARAKAŞ  
APPLIED BY:

ONAY :  
APPROVED:

Şekil 4.22: C grubu numunelerinin koruyucu atmosferli fırınlar için çığ noktası kayıt formu

TARİH		ÖLÇME SAATI	FIRIN SICAKLIĞI	ÇİĞ NOKTASI		GİRİŞ VERİLERİ		AÇIKLAMA	VARDIYA NO	OPERATOR İMZA
				FIRIN	ENDOGAZ	PROPRN	END.			
12/02	22 20	930	—	—	Yok	4.3	3	parca kuma geldi	20/02	NEGET
"	22 45	867	—	—	"	"	"	parca kuma geliyor	"	"
"	22 50	860	—	—	±/±	"	"	ampul veriliyor	"	"
"	22 55	873	+11	—	Yok	"	"	uzunlukta	"	"
"	22 58	885	+9	—	"	"	"	"	"	"
"	22 59	892	+6	—	"	"	"	"	"	"
"	22 59	900	+5	—	±/3	"	"	propas veriliyor	"	"
"	22 59	905	+2	—	"	"	"	"	"	"
"	22 59	908	-2	—	"	"	"	"	"	"
"	22 59	912	-5	—	±/2	"	"	firin islem geldi kisilti	"	"
"	23 00	916	-3.5	—	±/3	"	"	gözetim aktarıldı	"	"
"	23 00	918	-6.5	—	"	"	"	"	"	"
"	23 00	920	-8	—	"	"	"	"	"	"
"	23 05	923	-9.5	—	"	"	"	"	"	"
"	23 05	926	-10	—	"	"	"	"	"	"
12/02	24 15	926	-11	—	"	"	"	"	"	"
"	24 30	929	-11	—	"	"	"	"	"	"
"	24 45	930	-12	—	±/±	"	"	isi düşüyor	"	"
"	24 55	880	-10.5	—	"	"	"	isi düşme devam	"	"
"	01 05	875	-10	—	"	"	"	parca geliyor	"	"

Şekil 4.23 : C grubu numunelerinin sementasyon işlemi sonunda etkili sertleştirme derinliği

mikro - sertlik taraması



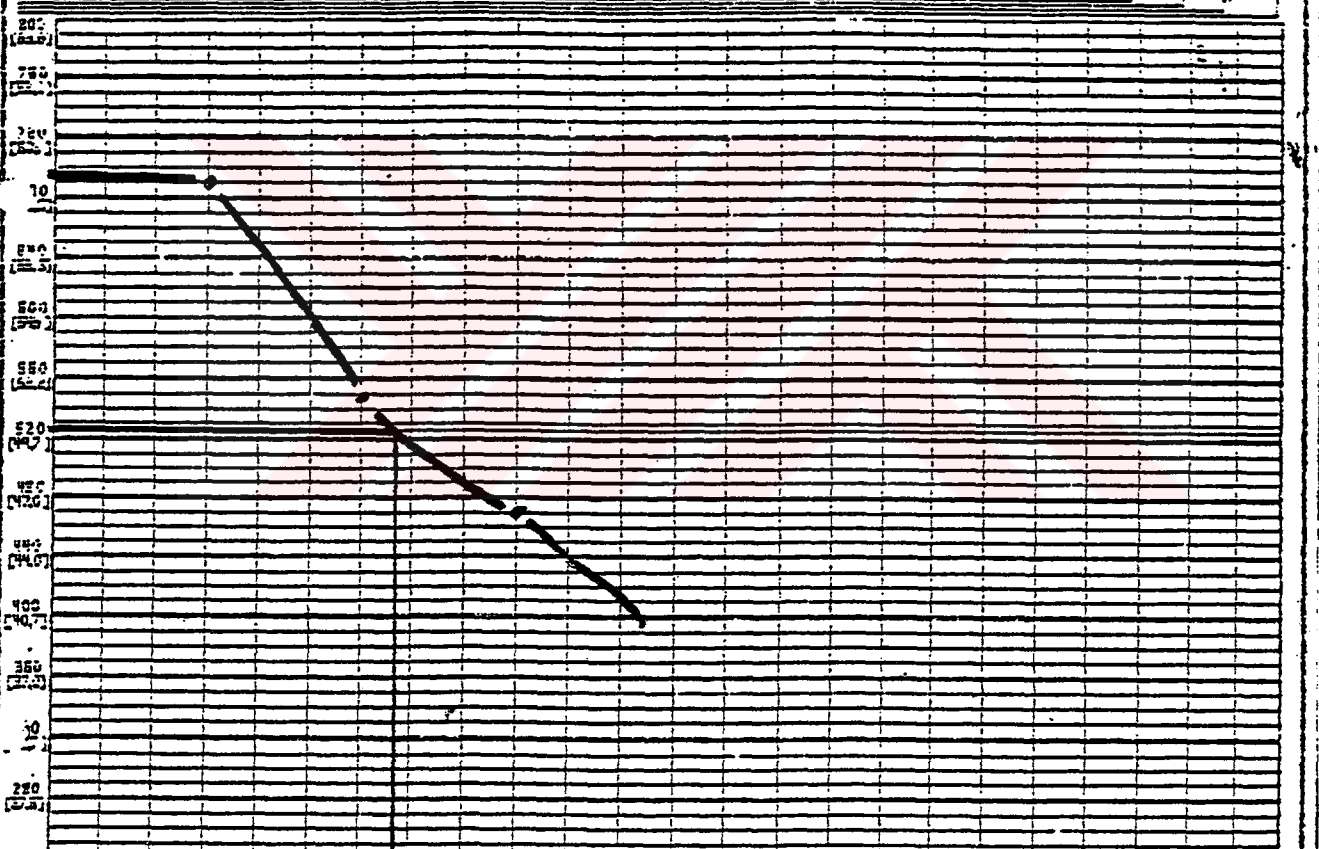
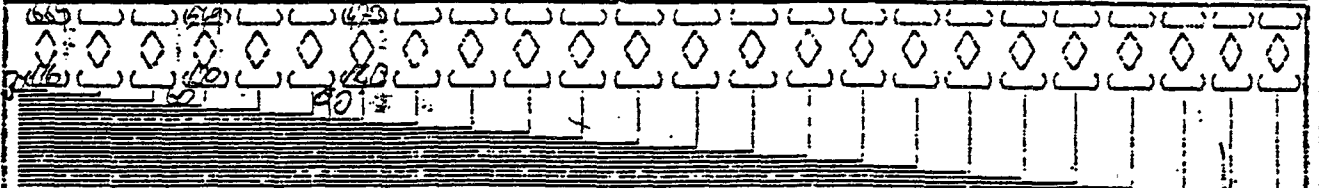
**TIMAK**

İS ENERJİLERİ SAN VE TİC. A.Ş.

ETKİLİ SERTLEŞTİRME DERİNLİĞİ  
MIKRO-SERTLİK TARAMASI  
EFFECTIVE DEPTH OF HARDENING  
MICRO HARDNESS SCANNING

QUALITY DEPARTMENT  
TARİH / DATE: 19/02/96  
NO: S-076

PARÇA NO PART NO	ARACI: PURPOSE: <i>Section Control</i>	ENDÜKSİYON IND. HARDENING
PARÇA ADI PART NAME	SEMENTASYON CASE HARDENING	MENEVİC SICAKLIĞI ANNEALING TEMP. (°C)
SEMENTASYON SICAKLIĞI CASE-HARDENING TEMP. (°C): <i>720C</i>	DİFÜZYON SICAKLIĞI DIFFUSION TEMP. (°C): <i>820C</i>	MENEVİC SÜRESİ ANNEALING TIME (h): <i>125h</i>
SEMENTASYON SÜRESİ CASE-HARDENING TIME (h): <i>26</i>	DİFÜZYON SÜRESİ DIFFUSION TIME (h): <i>10</i>	MENEVİC SÜRESİ ANNEALING TIME (h): <i>2.5h</i>



0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2.0 2.1 2.2 2.3 2.4	SARINAME / SPEC	SAPTANAM / INSPECTED
0.3 0.6 0.9 1.2 1.5 1.8 2.1 2.4 2.7 3.0 3.3 3.6 3.9 4.2 4.5 4.8 5.1 5.4 5.7 6.0 6.3 6.6 6.9 7.2	<i>59-62</i>	<i>60 ✓</i>
0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0	<i>0.65 = 0.85</i>	<i>0.68 ✓</i>
SEMENTASYON SICAKLIĞI (°C)	SARINAME / SPEC	SAPTANAM / INSPECTED
SEMENTASYON SÜRESİ (h)	<i>59-62</i>	<i>60 ✓</i>
SEMENTASYON SÜRESİ (h)	<i>0.65 = 0.85</i>	<i>0.68 ✓</i>

KONTROL SONUCU INSPECTION RESULT	
<i>O.K</i>	

KONTROL EDEN INSPECTOR	KALİTE KONTROL ŞEFİ QUALITY CONTROL CHIEF	KALİTE DİREKTÖRÜ QUALITY DIRECTOR
<i>M. K.</i>		

DUZENLEMİ / PREPARED BY.

