

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YASSI MAMUL ÜRETen BİR ENTEGRE DEMİR-ÇELİK
FABRİKASINDA AŞINMA OLAYLARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Met. Müh. Ahmet GÜMÜŞ
(506951049)

101460

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

101460

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih

: 22 Ocak 2001

Tezin Savunulduğu Tarih

: 08 Şubat 2001

Tez Danışmanı

: Prof. Dr. Hüseyin ÇİMENÖĞLU

Diğer Juri Üyeleri

: Prof. Dr. E. Sabri KAYALI

Prof. Dr. Niyazi ERUSLU

[Handwritten signatures of Prof. Dr. Hüseyin ÇİMENÖĞLU, Prof. Dr. E. Sabri KAYALI, and Prof. Dr. Niyazi ERUSLU]

ŞUBAT 2001

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında desteğini esirgemeyen ve yardımcı olan sayın hocam Prof. Dr. Hüseyin Çimenoglu'na teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezimi hazırlama sürecinde bana değerli zamanını ayıran ve her konuda bilgilendiren Erdemir işletme üniteleri Bakım Başmühendis ve Mühendis çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tezimin şekillendirilmesi, yazılması ve kaynakların temininde yardımlarını esirgemeyen ve tecrübelerinden yararlandığım arkadaşlarım sayın Metalurji Yüksek Mühendisi Uğur Pamuk'a, Dr. M. Mustafa Arıkan'a ve Dr. Oktay Elkoca'ya teşekkürlerimi sunarım.

Şubat 2001

Ahmet GÜMÜŞ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
BÖLÜM 1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
BÖLÜM 2. AŞINMA	2
2.1. Giriş	2
2.2. Abrasiv Aşınma	4
2.2.1. Metal Özelliklerinin Abrasiv Aşınma Üzerindeki Etkisi	6
2.2.2. Dış Faktörlerin Abrasiv Aşınmaya Etkisi	8
2.2.2.1. Abrasiv Aşındırıcı Türü ve Şekli	9
2.2.2.2. Ortam Sıcaklığı	11
2.2.2.3. Sürtünme Hızı	11
2.2.2.4. Yük	11
2.2.2.5. Nem	11
2.2.2.6. Korozyon Etkisi	12
2.2.3. Abrasiv Aşınmanın Önlenmesi	12
2.3. Adhesiv (yapışma) Aşınma	13
2.3.1. Adhesiv Aşınmayı Önleme Yöntemleri	14
2.4. Kazımalı Aşınma	15
2.5. Dövme Aşınması	16
2.6. Katı Parça Erozyon Aşınması	17
2.7. Kavitasyon Erozyon Aşınması	19
2.8. Korozyon Aşınması	20
2.8.1. Sıvı Atıkların Taşınması Sırasında Oluşan Aşınma	20
2.8.2. Kayma Aşınması	21
2.8.3. Yüksek Sıcaklık Aşınması	21
2.8.4. Korozyon Aşınmasında Çevrenin Etkisi	21
2.9. Oksidasyon Aşınması	24
2.10. Oymalı Aşınma	26
2.11. Öğütmeli Aşınma	26
2.12. Yorulma Aşınması	27
2.13. Yuvarlanma Aşınması (RCW)	27
BÖLÜM 3. SÜRTÜNME ve AŞINMA UYGULAMALARINDA METALLER	30
3.1. Giriş	30
3.2. Dökme Demirlerde Sürtünme ve Aşınma	32
3.2.1. Mikro Yapı	34
3.2.2. Uygulamalar	35

	<u>Sayfa No</u>
3.3. Karbon ve Alaşımli Çeliklerde Sürtünme ve Aşınma	36
3.4. Takım Çeliklerinde Sürtünme ve Aşınma	38
3.4.1. Takım Çeliklerinin Aşınma Mekanizması	41
3.5. Paslanmaz Çeliklerde Sürtünme ve Aşınma	42
3.6. Bilye Çeliklerinde Sürtünme ve Aşınma	44
BÖLÜM 4. ERDEMİR ve ÜRETİM PROSESİ	45
4.1. Giriş	45
4.2. Uzunkum Limanı ve Maniplasyon Tesisleri	46
4.3. Kok Fabrikaları	47
4.3.1. Kömür Hazırlama Tesisleri	47
4.3.2. Kok Bataryaları	47
4.3.3. Kok Maniplasyon Tesisleri	47
4.3.4. Yan Ürün Tesisleri	47
4.4. Sinter Fabrikası	48
4.5. Kömür Enjeksiyon Tesisi	48
4.6. I. Yüksek Fırın "Ayşe"	48
4.7. II. Yüksek Fırın "Zübeyde"	48
4.8. Kükürt Giderme Tesisi	48
4.9. Çelikhane	49
4.10. İkincil Metalurji Tesisleri	49
4.11. Sürekli Döküm Tesisleri	49
4.12. Sıcak Haddehaneler	49
4.12.1. Slab Stok ve Yüzey Temizleme Sahası	49
4.12.2. Slab Isıtma Fırınları	50
4.12.3. I. Sıcak Şerit Hadde	50
4.12.4. II. Sıcak Şerit Hadde	50
4.12.5. Levha Normalizasyon Fırını	50
4.13. I. Soğuk Haddehane	50
4.13.1. Asitle Temizleme Hatları	50
4.13.2. Tandem Hadde	51
4.13.3. Alkali Temizleme Hattı	51
4.13.4. Bobin Tavlama Fırınları	51
4.13.5. Temper Haddeleri	51
4.14. İkmal Tesisleri	51
4.14.1. Teneke Hattı	51
4.14.2. Teneke Makası	52
4.14.3. Soğuk Makaslar	52
4.14.4. Sıcak Makaslar	52
4.14.5. Sıcak Dilme Hattı	52
4.14.5. Bobin Hazırlama Hattı	52
4.15. II. Soğuk Haddehane	52
4.15.1. Soğuk Dilme	53
4.16. Üretime Yardımcı Olan Üniteler	53
4.16.1. Kireç Fabrikaları	53
4.16.2. Oksijen Fabrikaları	53
4.16.3. Enerji Üretim ve Dağıtım Tesisleri	54
4.16.4. Baraj ve Su Tesisleri	54

4.16.5. Atölyeler	54
4.17. ERDEMİR Proses Akışı	55
BÖLÜM 5. ERDEMİR’de MÜDÜRLÜKLER BAZINDA İŞLETME ÜNİTELERİNDE MEYDANA GELEN AŞINMALAR	60
5.1. Giriş	60
5.2. Liman ve Nakliyat Baş Müdürlüğü	60
5.2.1. Liman Müdürlüğü	60
5.2.1.1. Tanımı Konumu ve Görevleri	60
5.2.1.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları	61
5.3. Demir Üretim Baş Müdürlüğü	63
5.3.1. Kok Fabrikası Müdürlüğü	63
5.3.1.1. Tanımı Konumu ve Görevleri	63
5.3.1.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları	63
5.3.2. Sinter ve Hammadde Manipulasyon Müdürlüğü	64
5.3.2.1. Tanımı Konumu ve Görevleri	64
5.3.2.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları	64
5.3.3. Yüksek Fırımlar Müdürlüğü	67
5.3.3.1. Tanımı Konumu ve Görevleri	67
5.3.3.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları	67
5.4. Çelik Üretim Baş Müdürlüğü	68
5.4.1. Çelikhane Müdürlüğü	68
5.4.1.1. Tanımı Konumu ve Görevleri	68
5.4.1.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları	69
5.4.2. Sürekli Dökümler Müdürlüğü	69
5.4.2.1. Tanımı Konumu ve Görevleri	69
5.4.2.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları	70
5.5. Sıcak Haddehaneler Baş Müdürlüğü	71
5.5.1. I. Sıcak Haddehane Müdürlüğü	71
5.5.1.1. Tanımı Konumu ve Görevleri	71
5.5.1.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları	71
5.5.2. II. Sıcak Haddehane Müdürlüğü	73
5.5.2.1. Tanımı Konumu ve Görevleri	73
5.5.2.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları	73
5.6. Soğuk Haddehaneler Baş Müdürlüğü	75
5.6.1. I. Soğuk Haddehane Müdürlüğü	75
5.6.1.1. Tanımı Konumu ve Görevleri	75
5.6.1.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları	75
5.6.2. II. Soğuk Haddehane Müdürlüğü	76
5.6.2.1. Tanımı Konumu ve Görevleri	76
5.6.2.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları	76
5.7. Atelyeler ve Bakım Baş Müdürlüğü	78
5.7.1. Hadde Atelyeleri Müdürlüğü	78
5.7.1.1. Tanımı Konumu ve Görevleri	78
5.7.1.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları	78

	<u>Sayfa No</u>
BÖLÜM 6. ERDEMİR’de MEYDANA GELEN AŞINMA KAYBI MALİYETİNİN BELİRLENMESİ ve SONUÇLARIN İRDELENMESİ	79
6.1. Giriş	79
6.2. Erdemir’de Kullanılan Hadde Merdanelerinin Aşınma Miktarları ve Maliyetleri.	80
6.3. Aşınma Maliyetlerinin İşletme Üniteleri Bazında İncelenmesi	81
6.4. Aşınma Maliyetlerinin Aşınma Mekanizmaları Bazında İncelenmesi.	86
BÖLÜM 7. GENEL SONUÇLAR	90
KAYNAKLAR	91
EKLER	92
ÖZGEÇMİŞ	110

KISALTMALAR

ASTM	: American Society for Testing and Materials
DIN	: Deutsches Institut für Normung
CAL	: Continue Annealing Line
CPL	: Continue Pickling Line
SSP	: Slab Sizing Press
ARP	: Acid Regeneration Pomp
PVC	: Poli Viniliden Klorür
KAM	: Kapasite Artırım ve Modernizasyon
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
HRC	: Rokwel C sertliği.
RCW	: Rolling Contact Wear.
CRMS	: Cold Rolled Milled Steel
HRMS	: Hot Rolled Milled Steel

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>	<u>No</u>
Tablo 2.1	: Metallerin yapışmasını (adhesyonunu) etkileyen faktörler.	14
Tablo 3.1	: Tipik aşınma uygulamaları.	35
Tablo 6.1	: 1999 yılı için sıcak ve soğuk haddehane merdanelerinin aşınma miktarları ve maliyetleri.	81
Tablo 6.2	: Üniteler bazında aşınma maliyetleri.	83
Tablo 6.3	: Erdemir’de çeşitli ünitelerdeki aşınan elemanların aşınma mekanizmaları.	87
Tablo 6.4	: Erdemir’de çeşitli ünitelerdeki aşınma mekanizmalarına bağlı olarak aşınma maliyeti.	89
Tablo A.1	: Erdemir’de işletme üniteleri bazında aşınan ekipmanlar, aşınma mekanizmaları, stok kontrol ve resim numaraları, yıllık sarflar ve maliyetler.	93
Tablo B.1	: Aylara göre 2000 yılı sıcak haddehane merdane aşınmaları.	99
Tablo B.2	: Aylara göre 2000 yılı soğuk haddehane merdane aşınmaları.	100
Tablo C.1	: Erdemir’in 1990-2000 yılları arasında hatlar bazında üretimi (ton).	102

ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa</u>	<u>No</u>
Şekil 2.1	: Aşınmayı oluşturan unsurlar.	3	
Şekil 2.2	: Abrasiv aşınma sırasındaki değme çeşitleri	4	
Şekil 2.3	: Abrasiv aşınmanın beş prosesi	5	
Şekil 2.4	: İkinci fazın abrasiv aşınmaya olan etkisi	7	
	a) Küçük ikinci faz, kolay kopma		
	b) Büyük ikinci faz, matrisin korunması		
	c) Çok büyük ikinci faz, martiste küçük abrasiv kanalcıklar		
Şekil 2.5	: İkinci Fazın, yönünün, büyüklüğünün, elastik modülünün, sertliğinin ve kırılabilirliğinin abrasiv aşınmaya etkisi.	8	
Şekil 2.6	: Metal sertliğinin abrasiv partikül sertliğine oranının, abrasiv aşınmaya etkisi.	9	
Şekil 2.7	: Bazı minerallerin ve alaşım mikroyapılarının sertlikleri.	10	
Şekil 2.8	: Minerallerin tokluğunun abrasiv aşınmaya etkisi.	11	
Şekil 2.9	: SiC partikülle, iki farklı malzemenin farklı açılarda uğradığı erozyon aşınması oranı.	18	
Şekil 2.10	: Cevher hazırlamada kullanılan tel eleğin kayma aşınması.	21	
Şekil 2.11	: Tekrarlı akış ve tek akışlı sıvı atıklar arasındaki fark.	22	
Şekil 2.12	: Eğri borunun partiküller tarafından erozif aşınması	23	
Şekil 2.13	: Bir kemirici ucta meydana gelen kendi kendine bilenmenin oluşum mekanizması.	27	
Şekil 2.14	: Dişli.	29	
Şekil 3.1	: Martenzitin sertliğinin karbon miktarı ile değişimi.	36	
Şekil 3.2	: Sertlik ve karbon miktarının bir fonksiyonu olarak abrasiv aşınma direnci.	39	
Şekil 3.3	: Sementit hacim oranının, sertleştirilmiş ve Temperlenmiş karbon çeliklerinin sertliğine olan etkisi.	41	
Şekil 4.1	: Erdemir genel görünüşü.	46	
Şekil 4.2	: Erdemir genel proses akışı.	56	
Şekil 5.1	: Hooper aşınma plakasının şematik görünüşü	61	
Şekil 5.2	: Sinter harmanına toz malzemenin akışı ve paslanmaz çelik plaka	65	
Şekil 5.3	: Malzeme transferinin şematik gösterilişi	66	
Şekil 5.4	: Bobin sarma sistemi şematik görünüşü	74	
Şekil D.1	: Söndürme vagonu genel görünüşü.	104	
Şekil D.2	: Söndürme vagonu aşınma plakası.	104	

	<u>Sayfa</u>	<u>No</u>
Şekil D.3	: Konveyör sistemi genel görünüşü.	105
Şekil D.4	: Konveyör sisteminde kullanılan aşınma plakaları.	106
Şekil D.5	: Konveyörlere besleme yapan elemanlar.	106
Şekil D.6	: Sürekli döküm kalıpları. a) Kalıp içi, aşınmış, b) Kalıp içi, aşınmış, c) Kalıp sistemi.	107
Şekil D. 7	: Sürekli döküm sisteminde kullanılan roller	108
Şekil D.8	: Sıcak haddehanede bobin sarmada kullanılan Pinc-Roller	109