KONTROL EDİLMİŞ EY.

GENEL MÜDÜR / APPROVED BY.

Tablo 4.11: 5 ve 6 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

NUMUNE NO 5 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1,04 mm SERTLİK:69 / 60 HRC				
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK ( m)
	1	2	3			
1	6.664	6.658	6.665	6.662	0.000	0.000
2	6.652	6.646	6.652	6.650	0.012	0.012
3	6.641	6.634	6.638	6.638	0.025	0.025
4	6.630	6.622	6.629	6.627	0.011	0.035
5	6.618	6.611	6.619	6.618	0.011	0.046
6	6.611	6.603	6.611	6.608	0.008	0.054
7	6.607	6.598	6.608	6.604	0.005	0.059
8	6.596	6.588	6.594	6.593	0.011	0.070
9	6.587	6.578	6.587	6.584	0.009	0.078
10	6.580	6.571	6.581	6.577	0.007	0.085
11	6.572	6.565	6.572	6.570	0.008	0.093
12	6.565	6.559	6.567	6.564	0.006	0.099
13	6.557	6.548	6.556	6.550	0.003	0.102
14	6.551	6.543	6.547	6.544	0.007	0.109
15	6.543	6.538	6.542	6.541	0.006	0.115
16	6.538	6.530	6.536	6.535	0.006	0.128
17	6.529	6.523	6.525	6.528	0.009	0.137
18	6.522	6.516	6.521	6.520	0.006	0.143
19	6.515	6.509	6.513	6.512	0.007	0.150
20	6.507	6.502	6.505	6.505	0.008	0.158
21	6.501	6.495	6.496	6.497	0.007	0.165
22	6.493	6.488	6.488	6.490	0.008	0.173
23	6.484	6.481	6.482	6.482	0.007	0.180
24	6.477	6.474	6.475	6.475	0.007	0.187
25	6.471	6.467	6.468	6.469	0.007	0.194
26	6.464	6.459	6.462	6.462	0.007	0.201
27	6.457	6.451	6.454	6.454	0.008	0.208
28	6.450	6.443	6.447	6.447	0.007	0.216
29	6.443	6.435	6.440	6.439	0.007	0.223
30	6.435	6.428	6.432	6.432	0.008	0.231
AŞINMA MİKTARI (mm) =				0.231		

NUMUNE NO 6 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1,04 mm SERTLİK:69 / 60 HRC				
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK ( m)
	1	2	3			
1	6.361	6.368	6.337	6.355	0.000	0.000
2	6.342	6.347	6.318	6.336	0.020	0.020
3	6.320	6.326	6.297	6.314	0.012	0.029
4	6.317	6.319	6.288	6.308	0.006	0.047
5	6.310	6.312	6.281	6.301	0.007	0.054
6	6.301	6.307	6.275	6.294	0.007	0.061
7	6.282	6.288	6.267	6.266	0.008	0.070
8	6.282	6.289	6.268	6.276	0.009	0.079
9	6.276	6.282	6.262	6.270	0.006	0.085
10	6.267	6.274	6.243	6.261	0.009	0.084
11	6.262	6.269	6.239	6.257	0.005	0.099
12	6.257	6.265	6.232	6.251	0.005	0.104
13	6.252	6.261	6.227	6.247	0.005	0.109
14	6.244	6.252	6.223	6.240	0.007	0.116
15	6.238	6.248	6.217	6.234	0.005	0.121
16	6.230	6.239	6.208	6.226	0.009	0.130
17	6.223	6.231	6.202	6.219	0.007	0.137
18	6.217	6.223	6.198	6.213	0.006	0.143
19	6.210	6.215	6.191	6.205	0.007	0.150
20	6.204	6.208	6.184	6.199	0.007	0.157
21	6.197	6.201	6.177	6.192	0.007	0.164
22	6.191	6.194	6.171	6.185	0.006	0.170
23	6.184	6.188	6.164	6.179	0.007	0.177
24	6.177	6.180	6.158	6.172	0.007	0.184
25	6.170	6.172	6.152	6.165	0.007	0.191
26	6.163	6.165	6.147	6.158	0.006	0.197
27	6.155	6.159	6.140	6.151	0.007	0.204
28	6.148	6.151	6.133	6.144	0.007	0.211
29	6.141	6.144	6.124	6.136	0.008	0.219
30	6.133	6.138	6.118	6.130	0.007	0.228
AŞINMA MİKTARI (mm) =				0.228		

Tablo 4.12: 11 ve 12 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

NUMUNE NO 11 ZAMAN 45 DAK.		ÖLÇÜM NOKTALARI			DERİNLİK:1,04 mm SERTLİK:69 / 60 HRC	
SIRA NO	1	2	3	ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)
1	6.440	6.404	6.419	6.421	0.000	0.000
2	6.436	6.398	6.416	6.417	0.004	0.004
3	6.416	6.391	6.406	6.408	0.009	0.013
4	6.409	6.378	6.397	6.397	0.011	0.024
5	6.399	6.370	6.387	6.389	0.008	0.032
6	6.390	6.363	6.377	6.380	0.009	0.041
7	6.376	6.356	6.368	6.371	0.008	0.050
8	6.369	6.348	6.358	6.361	0.011	0.060
9	6.362	6.343	6.350	6.354	0.007	0.067
10	6.355	6.338	6.346	6.349	0.005	0.072
11	6.347	6.333	6.338	6.342	0.007	0.079
12	6.340	6.321	6.327	6.329	0.007	0.082
13	6.334	6.315	6.321	6.323	0.006	0.088
14	6.329	6.308	6.317	6.318	0.005	0.103
15	6.319	6.301	6.309	6.310	0.008	0.111
16	6.310	6.294	6.302	6.302	0.008	0.119
17	6.303	6.288	6.294	6.295	0.007	0.126
18	6.297	6.281	6.289	6.289	0.008	0.132
19	6.291	6.276	6.280	6.282	0.007	0.139
20	6.286	6.269	6.279	6.278	0.004	0.143
21	6.280	6.263	6.275	6.273	0.005	0.148
22	6.274	6.258	6.269	6.267	0.006	0.154
23	6.270	6.252	6.265	6.262	0.005	0.159
24	6.264	6.247	6.259	6.257	0.006	0.164
25	6.259	6.242	6.252	6.251	0.006	0.170
26	6.254	6.237	6.247	6.246	0.005	0.175
27	6.249	6.231	6.242	6.241	0.005	0.180
28	6.244	6.225	6.236	6.235	0.006	0.186
29	6.238	6.220	6.230	6.229	0.006	0.192
30	6.232	6.214	6.224	6.223	0.006	0.198
				AŞINMA MİKTARI (mm) =		0.198