YASSI MAMUL ÜRETEN BİR ENTEGRE DEMİR-ÇELİK FABRİKASINDA AŞINMA OLAYLARI

ÖZET

Yassı mamul üreten bir entegre Demir - Çelik Fabrikası, çok sayıda fabrikayı bir arada bulunduran bir komplekstir. Birbirine bağlı yada bağımsız birçok prosesin gerçekleştiği entegre fabrikalarda üretime yardımcı bir çok ünite mevcuttur. Erdemir, Türkiye’de yassı mamul üreten tek entegre demir çelik fabrikasıdır. Hammadde hazırlamada kömür, demir cevheri, sinter v.b. hammaddeler çeşitli kırıcı ve eleklerden geçerek, ilgili üniteler için uzun yol kat ederler. Sinter fabrikasında başlayan üretim yüksek fırında ve çelikhanede devam eder. Metal sürekli dökümle şekillendirilir ve daha sonra slab mekanik prosesler dizisine girer. Sırası ile sıcak haddeleme, kimyasal temizleme prosesleri ve sonrasında da soğuk haddeleme işlemi ve duruma göre tavlama ile yassı mamul nihai halini alır. Müşteri isteğine göre de makaslarda istenen ebat ve boyda kesilirler.

Bu proses akışı içerisinde kullanılan sistemlerde; hammadde çarpmalarından, ısıdan, soğutma suyundan, haddelemeden, malzeme taşınımından ve hareketlerinden, kimyasallardan ve mekanik sistemden kaynaklanan birtakım sürtünmeler ve dolayısıyla da aşınmalar meydana gelir. 24 saat üretim yapan entegre bir demir çelik fabrikası söz konusu olunca; aşınmadan doğan duruşlar, istenmeyen zararlar ve kazalar hem maddi hem de hayati önem kazanmaktadır.

Bu tez kapsamında bir entegre Demir-Çelik Fabrikasında gerçekleşen aşınma türlerinin oranının ve aşınma maliyetinin ortaya konması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, ülkemizin yegane entegre Demir-Çelik tesisi olan Erdemir’in tüm işletme üniteleri için ne tür aşınmalar olabileceği irdelenmiştir. Daha sonra tüm işletme üniteleri müdürlükler bazında ziyaret edilerek işletmenin bakımdan sorumlu başmühendisi ile görüşülmüş sistem ve sistemde oluşan aşınmalarla ilgili bilgiler alınmıştır. Sistemin işleyişi, aşınmaya uğrayan elemanın veya malzemenin bulunduğu ortam ve diğer etkenler düşünülerek aşınmanın ne tür bir aşınma olduğu ortaya konmuştur. Direkt olarak aşınmaya uğrayan ve değiştirilen parçaların stok kontrol numaraları tespit edilerek stok kontrol müdürlüğünden yıl içinde harcandığı miktara ve stokta tuttuğu miktara göre maliyetleri çıkartılmıştır. Aşınan parçaların bir bölümü bakımı yapıldıktan sonra tekrar kullanılabilir. Bu tür ekipmanların da bu tamir masrafları aşınmanın içerisinde tutulmuştur.

Elde edilen verilerin incelenmesinden, aşınmanın Erdemir’e hangi kalemlerde ve hangi aşınma türleriyle ne kadara mal olduğu irdelenmiştir. Sonuç olarak, aşınmanın Erdemir’e olan maliyeti 6.500.000 USD olarak hesaplanmıştır.

THE WEAR PHENOMENON IN AN INTEGRATED IRON STEEL FACTORY WHICH PRODUCES FLAT PRODUCT

SUMMARY

An integrated iron and steel factory is a complex plant, which includes many factories. Erdemir is the unique integrated iron and steel factory, which produces hot or cold rolled flat products, in Turkey. In the raw material preparation section, materials such as coal, iron ore, sinter etc. passes through various crushers and sieves and goes a long way for the related units. Production starting at the sinter plant continues in the blast furnace and steelmaking plants. Metal is cast continuously in the form of slab and then the slab is subjected to various processes. Flat product takes its final form by hot rolling, chemical cleaning processes, cold rolling and annealing if necessary, respectively. The product is then sized in the length and width according to the customer's demand.

Wear occurs in various units of Erdemir due to friction of metallic or non-metallic elements to each other. If 24 hours of production is considered, stop of production due to maintenance of worn machine elements and equipment cause economical loss. On the other hand fracture of worn machine elements may cause accidents. Therefore, wear is an important failure both vital and physical manner for an integrated iron and steel factory.

In the content of this thesis, it is aimed to put forward the types, rates and costs of wear occurs in various units of an integrated iron and steel factory. In this study, it is firstly investigated what type of wear is effective in operational units of Erdemir. Then, some informations about worn elements and their working conditions were obtained from chief engineers of each section, who are responsible from maintenance and management of the systems.

The costs of the worn parts were calculated according to the data obtained from the stock control management section of Erdemir by taking into account the amount spent during a year. Since some of the parts do not require renewal and can be used after maintenance, repairment expenses of such parts are included to the wear cost. Finally it is found that the cost of wear was 6.500.000 USD for Erdemir, in 1999.

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Yassı mamul üreten bir Entegre Demir Çelik Fabrikası, birbiri ile ilişkili yani birinin diğerinin müşterisi durumunda olduğu veya birbirinden bağımsız çok sayıda ünite içermektedir. Bunların her biri bir üretim gerçekleştirmektedirler. Bir kısmı yassı mamul üretimine matuf bir sonraki hat için yarı mamuller üretirken bir kısmı da üretime yardımcı olacak üretimlerde bulunmaktadır. Örneğin Sürekli Döküm Tesisleri sıcak haddelemek üzere yarı mamul olan Slab'ı üretirken, Oksijen Fabrikaları, proses gereği üretimi sağlayabilmek için Çelikhanenin ihtiyacı olan saf oksijeni üretmektedir.

Entegre Demir Çelik Fabrikalarında hammadde girişinden son ürüne kadar prosesin her aşamasında birçok mekanik hareketten doğan sürtünme, ısı değişimleri, çeşitli solüsyon, su, buhar, katı parçacık sirkülasyonları söz konusudur. Yassı mamul üretmek için sıcak, soğuk ve temper haddeleme ile de malzeme ile metal arasında bir sürtünme meydana gelmektedir. Malzemelerin üretimleri ve hat üzerinde hareketleri sırasında yine bir sürtünme söz konusudur. Üretim tesislerin tamamına yakın bölümünde makine elemanları tozlu ve fabrikanın denize yakınlığından kaynaklanan korozyon ortamında çalışmaktadırlar. Tüm bunlar bir araya geldiğinde aşınma olasılığı da artmaktadır ve maliyet açısından önemli bir kalem oluşturmaktadır.

Bu çalışmada; Entegre Demir Çelik Fabrikası olarak ERDEMİR (Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.) örneğinde aşınma maliyetinin incelenmesi amaçlanmıştır. Fabrikada tüm işletme üniteleri baz alınmış, üretime yardımcı üniteler (oksijen fabrikaları, su tesisleri v.s.) ve aşınmadan doğan üretim kaybı maliyetin dışında tutulmuştur.