NUMUNE NO 12 ZAMAN 45 DAK.		ÖLÇÜM NOKTALARI			DERİNLİK:1,04 mm SERTLİK:69 / 60 HRC	
SIRA NO	1	2	3	ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)
1	5.880	5.922	5.906	5.903	0.000	0.000
2	5.860	5.908	5.888	5.885	0.017	0.017
3	5.852	5.900	5.878	5.877	0.009	0.026
4	5.841	5.891	5.871	5.868	0.009	0.035
5	5.833	5.883	5.864	5.860	0.008	0.043
6	5.828	5.877	5.861	5.855	0.005	0.047
7	5.822	5.871	5.853	5.849	0.007	0.054
8	5.813	5.861	5.842	5.844	0.005	0.059
9	5.807	5.853	5.837	5.832	0.006	0.070
10	5.802	5.845	5.824	5.823	0.005	0.075
11	5.799	5.845	5.824	5.828	0.005	0.080
12	5.794	5.842	5.822	5.819	0.003	0.083
13	5.790	5.834	5.819	5.814	0.005	0.088
14	5.787	5.832	5.814	5.811	0.003	0.092
15	5.783	5.829	5.808	5.807	0.004	0.086
16	5.779	5.822	5.804	5.802	0.005	0.101
17	5.772	5.818	5.799	5.796	0.005	0.106
18	5.765	5.813	5.793	5.790	0.006	0.112
19	5.760	5.804	5.782	5.784	0.007	0.119
20	5.755	5.798	5.782	5.778	0.005	0.124
21	5.749	5.792	5.777	5.773	0.006	0.130
22	5.745	5.787	5.771	5.768	0.005	0.135
23	5.738	5.782	5.765	5.762	0.006	0.141
24	5.732	5.778	5.768	5.755	0.006	0.147
25	5.726	5.770	5.762	5.749	0.006	0.153
26	5.720	5.764	5.746	5.743	0.006	0.159
27	5.714	5.759	5.740	5.736	0.006	0.165
28	5.708	5.754	5.734	5.732	0.006	0.171
29	5.702	5.749	5.728	5.726	0.006	0.176
30	5.697	5.743	5.722	5.721	0.006	0.182
				AŞINMA MİKTARI (mm) =		0.182

Tablo 4.13: 17 ve 18 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

NUMUNE NO 17 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1,04 mm SERTLİK:58 / 60 HRC					
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI				ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)
	1	2	3	3			
1	6.549	6.563	6.535	6.535	6.549	0.000	0.000
2	6.542	6.559	6.529	6.529	6.543	0.006	0.008
3	6.531	6.536	6.519	6.519	6.529	0.015	0.020
4	6.512	6.512	6.508	6.508	6.513	0.015	0.036
5	6.504	6.512	6.501	6.501	6.506	0.008	0.043
6	6.494	6.497	6.482	6.482	6.498	0.008	0.051
7	6.480	6.481	6.487	6.487	6.487	0.010	0.062
8	6.475	6.467	6.463	6.463	6.468	0.011	0.081
9	6.469	6.462	6.457	6.457	6.463	0.006	0.086
10	6.461	6.452	6.447	6.447	6.453	0.009	0.096
11	6.456	6.446	6.441	6.441	6.448	0.006	0.101
12	6.449	6.440	6.435	6.435	6.441	0.006	0.108
13	6.443	6.435	6.428	6.428	6.435	0.006	0.114
14	6.435	6.427	6.421	6.421	6.428	0.008	0.121
15	6.430	6.420	6.414	6.414	6.421	0.007	0.128
16	6.425	6.411	6.407	6.407	6.414	0.007	0.135
17	6.419	6.402	6.398	6.398	6.406	0.008	0.143
18	6.412	6.391	6.384	6.384	6.396	0.011	0.153
19	6.405	6.385	6.378	6.378	6.389	0.006	0.160
20	6.399	6.380	6.371	6.371	6.383	0.006	0.166
21	6.394	6.373	6.364	6.364	6.377	0.006	0.172
22	6.387	6.367	6.358	6.358	6.371	0.006	0.176
23	6.381	6.362	6.351	6.351	6.365	0.006	0.184
24	6.374	6.357	6.346	6.346	6.359	0.006	0.190
25	6.368	6.351	6.338	6.338	6.352	0.007	0.197
26	6.361	6.346	6.331	6.331	6.346	0.006	0.203
27	6.356	6.338	6.326	6.326	6.340	0.006	0.209
28	6.348	6.331	6.319	6.319	6.333	0.007	0.216
29	6.341	6.324	6.311	6.311	6.325	0.007	0.224
30	6.336	6.320	6.306	6.306	6.321	0.005	0.228
AŞINMA MİKTARI (mm) =					0.228		

NUMUNE NO 18 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1,04 mm SERTLİK:58 / 60 HRC					
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI				ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)
	1	2	3	3			
1	6.302	6.318	6.320	6.320	6.313	0.000	0.000
2	6.266	6.287	6.302	6.302	6.282	0.032	0.032
3	6.260	6.278	6.282	6.282	6.273	0.008	0.040
4	6.240	6.270	6.285	6.285	6.265	0.008	0.048
5	6.224	6.255	6.277	6.277	6.257	0.008	0.056
6	6.216	6.248	6.269	6.269	6.249	0.008	0.064
7	6.207	6.237	6.256	6.256	6.241	0.009	0.073
8	6.197	6.227	6.250	6.250	6.225	0.009	0.089
9	6.193	6.221	6.244	6.244	6.219	0.005	0.094
10	6.185	6.215	6.240	6.240	6.213	0.006	0.100
11	6.177	6.211	6.234	6.234	6.207	0.006	0.106
12	6.173	6.206	6.229	6.229	6.203	0.005	0.111
13	6.171	6.200	6.223	6.223	6.188	0.005	0.115
14	6.160	6.184	6.218	6.218	6.191	0.007	0.123
15	6.147	6.180	6.213	6.213	6.183	0.007	0.130
16	6.144	6.183	6.208	6.208	6.178	0.005	0.135
17	6.139	6.178	6.202	6.202	6.173	0.005	0.140
18	6.133	6.171	6.186	6.186	6.167	0.006	0.147
19	6.128	6.166	6.190	6.190	6.161	0.005	0.152
20	6.124	6.160	6.185	6.185	6.156	0.005	0.157
21	6.120	6.155	6.181	6.181	6.152	0.004	0.161
22	6.115	6.149	6.177	6.177	6.147	0.005	0.166
23	6.109	6.142	6.171	6.171	6.141	0.006	0.173
24	6.104	6.136	6.166	6.166	6.135	0.005	0.178
25	6.098	6.130	6.160	6.160	6.129	0.006	0.184
26	6.091	6.125	6.155	6.155	6.124	0.006	0.190
27	6.085	6.120	6.150	6.150	6.118	0.005	0.195
28	6.080	6.114	6.144	6.144	6.113	0.006	0.201
29	6.076	6.109	6.139	6.139	6.108	0.005	0.205
30	6.068	6.100	6.131	6.131	6.100	0.008	0.214
AŞINMA MİKTARI (mm) =					0.214		



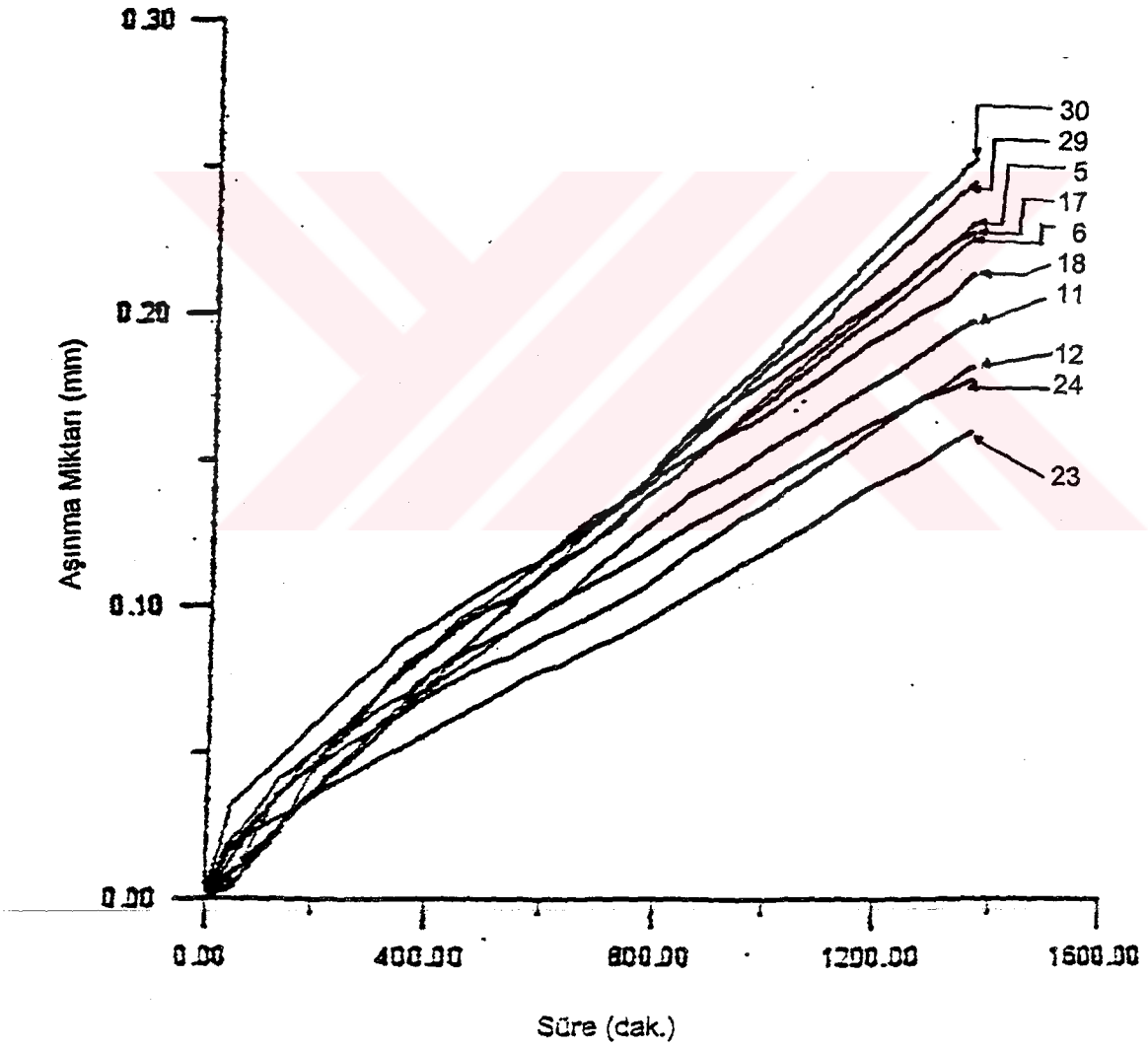
Tablo 4.14: 23 ve 24 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

NUMUNE NO: 23 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1,04 mm SERTLİK:89 / 60 HRC		DERİNLİK:1,04 mm SERTLİK:89 / 60 HRC		
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)
	1	2	3			
1	6.385	6.392	6.389	6.389	0.000	0.000
2	6.369	6.372	6.377	6.373	0.016	0.016
3	6.365	6.367	6.366	6.366	0.003	0.003
4	6.356	6.362	6.360	6.361	0.005	0.005
5	6.350	6.358	6.355	6.356	0.004	0.004
6	6.344	6.348	6.345	6.346	0.006	0.006
7	6.339	6.343	6.340	6.341	0.005	0.005
8	6.335	6.339	6.336	6.337	0.004	0.004
9	6.331	6.334	6.331	6.332	0.005	0.005
10	6.327	6.330	6.324	6.327	0.005	0.005
11	6.322	6.324	6.319	6.322	0.005	0.005
12	6.318	6.320	6.313	6.317	0.005	0.005
13	6.314	6.315	6.307	6.312	0.005	0.005
14	6.310	6.313	6.302	6.308	0.004	0.004
15	6.306	6.308	6.297	6.304	0.005	0.005
16	6.302	6.304	6.292	6.299	0.004	0.004
17	6.297	6.299	6.288	6.295	0.005	0.005
18	6.291	6.294	6.283	6.289	0.005	0.005
19	6.287	6.289	6.278	6.285	0.005	0.005
20	6.282	6.284	6.273	6.280	0.005	0.005
21	6.277	6.279	6.268	6.275	0.005	0.005
22	6.272	6.274	6.263	6.270	0.005	0.005
23	6.266	6.270	6.258	6.265	0.005	0.005
24	6.260	6.266	6.253	6.260	0.005	0.005
25	6.254	6.261	6.247	6.254	0.005	0.005
26	6.248	6.257	6.242	6.249	0.005	0.005
27	6.242	6.252	6.238	6.244	0.005	0.005
28	6.237	6.248	6.233	6.239	0.005	0.005
29	6.232	6.242	6.228	6.234	0.005	0.005
30	6.227	6.236	6.223	6.229	0.005	0.005
AŞINMA MİKTARI (mm) =				0.160		

NUMUNE NO: 24 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1,04 mm SERTLİK:89 / 60 HRC		DERİNLİK:1,04 mm SERTLİK:89 / 60 HRC		
SIRA NO	ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)
	1	2	3			
1	6.472	6.463	6.471	6.469	0.000	0.000
2	6.469	6.460	6.468	6.466	0.003	0.003
3	6.454	6.457	6.457	6.455	0.010	0.013
4	6.445	6.449	6.446	6.447	0.009	0.022
5	6.424	6.443	6.424	6.430	0.016	0.036
6	6.408	6.438	6.410	6.419	0.012	0.050
7	6.390	6.433	6.401	6.411	0.008	0.058
8	6.385	6.428	6.393	6.404	0.007	0.065
9	6.375	6.424	6.387	6.399	0.005	0.070
10	6.370	6.420	6.376	6.380	0.008	0.078
11	6.368	6.415	6.373	6.386	0.004	0.083
12	6.361	6.411	6.368	6.381	0.005	0.088
13	6.357	6.402	6.367	6.372	0.004	0.092
14	6.352	6.397	6.352	6.367	0.005	0.097
15	6.347	6.392	6.347	6.362	0.005	0.102
16	6.341	6.387	6.343	6.357	0.005	0.107
17	6.335	6.382	6.338	6.352	0.005	0.112
18	6.328	6.375	6.330	6.346	0.006	0.117
19	6.323	6.375	6.325	6.341	0.005	0.123
20	6.318	6.371	6.320	6.336	0.005	0.128
21	6.313	6.367	6.314	6.331	0.005	0.132
22	6.308	6.362	6.309	6.326	0.005	0.137
23	6.303	6.357	6.304	6.321	0.005	0.142
24	6.298	6.352	6.299	6.316	0.006	0.147
25	6.293	6.348	6.294	6.312	0.006	0.152
26	6.287	6.343	6.290	6.307	0.005	0.157
27	6.282	6.339	6.286	6.302	0.004	0.162
28	6.278	6.335	6.281	6.298	0.004	0.166
29	6.274	6.331	6.278	6.294	0.004	0.171
30	6.270	6.327	6.274	6.290	0.004	0.176
AŞINMA MİKTARI (mm) =				0.178		