2. AŞINMA

2.1. Giriş

Aşınma, bir yüzeyden diğer bir yüzeye malzeme transferi veya aşınma parçalarının oluşumu neticesinde ortaya çıkan malzeme kaybıdır. DIN 50320’de aşınma; “kullanılan malzemelerin başka malzemelerle (katı, sıvı, gaz) teması neticesinde mekanik etkenlerle yüzeyden küçük parçacıkların ayrılması sonucu meydana gelen ve istenilmeyen yüzey bozulmasıdır” şeklinde tanımlanmaktadır. Benzer şekilde bir aşınma tanımı da aşınma ve erozyonla ilgili terminolojiyi içeren ASTM G-40-93 standartlarında verilmektedir. Bu tanımlamalara göre makine parçalarının yüzeylerinin taşlanması, parlatılması veya elemanların birbirlerine alıştırılması işlemlerini aşınma olayı olarak incelememek gerekir. Çünkü bu olaylardaki yüzey değişiklikleri uygulayıcı tarafından bilinerek ve istenerek yapılan bir işlem olduğundan bunlar birer aşınma olayı olarak değil bir işleme veya talaşlı şekillendirme olayı olarak kabul edilmelidir. [1]

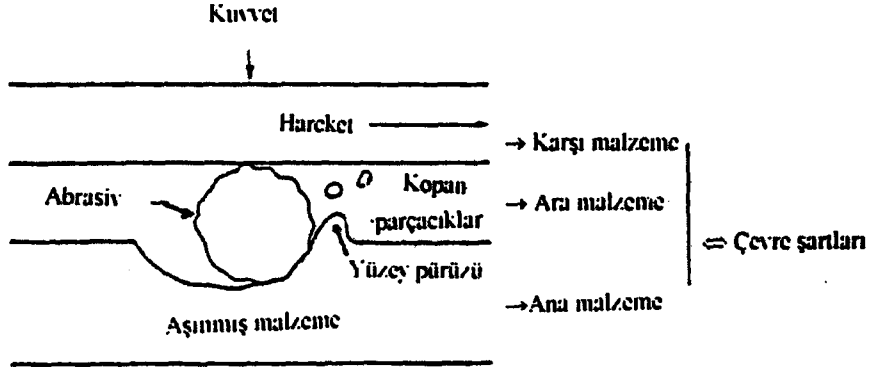
Temas halinde bulunan katı yüzeylerde, malzeme kaybı üç şekilde gerçekleşebilir. Bunlar bölgesel erimeler, kimyasal çözünme ve yüzeyden fiziksel anlamda oluşan ayrılmadır.

Aşınma olayında beş unsur vardır. Bunlar;

- a. Ana malzeme (aşınan)
- b. Karşı malzeme (aşındıran)
- c. Ara malzeme
- d. Yük
- e. Hareket

dir. Ayrıca sıcaklık faktörü de altıncı parametre olarak değerlendirilebilir. Aşınan malzeme ve aşındıran malzemeler “aşınma çifti” olarak gösterilirler. Aşınma çifti ile ara malzemeye de beraberce “aşınma kombinasyonu” denilmektedir. Aşınma çifti arasındaki ara malzeme, sert taneli sıvı, gaz ve buhar halinde olabilir. Aşınma

sırasında oluşan aşınma parçacıkları da, ara malzeme gibi etki yaparak aşınma olayına katılırlar. Aşınmayı oluşturan unsurlar şekil 2.1’de şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Aşınmayı oluşturan unsurlar [2].

Birbirlerine sürten malzeme yüzeylerinde oluşan aşınma, çeşitli mekanizmalarla gelişir ve,

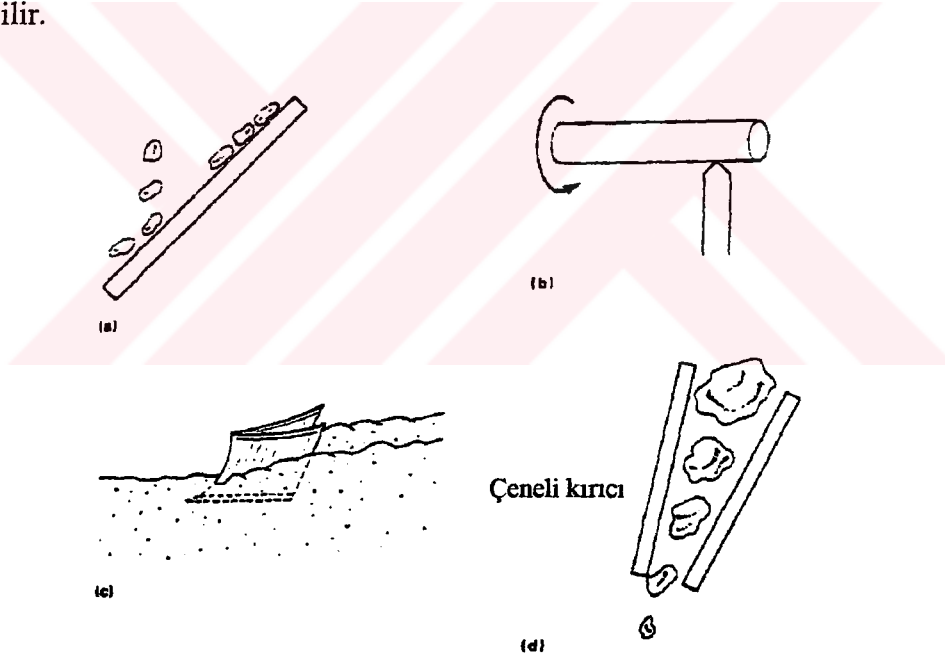
1. Abrasiv aşınma
2. Adhesiv aşınma
3. Kazımalı aşınma
4. Dövme aşınması
5. Katı parça erozyon aşınması
6. Kavitasyon erozyon aşınması
7. Korozyon aşınması
8. Oksidasyon aşınması
9. Oymalı aşınma
10. Öğütmeli aşınma
11. Yorulma aşınması
12. Yuvarlanma aşınması

olmak üzere 12 sınıfta incelenebilir.

2.2. Abrasiv Aşınma

Abrasiv aşınma; sert partiküllerin katı yüzeye çarpması ve bu yüzey üzerinde sürtünmesi ile gerçekleşir. Dolayısı ile aşınma, katı partiküllerin yüzeye zarar vermesi ile oluşur. Genelde bu hasar, malzemenin hacminin azalması ve ağırlık kaybetmesi şeklinde olur. Abrasiv aşınma genelde endüstriyel alanlarda yaygın olarak göze çarpmaktadır. Örneğin, katı malzemelerin, hammaddelerin, taşınması, stoklanması, yüklenmesi ve boşaltılması sırasında sıkça görünür.

Eğer iki farklı yüzey birbiri üzerinde sürtünürse mutlaka her iki yüzeyde de aşınma meydana gelir. Abrasiv aşınma miktarı, temas yüzeylerinin karakterine, sürtünme hızına ve ortam koşullarına bağlıdır. Ayrıca her iki yüzeyin sürtünmesinden doğan partiküller yeni bir aşındırıcı gibi davranırlar ve her iki yüzeyin aşınmasına neden olabilir.