Tablo 4.15: 29 ve 30 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

NUMUNE NO:29 ZAMAN 45 DAK.		DERİNLİK:1,04 mm SERTLİK:59 / 60 HRC		DERİNLİK:1,04 mm SERTLİK:59 / 60 HRC			
SIRA NO		ÖLÇÜM NOKTALARI			ÖLÇÜM NOKTALARI		
		1	2	3	ORTALAMA	FARK	TOPLAM FARK (mm)
1	6.205	6.206	6.208	6.208	6.206	0.000	0.000
2	6.196	6.197	6.199	6.199	6.197	0.009	0.009
3	6.180	6.181	6.191	6.191	6.190	0.007	0.016
4	6.175	6.172	6.172	6.172	6.181	0.009	0.025
5	6.168	6.163	6.164	6.164	6.173	0.008	0.033
6	6.158	6.154	6.156	6.156	6.164	0.009	0.042
7	6.150	6.145	6.147	6.147	6.156	0.008	0.060
8	6.141	6.136	6.138	6.138	6.147	0.009	0.059
9	6.132	6.127	6.130	6.130	6.138	0.009	0.068
10	6.123	6.120	6.123	6.123	6.130	0.009	0.077
11	6.114	6.112	6.115	6.115	6.122	0.008	0.084
12	6.106	6.105	6.107	6.107	6.114	0.008	0.093
13	6.097	6.094	6.098	6.098	6.106	0.008	0.100
14	6.089	6.086	6.089	6.089	6.096	0.010	0.110
15	6.082	6.078	6.081	6.081	6.088	0.008	0.118
16	6.075	6.069	6.073	6.073	6.072	0.008	0.126
17	6.067	6.062	6.065	6.065	6.072	0.008	0.134
18	6.059	6.055	6.056	6.056	6.065	0.008	0.142
19	6.051	6.048	6.048	6.048	6.057	0.008	0.150
20	6.043	6.040	6.040	6.040	6.049	0.008	0.157
21	6.034	6.032	6.032	6.032	6.041	0.008	0.165
22	6.026	6.024	6.024	6.024	6.025	0.008	0.174
23	6.018	6.017	6.018	6.018	6.025	0.008	0.182
24	6.011	6.009	6.010	6.010	6.018	0.007	0.189
25	6.003	6.000	6.001	6.001	6.010	0.008	0.198
26	5.995	5.991	5.993	5.993	6.001	0.009	0.205
27	5.987	5.983	5.985	5.985	5.993	0.008	0.213
28	5.979	5.975	5.978	5.978	5.985	0.008	0.221
29	5.970	5.968	5.970	5.970	5.977	0.008	0.229
30	5.961	5.960	5.962	5.962	5.968	0.008	0.237
					5.961	0.008	0.245
		AŞINMA MİKTARI (mm) =			0.245		
		AŞINMA MİKTARI (mm) =			0.253		



Şekil 4.24 : C grubu numunelerinin süre - aşınma miktarı grafiği

## NORMALİZASYON İŞLEMİ

Isıl işlem süresi : 3.5 Saat

Isıl işlem sıcaklığı: 880°C

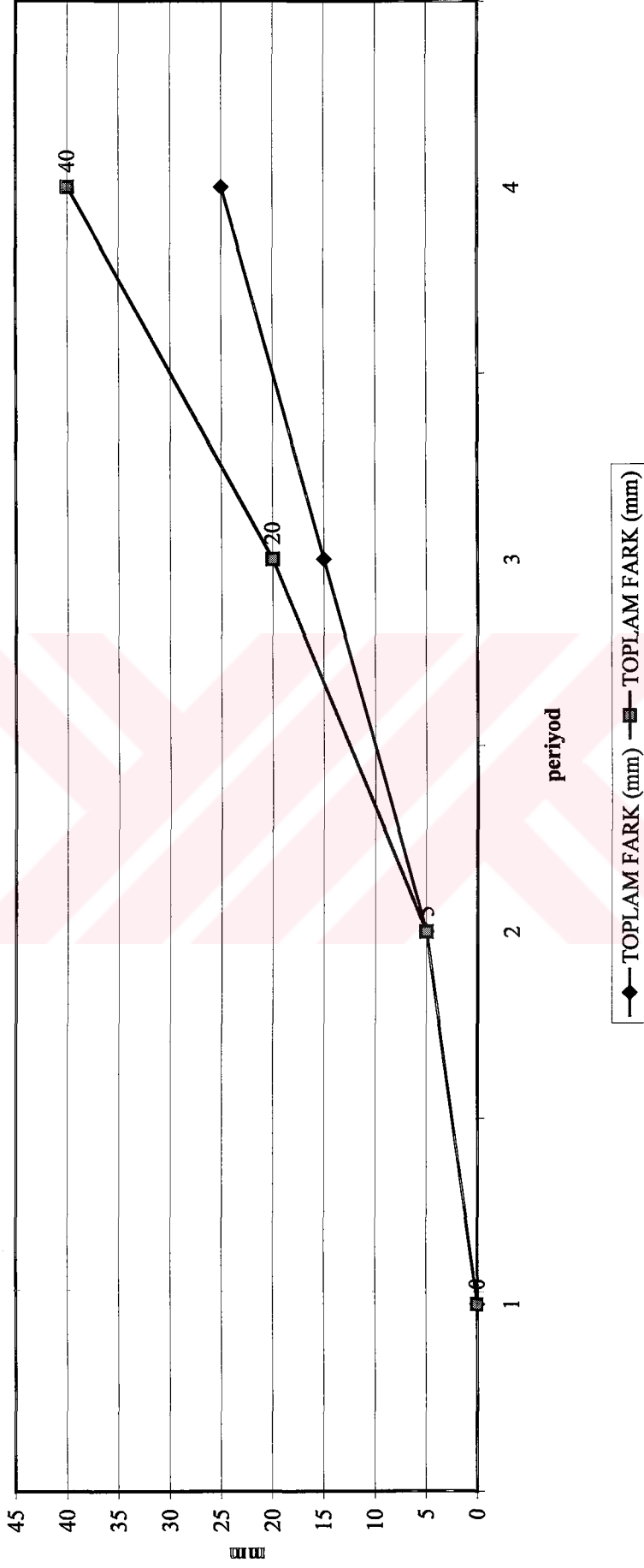


Tablo 4.16: 1 ve 2 nolu numunelerin toplam aşınma tablosu

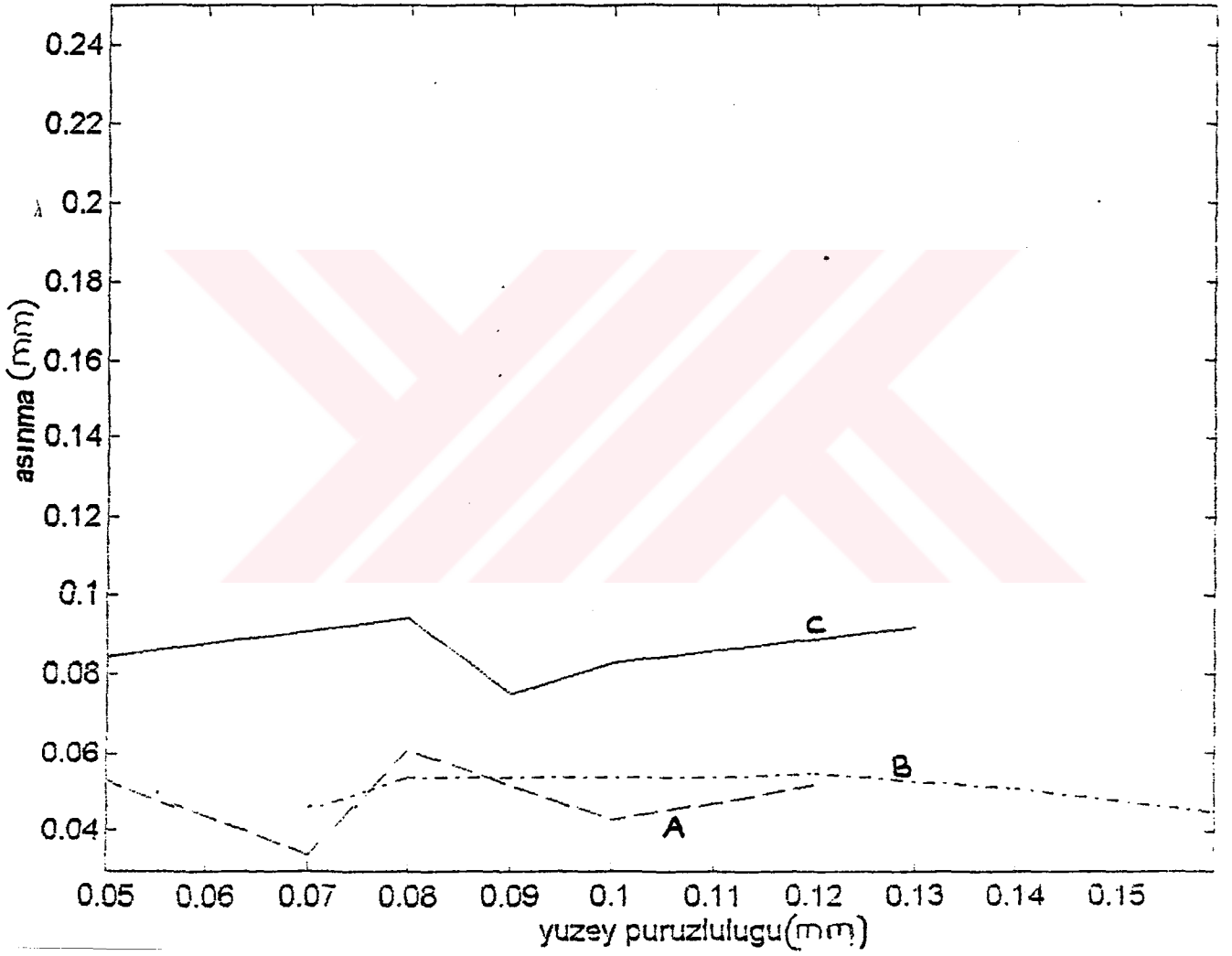
NUMUNE NO 1		ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA DEĞER (mm)	GENEL FARK (µm)	TOPLAM FARK (µm)
ASINMA ZAMANI (dak.)	1	2	3				
0	6,668	6,670	6,668	6,669	0,000	0,000	
5	5,568	5,562	5,560	5,563	1,105	1,105	
10	4,465	4,468	4,460	4,464	1,099	2,204	
15	3,362	3,365	3,360	3,362	1,102	2,201	
ASINMA MİKTARI (mm) :		5,511					