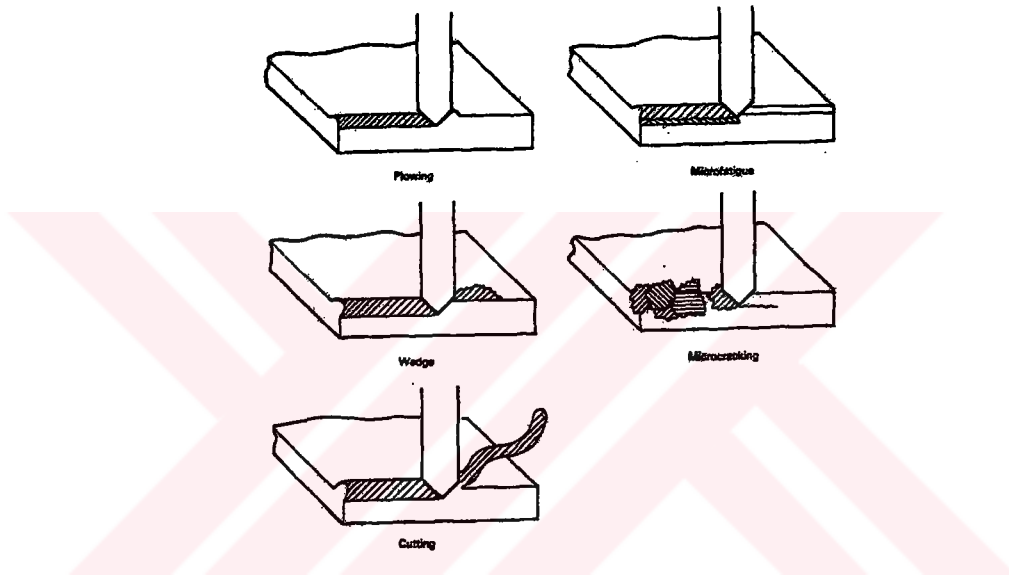
Şekil 2.2. Abrasiv aşınma sırasındaki değme çeşitleri. a) Açık iki yüzey b) Kapalı İki yüzey. c) Açık üç yüzey d) Kapalı üç yüzey [1]

Abrasiv aşınma ayrıca;

- Düşük gerilmeli aşınma,
- Yüksek gerilmeli aşınma,
- Delme aşınması

olarak 3 grupta incelenebilir.

- Düşük gerilmeli aşınma : Ahşap bir malzemeyi zımparalamak bir düşük stres aşınmasıdır.
- Yüksek gerilmeli aşınma : Abrasiv partiküllerin (bilye veya cevher gibi) yüzeye çarpması ile oluşan aşınmadır.
- Delme aşınması : Büyük miktardaki aşınmanın parçayı yırtması şeklinde olur. Kayaların çeneli kırıcının çenesine vurması bir delme aşınmasıdır.



Şekil 2.3. Abrasiv aşınmanın 5 prosesi[1].

Abrasiv aşınma sırasında metal kazımaya, mikroyorulmaya, , mikroçatlak oluşumuna, kesmeye ve sıvamaya maruz kalır.

Kazıma, Metalin yüzeyinde plastik şekil değişikliği yani yüzeydeki bir tabakanın ötelenmesidir. Bu olay yüksek yüklemelerde oluşur. Burada herhangi bir metal kaybı söz konusu değildir. Eğer aynı yüzey üzerinde daha aşırı sürtünmeler olursa mikroyorulma çatlakları oluşabilir.

Bir yüzey keserken oluşan abrasiv aşınma aşağıdaki gibi tanımlanır,

$$W = A.d \quad (2.1)$$

W ; Koparılan maddenin hacmi

A ; Kesilen Parçanın alanı

d ; Kopan dilimin uzunluğu

“A” alanı abrasiv malzemenin girdiği derinliğe (p) ve abrasiv tanenin şekline bağlıdır.

$$A=k_1.p \quad (2.2)$$

k_1 ; Şekle bağlı bir sabittir

p ; Derinlik ise tanenin şekli, yük (L) ve sertlik (H) ile ilişkilidir.

$$P= k_2 L/H \quad \text{ise,} \quad (2.3)$$

$$W= k_3 Ld/H \quad (2.4)$$

Metallerin aşınma özelliği ifade edilir,

$$R=1/W \quad (2.5)$$

Bağıntısı ile tanımlanan aşınma direnci (R) ile ifade edilir.

2.2.1. Metal Özelliklerinin Abrasiv Aşınma Üzerindeki Etkisi

Metal özelliklerinin her birinin aşınma üzerinde büyük etkisi vardır. Bunlar ;

- Sertlik,
- Elastik Modül,
- Çekme Mukavemeti,
- Ergime Sıcaklığı,
- Kristal Yapısı,
- Mikroyapı,
- Kompozisyon.

Denklem 2.5’den de anlaşılacağı üzere, malzemenin sertlik özelliği aşınma oranıyla çok yakından ilgilidir. Khrushchov, bir çok testten sonra abrasiv aşınma oranı ile sertlik arasında tersinir bir ilişki kurmuştur. Eğer yüzey sertleştirilirse malzemenin aşınma direnci artar[1].

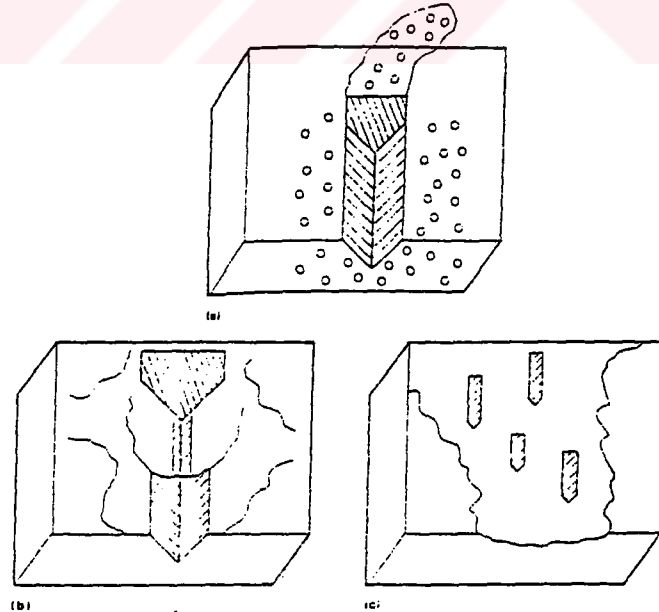
Abrasiv aşınma ayrıca malzemenin kristal yapısına ve oryantasyonuna da bağlıdır. Örneğin Kübik merkezli kristal yapıdaki aşınma direnci Hekzagonal yapıdaki metallere 2 kat daha fazladır.

Tek kristallerde yüzey merkezli ve hacim merkezli kübik metallerin (001) yüzeyinde yapılan deneyde çizgi genişliği $\langle 100 \rangle$ yönünde $\langle 110 \rangle$ yönüne göre daha yüksek çıkmıştır.

Mikroyapı aşınmada çok önemli bir özelliktir. Östenit ve Beynit aynı sertlik değerine sahip ferrit, perlit veya martenzitten daha yüksek aşınma direncine sahiptir. Bunun nedeni Östenit'in dövülebilme ve sertleşme kapasitesinin yüksek oluşudur.

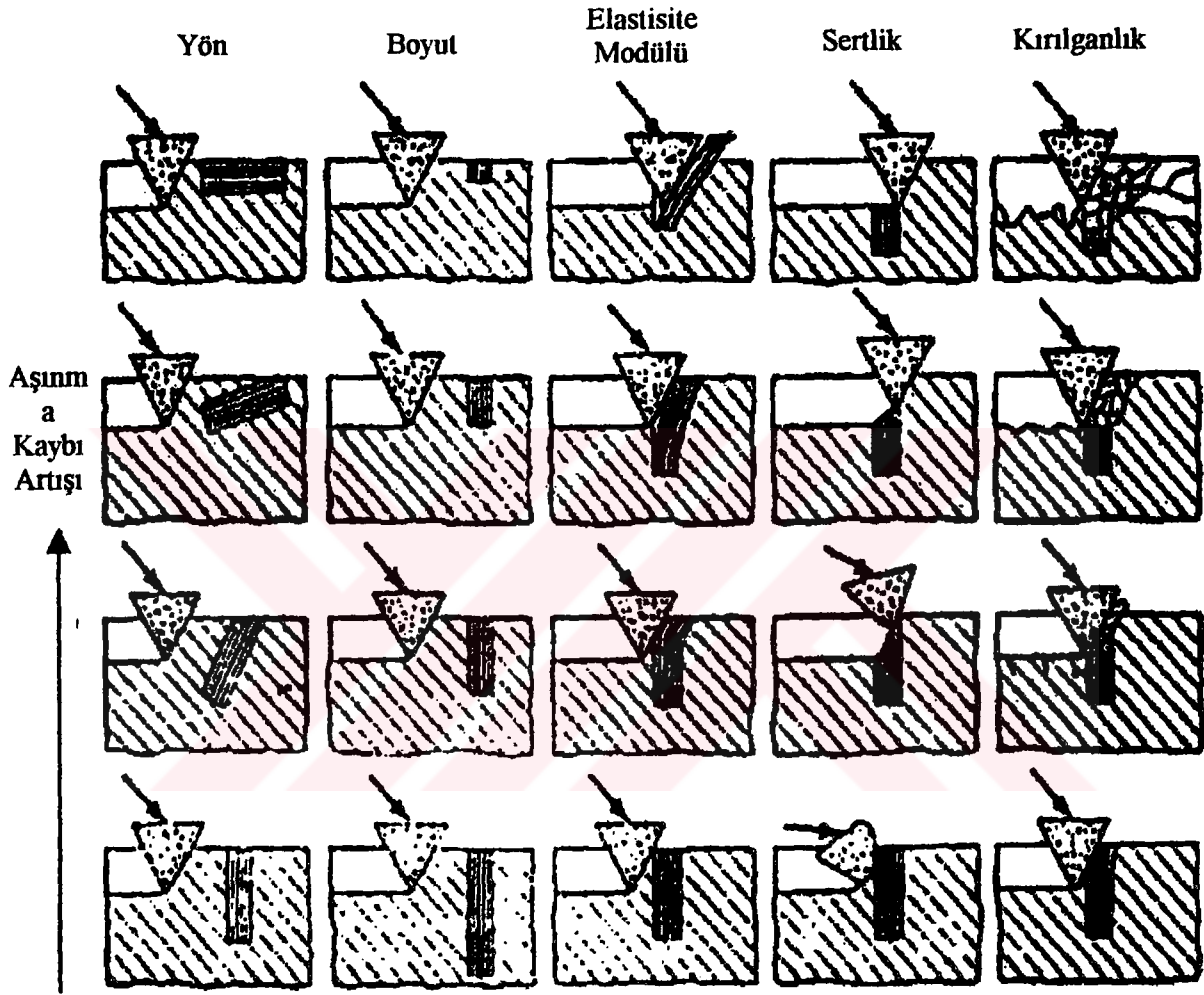
Alaşımlama, malzemelerin performansını arttıran bir işlemdir. En basit olarak Demir'e Karbon eklemek, alaşımlama ile aşınma direncini arttıran en basit yoldur. Metal özelliklerini modifiye etmenin ve aşınma direncini artırmanın en kolay yolu malzeme içerisinde ikinci fazı oluşturmaktır. Bu olay çekme mukavemeti ve sertlikte büyük artışlara neden olur.

Abrasiv aşınmayı çok düşüren olaylardan biride büyük koheran olmayan partiküllerin yapının içerisine alınmasıdır.



Şekil 2.4. İkinci fazın abrasiv aşınmaya olan etkisi. a) Küçük ikinci faz, kolay kopma. b) Büyük ikinci faz, matris'in korunması c) Çok büyük ikinci faz, matriste küçük abrasiv kanalcıklar

Şekil 2.4 ve Şekil 2.5 abrasiv aşınmada, ikinci fazın büyüklüğünün, oryantasyonunun, elastik modülünün, sertliğinin ve kırılabilirliğinin etkisini göstermektedir.



Şekil 2.5. İkinci fazın yönünün, büyüklüğünün, elastik modülünün, sertliğinin ve kırılabilirliğinin abrasiv aşınmaya etkisi[1].

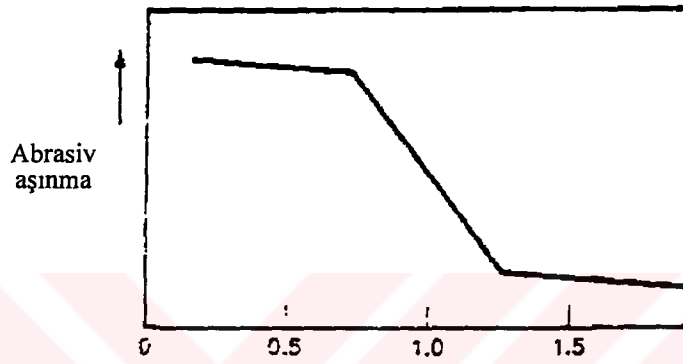
2.2.2. Dış Faktörlerin Abrasiv Aşınmaya Etkisi

Metal özelliklerinin yanında, metallerin çevreyle olan ilişkisi de abrasiv aşınmayı etkilemektedir. Abrasiv aşınmayı etkileyen çevre şartları; abrasiv aşındırıcı türü ve şekli, ortam sıcaklığı, sürtünme hızı, yük, nem ve korozyondur.