NUMUNE NO :2		ÖLÇÜM NOKTALARI			ORTALAMA DEĞER (mm)	GENEL FARK (µm)	TOPLAM FARK (µm)
ASINMA ZAMANI (dak.)	1	2	3				
0	6,634	6,645	6,638	6,639	0,000	0,000	
5	5,534	5,530	5,532	5,532	1,107	1,107	
10	4,436	4,437	4,436	4,436	1,096	2,203	
15	3,360	3,363	3,363	3,362	1,074	2,170	
ASINMA MİKTARI (mm) :		5,480					

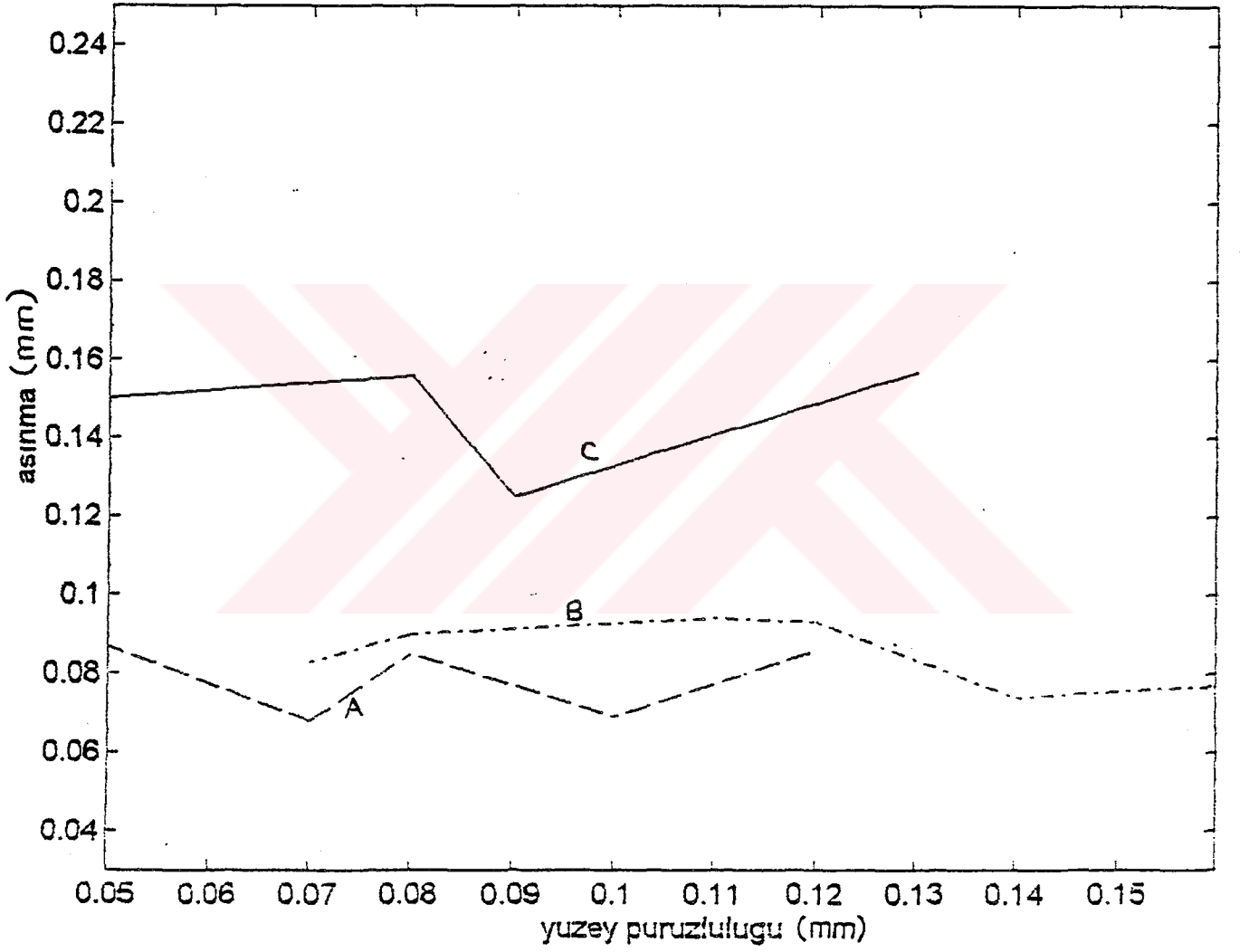
### 1 VE 2 NOLU NUMUNELERİN AŞINMA GRAFİĞİ



Şekil 4.25 : Sementasyon işlemi yapılmamış 1 ve 2 nolu numunelerin aşınma grafiği

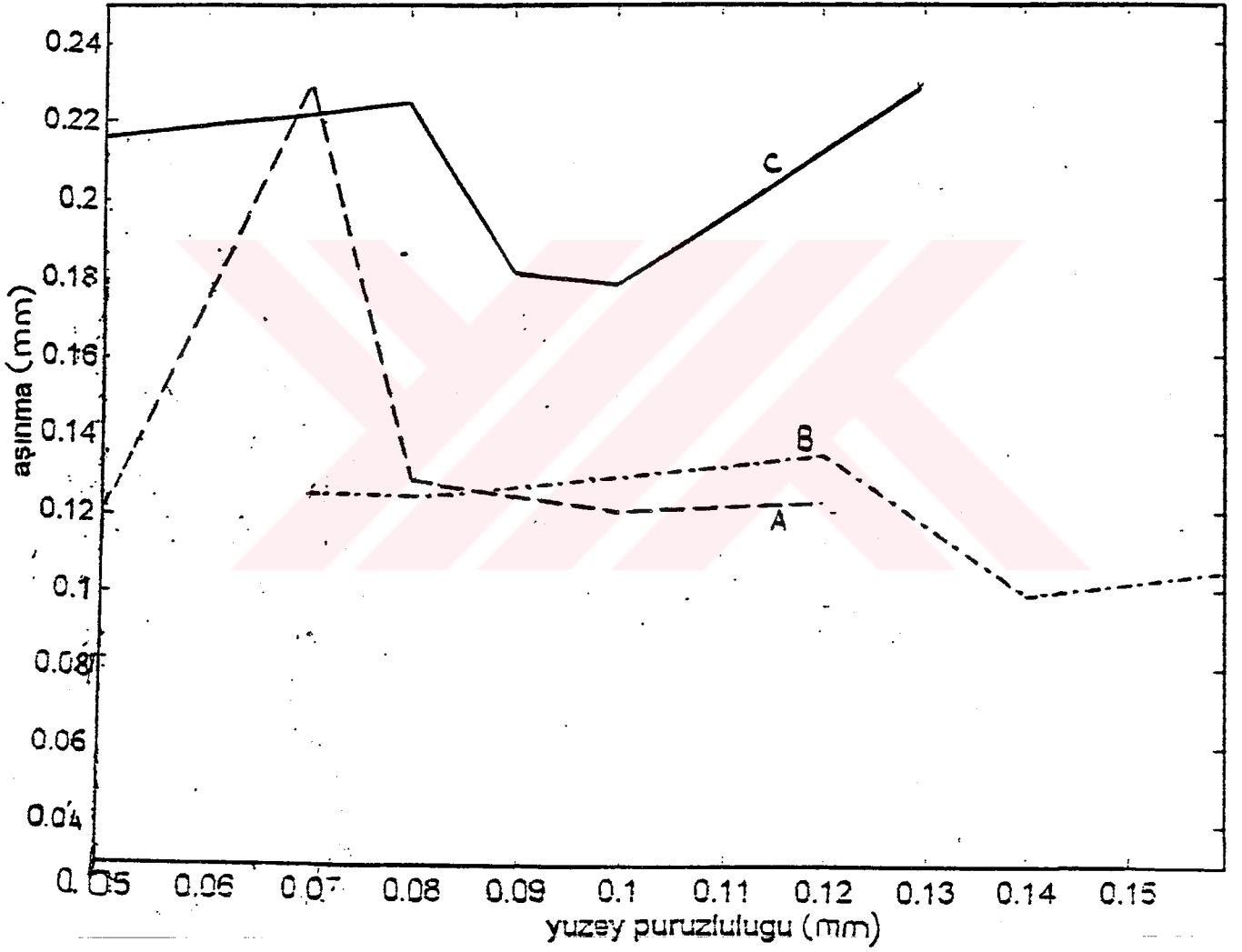


Şekil 4.26 : Aşınma numunelerinin 450 dak. sonundaki yüzey pürüzlülüğü-aşınma miktarı değişimi



Şekil 4.27: Aşınma numunelerinin 900 dak sonundaki yüzey pürüzlülüğü-aşınma miktarı değişimi





Şekil 4.28 : Aşınma numunelerinin 1350 dak. sonundaki yüzey pürüzlülüğü-aşınma miktarı değişimi

## SONUÇ

Farklı yüzey pürüzlülüğüne sahip aşınma numuneleri, 880 °C 'de 3.5 saat normalizasyon işlemine tabi tutulduktan sonra 930 °C'de 6; 3.5 ve 1.5 saat sementasyon işlemine tabi tutulmuşlardır.

1 ve 2 numaralı numunelere sementasyon işlemi uygulanmadan aşınma işlemine tabi tutulduğu için çok kısa bir zaman içinde aşınıp yüzey kalitesi bozuldu parlak yüzey yerini mat bir yüzeye bıraktı, diğer gruptaki numunelere göre daha iri taneli talaş alındığı ve aşınma periyodu çok daha kısa olduğu gözlemlendi.

Sementasyon işlemi uygulanan grupta sırasıyla 1.29 mm. Sementasyon derinliği ve 60 / 61 HRC sertlik; 1.04 mm sementasyon derinliği ve 59 / 60 HRC sertlik, 0.68 mm. Sementasyon derinliği ve 60 HRC sertlik elde edilmiştir.

Numuneler aynı tribolojik şartlar altında aşınma deneylerine tabi tutulmuştur. Aşınma deneylerinin başlangıç periyodlarında ( 450 dak. Şekil-15) yüzey pürüzlülükleri, karşı sürtünme elemanı tarafından düzeltilmeye çalışıldığı için numunelerin aşınma miktarları arasında çok büyük farklılıklar görülmezken, ileri aşamalarda ( 900. ve 1350. dak.da Şekil 16 ve 17) numunelerin aşınma miktarları arasındaki fark giderek büyümektedir.

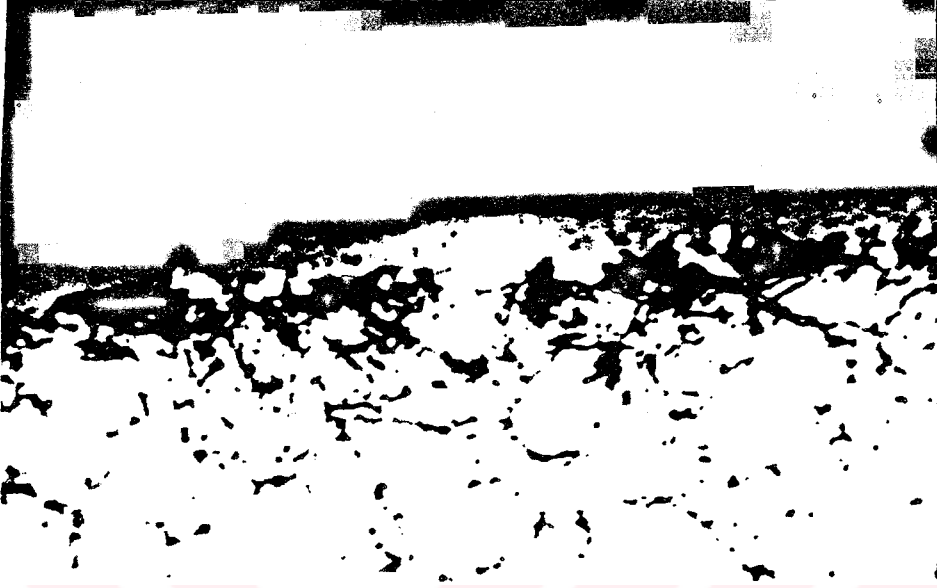
3.5 saat sementasyon süresi sonunda 1.04 mm. Sementasyon derinliği ve 59 / 60 HRC sertliğe sahip B grubu numunelerin, genel olarak diğer ( A ve C grubu ) numunelere göre daha yüksek aşınma dayanımına sahip oldukları belirlenmiştir. Aşınma deneyi sonunda, söz konusu tribolojik şartlara sahip aşınma sistemlerinde kullanılacak 16 MnCr 5 sementasyon çeliği için en iyi sementasyon şartının 930 °C'da 3.5 saat ( 1.04 mm. Derinlik ve 59 / 60 HRC ) olduğu görülmektedir. Yüzey pürüzlülüğü değerlerinin aşınmanın ilk aşamalarında etkili olduğu, ancak belirli bir süre sonra etkisini kaybettiği belirlenmiştir.

Abrasiv aşınma mekanizmasının etkili olduğu tribolojik sistemlerde aşınma dayanımının daha çok sementasyon şartlarından etkilendiği görülmektedir. Deneylerin yapıldığı tribolojik şartlarda sertlik veya sementasyon derinliği ile aşınma dayanımı arasında doğrudan bir ilişki olmadığı belirlenmiştir.

Tribolojik sisteme çok sayıda faktörün etki etmesi, bu faktörlerden herhangi birinin değişmesiyle diğer faktörlerin aşınma dayanımını önceden nasıl etkileyeceğinin belirlenememesi, her tribolojik sistem için aşınma dayanımının incelenmesini gerektirdiği , bu çalışmada yapılan deneyler sonunda bir daha ortaya konmuştur.