2.2.2.1. Abrasiv aşındırıcı türü ve şekli

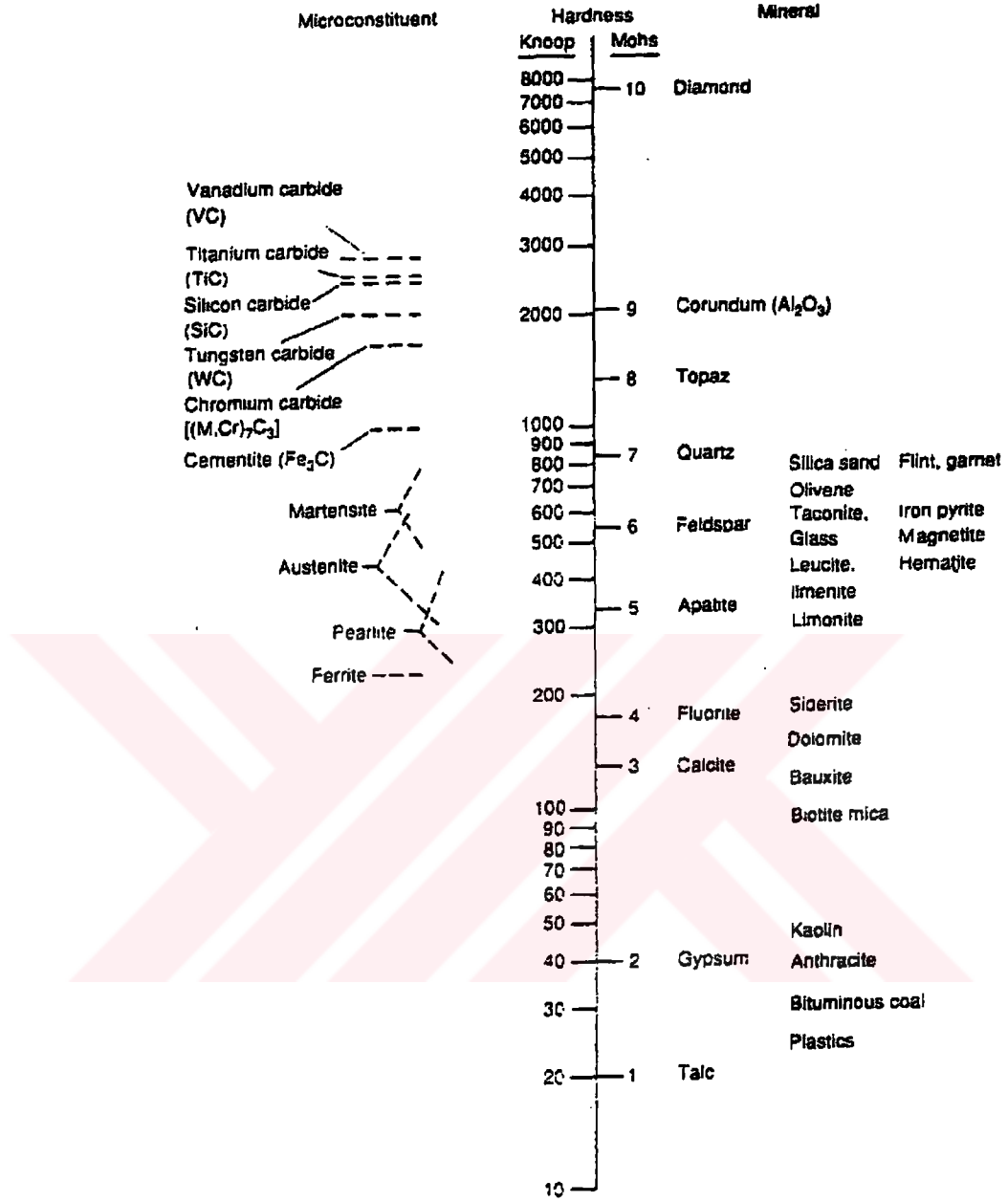
Aşınmayı gerçekleştiren partiküllerin sertliği ve aşınan metalin sertliği abrasiv aşınma oranında önemlidir.

Metal sertliğinin abrasiv aşındırıcı partikül sertliğine oranı arttıkça Abrasiv aşınma düşmektedir (Şekil 2.6).



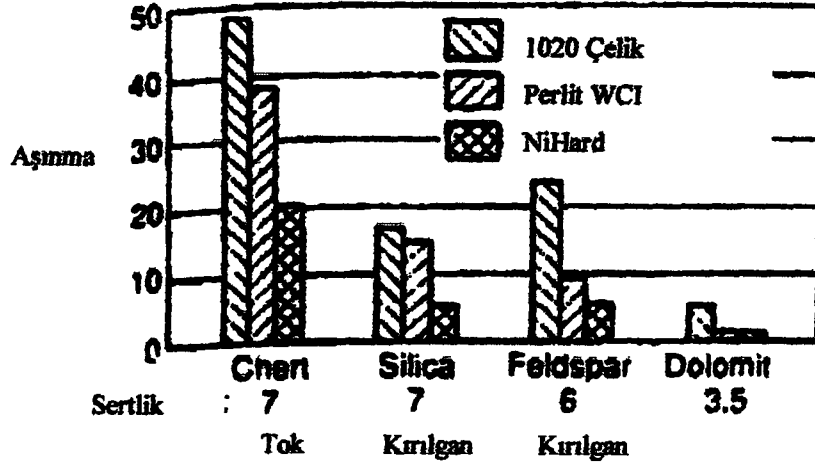
Şekil 2.6. Metal sertliğinin abrasiv partikül sertliğine oranının abrasiv aşınmaya etkisi [1].

Şekil 2.7. Tipik minerallerin ve malzemelerin sertliklerini göstermektedir. Yukarıdaki teoriye göre hematit cevher, perlit yapıyı kesebilir fakat martenziti kesemez. Bu tablo ayrıca kromlu beyaz demirin sertliğinin en yüksek olduğu ve hiçbir mineral tarafından kesilemeyeceğini gösterir. Abrasiv partiküllerin şeklide çok önemlidir. Yuvarlak partiküller keskin köşeli partiküllere göre daha az aşındırıcıdır. Abrasiv aşınma boyunca önemli olan özelliklerden biride aşındırıcı partiküllerin tokluğudur. Partikülerin tokluğu arttıkça metal kaybıda artmaktadır.



Şekil 2.7. Bazı mineral ve alaşım mikroyapılarının sertlikleri[1].

Şekil 2.8.'de malzemelerin aynı sertliğe sahip olmalarına rağmen tokluğun malzemedeki ağırlık kaybını ne kadar değiştirdiği görülmektedir. Sertlikleri aynı olan kırılgen yapıdaki Silika, tok olan Chert'e göre daha az aşındırıcıdır.



Şekil 2.8. Minerallerin tokluğunun abrasiv aşınmaya etkisi[1].

2.2.2.2. Ortam Sıcaklığı

Abrasiv aşınma, ortam sıcaklığının yükselmesi ile doğal olarak yükselmektedir. Çünkü sıcaklık arttıkça sertlik ve çekme gerilmesi düşer.

2.2.2.3. Sürtünme hızı

Abrasiv aşınma oranı sürtünme hızının 0-2,5 m/s artmasıyla çok az yükselmektedir. Hızdaki bu yükselme aşınmada sürtünme ısını arttırır. Bu etki çok düşüktür. Bu durum çok ince metallerde (küçük hacimlerde) ihmal edilebilir.

2.2.2.4. Yük

Abrasiv aşınma, temas yüzeyine etkiyen yük ile orantılıdır. Yüksek yük aşınma sırasında abrasiv partiküllerin çatlayıp kırılmasına neden olabilir. Eğer bu durum yeni keskin partiküllü yüzey oluşturursa aşınma artar, yuvarlak yüzeyli partiküller oluşturursa aşınma düşer.

2.2.2.5. Nem

Eğer SiC aşındırıcı kullanılırsa nemin artması abrasiv aşınmayı arttırır. Bu aşınmadaki artma SiC abrasiv partiküllerin su damlaları tarafında kırılması ile de olmaktadır.

Bunun dışında malzemedeki kimyasal-mekaniksel etkide aşınmayı arttırmaktadır. Örneğin kimyasal emprüte olan demir veya atomik hidrojen kırılmayı kolaylaştırır ve buda aşınmayı artırır.

Mercer nemin metaller üzerinde çok değişik etkilerinin olduğunu savunmuştur. Yükselen nem oranı ile abrasiv aşınmanın demir ve alaşımsız çelik üzerinde düşeceğini, titanyumda değişmeyeceğini, bakırda, ise yükseleceğini bulmuştur.[1] Bu durum da nemin etkisinin tam olarak açık olmadığını göstermektedir.