Şekil 4.29 :Semente edilmiş örnek numunenin kesit mikrofilm görüntüsü



1260 X Kesit görüntüsü



630 X Kesit görüntüsü

**KAYNAKLAR**

- /1/ ATIK,E. Yüksek Lisans Tezi, "Poliüretan esaslı sürtünme elemanlarının belirlenmiş şartlar için imal edilen bir düzenekte aşınma davranışlarının incelenmesi" Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa, Ağustos,1987
- /2/ Doç. Dr. Erdinç KALUÇ, Araştırma Görevlisi Yük. Müh.Nejat SARI, "Karbonlu Çeliklerin Abrasiv Aşınması" Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü "Mühendis ve Makina" TMMOB Makina Mühendisleri Odası Aylık Yayın Organı, Aralık,1996, Sayı443
- /3/ ANIK, S., DİKİCİOĞLU, A.,VURAL, M., "Bakım ve Tamir İşlerinde Kaynak ve Metal Püskürtme", Metal ve Kaynak, Sayı 49, S. 21-25, İstanbul, Kasım 1993
- /4/ OĞUZ, B., "Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları", Oerlikon Kaynak Elektodları ve Sanayii A.Ş., İstanbul 1993
- /5/ KRAGELSKY, I. V., ALLISIN, V. V., "Friction-Wear-Lubrication", Tribology Handbook, Vol.1,U.S.S.R., 19981
- /6/ GEDİKTAŞ, M., "Sürtünme ve Aşınma", İ.T.Ü Dergisi, Cilt 28, Sayı 3, 1970
- /7/ DIN 50 320, 1953
- /8/ FLEICHER,G.,WAMSER, H., Termolgie "Reibung und Verscleiss", Schmierungstechnik (3), 1972
- /9/ DIN 50 320, 1976
- /10/ DEMİRCİ, A.H., "Ötektoidalı Alaşimsız Çeliklerin Isıl İşlemlere Bağlı olarak Aşınma Davranışlarının İncelenmesi ve Optimizasyonu", Doçentlik Çalışması, E.Ü. Makina Fakültesi,1982
- /11/ KRAGELSKY,I.V., DOBICHIN, M.N., KOMBOLOW, V.S., "Friction and Wear Calculation Methods", U.S.S.R.,1980

/12/ BOWDEN, F.B., TABOR, D., "Reibung und Schunerung Fester Körper", Springer Verlag,Berlin, Göttingen, Heilderberg, 1959

/13/ MISRA, A., FINNIE, I., "A Review of the Abrasive Wear of Metals", Journal of Engineering Materials and Technology, Vol.104, p.p. 104-131, April,1982

/14/ KRAGELSKY, I. V., "Reibung und Verscleiss", Carl Hanse Verlag, München, 1971

/15/ BOWDEN, F.B., TABOR, D., "Friction and Lubrication of Solids", Oxford at the Ciarendon Press, 1971

/16/ BURWELL,J.T., STRANG,C.D., "On the Emprical Law of Adhesive Wear" J.Appl. Physc., Volume 23, H1,1952

/17/ HUTCHINGS, I.M., "Tribology, Friction and Wear Engineering Materials", Edward Arnold, London,1992

/18/ N.N. "Abrasive Wear-1965", Society of Automotive Engineers, Inc., Printed in U.S.A., 1966

/19/ KARAMIŞ, M.B., "Toprak İşleme Aletlerinde İş Organının Aşınma Etüdü", Doktora Tezi, Erciyes Ün.

/20/ YUN,J., BHOLE, S.D., "Development of a Prototype Abrasive Wear Tester for Tillage Tools Materials", Tribology International, Vol.23, No 5 , p.p 309-316, 1989

/21/ KRUSCHOF, M.M, "Conf. On Lubrication and Wear", p.46 London,1957

/22/ MAILENDER, R., DIES,K., "Technische Mitteilungen", Krupp Forshungsberichte, 1942

/23/ FINK, M., "Technische Mitteilungen", 1962

/24/ CAMERON,A., DUDLEY,W., "Zahnraeder", Springer Verlag, Berlin, 1961

/25/ XU, L., KENNON,N.F., " A Study of the Abrasive Wear of Carbon Steels " ,Wear,148, p.p.101-112, 1991

**/26/** DAS, S., PRASAD, K., JHA,A.K., MODI,O.P., VEGNESWARAN,A.H., "Three-Body Abrasive Wear of 0,98% Carbon Steel", Wear,162-164, p.p802-810, 1993

**/27/** ÇELİK,A., KARADENİZ,S., KAYMAZ,I., "Plazma Destekli Modern Yüzey İşlemleri", Pamukkale Ün., Müh. Fak., 6. Denizli Malzeme Sempozyumu, S.134-142, 12-14 Nisan 1995

**/28/** KIM,H.J., KWEON,Y.G., "The Improvement of Three Body Abrasive Wear of Plain Carbon Steel by Thermochemical Treatments", Wear,174, p.p. 201-208, 1994

**/29/** VEGELPOHL,G., "250 Jahre Reibungsforschung", Zeitschrift des Vereines Deutcher Ingenieure, p.p 641-643, 1949

**/30/** KNOTEK, O., LUGSCHEIDER,E., ESCHAUER, H., "Hartlegierungen zum Verschleiss-Schutz", Verlag Stahleisen, Düsseldorf,1975

**/31/** KRAUSE, H., SCHCLTEN, J., "Untersuchungen über das Walzreibungs und Abnutzungsverhalten Von Titan und Titanlegierungen", Forschungsbericht das Landes Nordrhein-Westfalen, Nr.2667, Opladen ,1977

**/32/** HABIG, K.H., KUNST, H., "Tribologische Eigenschaften von Borierten und Vanadierich Stählen", p.p221-228, 1973

**/33/** HABIG, K.H., CHATTERJEE-FISCHER, R., HOFFMANN, F., "Adhesiver,Abrasiver und Tribochemischer Verschleiss Von Oberflächenschichten, die durch Eindiffusion von Bor, Vandin oder Stickstoff in Stahl Gebilent Werden.", Harterei-Tech. Mitt 33(1978) , p.p.28-35

**/34/** GÜRLEYİK, M.Y., "Aşınmanın Azaltılabilmesi İçin Soğuk Deformasyondan Yararlanma", K.T.Ü. Yayınları, Trabzon,1978

**/35/** HAMMER,P., "Wechselbeziehung von Kaltverfestigung und Abreb bei Eisenwerkstoffen", Schmierungstechnik , p.p. 136-139, 2(1971)

**/36/** HABERFELD,E., "Einfuss des Pestwalzens des Spurkranzes und der Neigung des Laufiranzes auf den Verschleissverbuf des Radprofils", Schienenfahrzeuge , p.p. 57-60 12(1968)

**/37/** "Friction and Wear Devices", Report of Sobcommittee on Wear, American Society of Lubrication Engineers (ASLE), 1976

**/38/** ROBİLLER, G., STRASSBURGER,C., "Zum Bauschinger-Effekt Unlegierter Stahle", Mater-Prüf., p.p.83-85, 11(1969)

**/39/** ZUM GAHR, K.H., WAGNER,L., "Abrasier Verschleiss-Widerstand von Gusseisen mitt Kugelgraphit bei Unterschiedlichen Sekundargefüge", Arch. Eisenhalttenwes, p.p.315-320 50(1979)

**/40/** DeGARMO,P., TEMPLEBLACK, J., KOHSER,R.A., "Materials and Process in Manufacturing", Macmillan Publishing Comp., U.S.A.,1988

**/41/** Asil Çelik Teknik Yayınları, "Sementasyon Çelikleri"

**/42/** DAHL, W., "Pestigkeitsstei Gerung Durch Verformung", in Grundlagen des Festigkeits-und Bruchverhaltens, p.p.101-110, Düsseldorf, 1974

**/43/** HABİG, K.H., "Verschleiss und Harte Von Werksoffen", Carl Hanser Verlag, München-Wien,1980

**/44/** Prof. Dr: AKKURT, Mustafa, "Takım Tezgahları Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Teknolojisi" sayfa:446,447 İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Birsen Yayınevi

**/45/** ATİK, E. "Yaşlandırılabilir Bir Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Kompozitinde Aşınma Dayanımı Açısından Optimum Mekanik Özelliklerin ve Üretim Şartlarının Belirlenmesi", Doktora Tezi, U.Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 1994, s. 53



## ÖZGEÇMİŞ

15.10.1965 yılında , Konya'da doğdu

İlk –orta- lise öğrenimini Manisa'da tamamladı

İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Yüksek Okulu Makina-Resim –Konstrüksiyon Bölümünden 1987 yılında, Doğu Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliğini 1995 yılında tamamladı.

1995 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisansa başladı. Bu arada özel sektörde Üretim Mühendisi olarak bir yıl çalıştı

1996-1997 yılında askerlik vazifesini tamamladı

Halen, Hyundai - Assan - Hanıl grubunda Mühendislik Bölümünde Makina Mühendisi olarak görevini sürdürmektedir.