2.2.2.6. Korozyon etkisi

Aşınma sırasında yüzeyden kopan malzemenin altında yeni bir yüzey oluşur. Bu da korozyona açık bir yüzeydir ve kolay korozyona uğrar. İnce koruyucu film tabakası aşınma ile koparıldığından korozyon hızlanır.

Asidik çözeltiye batırılan bir metalin aşınması normal suyla ıslanan metalin aşınmasından iki kat daha fazladır.

2.2.3. Abrasiv Aşınmanın Önlenmesi

Abrasiv aşınmanın engellenmesinde, veya abrasiv aşınma hızının en aza indirilmesinde aşağıdaki yöntemlere başvurulabilir:

I. Yüzey sertliğini arttırmak: Abrasiv aşınmanın engellenmesinde veya aşınma hızının azaltılmasında en etkili yol, malzeme yüzey sertliğinin artırılmasıdır. Bu , yüzeyin kaplanması, ısıtılma işlemi ile sertleştirilmesi gibi yöntemlerle olabilmektedir. Bu yöntemin bazı sakıncaları vardır. Örneğin bıçaklarda veya çeşitli kesici takımlarda malzeme sertliğinin artırılması körlenme direncini arttıracaktır fakat beraberinde malzemenin gevrek kırılma riskini de yükseltecektir.

II. Abrasiv parçacıkları uzaklaştırmak: Abrasiv aşınmaya sebebiyet veren sert partiküllerin sistemden uzaklaştırılması ile abrasiv aşınma engellenebilir. Bu nedenle, abrasiv aşınmanın meydana gelebileceği ortamlarda kullanılan hava, su ve yağlarda bulunan partiküller filtre edilerek sistemden uzaklaştırılmalıdır.

III. Aşınmış parçaları değiştirmek: Aşınmış parçaları değiştirmek, abrasiv aşınmaya uğrayacak parçaların kolay bir şekilde değiştirilmesine imkan verecek dizaynların yapılması ile, pratikte en çok kullanılan yöntemlerden birisidir [3].

2.3. Adhesiv (Yapışma) Aşınması

Adhesiv aşınma, en sık rastlanan aşınma türü olup genellikle hasarı hızlandırıcı etkide bulunmaz. Adhesiv aşınma bir metal yüzeyinin başka bir metal yüzeyindeki bağıl hareketi sırasında birbirlerine kaynamış veya yapışmış yüzeydeki pürüzlerin kırılması sonucu ortaya çıkar. Uygulamada, metal-metal aşınmasına benzer olarak, adhesiv aşınma özellikle metaller arasındaki kayma sürtünmesi nedeniyle meydana gelir ve aşınma parçacıkları yumuşak olan metalden kopar. Eğer iki metal aynı sertlikte ise aşınma her iki yüzeyde de oluşur. Adhesiv aşınma; yüzeye etkiyen normal yük kayma yolu ve aşınan malzemenin yüzey sertliği ile orantılıdır

Adhesiv aşınma, özellikle birbiriyle kayan metal-metal aşınma çiftinde meydana gelen kaynaklaşma olayının bir sonucudur. Birbiri üzerinde kayan yüzeylerde bulunan pürüzlerde oluşan temas gerilimleri cisme uygulanan küçük yüzeylerdeki çok küçük yüklemelerle dahi akma gerilmesi sınırına erişirler veya geçerler. Böylece atomlar arası yapışma kuvvetleri oluşur. Bu nedenle bir parçadan diğerine malzeme geçişi, soğuk kaynaklaşma olayı ve küçük parçaların kesilmesi olayı meydana gelir.

Adhesiv (yapışma) aşınması tam olarak birbiri üzerinde çok kuvvetli yapışmayan iki yüzeyin kayma aşınmasıdır. Adhesiv aşınma izini gözlemlemek çok zordur. Bu nedenle eğer bir sistemde abrasiv partiküller yoksa, metal kaybı oksidasyon ile olmamışsa ve kayma varsa bu sistemde adhesiv aşınma oluşur diyebiliriz.

Birbiri üzerinde kayan sistemlerde yapışma hiçbir metal kaybı yokken bile düşünülebilir. Yapışma aşınmanın sebebi değildir. Aşınma sadece temas halindeki ara yüzeyin kayması ve birbirinden ayrılması sonucu oluşur. Bu ayrışma sonucu katının çatlaması ile büyük aşınmalar olabilir.

Adhesiv aşınmayı kesin olarak bulabilmek için kayma sistemini iyi anlamak gerekir. Adhesiv aşınmada metallerin yapışma davranışları çok önemlidir. Aşağıdaki tabloda metallerin yapışmasını etkileyen faktörler görülmektedir.

Tablo 2.1. Metallerin yapışmasını (adhesyonunu) etkileyen faktörler[4].

Özellik	Tür veya Büyüklük	Adhesyon Katsayısı
Yüzeye yardımcı bir madde sürme	Yüksek	Düşük
Kristal sistemi	Kübik	Yüksek
	Hegzagonal	Düşük
Deformasyon sertleşmesi katsayısı	Yüksek	Yüksek
Safılık	Yüksek	a
Sertlik	Yüksek	Düşük
Elastik modül	Yüksek	Düşük
Ergime sıcaklığı	Yüksek	Düşük
Yeniden kristalleşme sıcaklığı	Yüksek	Düşük
Atomik yarıçap	Düşük	Düşük
Yüzey enerjisi	Yüksek	b

a) Hegzagonal sıkı paket yapıda olan çinko metali üzerinde çalışılmıştır. Büyük oranlarda bir değişimin olmadığı görülmüştür. Aksine yüzey merkezli kübik yapıda olan bakır üzerindeki çalışmalar büyük ölçüde etkinin varolduğunu göstermiştir.

b) Fizikokimyasal olarak yapılan araştırmalara bağlı olarak yüksek yüzey enerjisinin yüksek adhesyona neden olacağı söylenmektedir. Mekanik açıdan yüksek yüzey enerjili malzemeler oldukça serttir ve düşük adhesyon katsayısına sahip malzemelerdir.

2.3.1. Adhesiv Aşınmayı Önleme Yöntemleri

Bu tür aşınma, iyi bir malzeme seçimi, yağlama veya operasyon metodu seçimi ile azaltılabilir veya yok edilebilir.

Adhesiv aşınma, şu önlemlerden bir tanesinin kullanılmasıyla azaltılabilir:

I. Yağlama: Adhesiv aşınma, sıcaklığın bölgesel olarak arttığı bölgelerde meydana geldiğinden, iyi bir yağlamanın yapılmasıyla hem yüzeyler arasındaki sürtünme azaltılabilir, hem de yağlayıcılar sistemden ısıyı uzaklaştırabilir. Dolayısıyla da mikro-kaynak bölgesinin oluşumu engellenmiş olur.

II. Birbiri içerisinde çözünmeyen metaller kullanmak: Birbiri içerisinde çözünmeyen iki metalin bir arada kullanılmasıyla, adhesiv aşınmayı meydana getiren mikro-

kaynak prosesinin oluşumunun engellenmesi neticesinde, adhesiv aşınmanın meydana gelişi tamamen ortadan kaldırılabilir.

III. Düz yüzeyler kullanmak: Eğer birbiri ile etkileşen yüzeylerde soğuk kaynaşmayı meydana getirecek şekilde karşılaşılabilecek pürüzler yok ise, adhesiv aşınma meydana gelmeyecektir.

IV. Metal-Metal temasını önlemek : Adhesiv aşınmayı meydana getiren metal-metal temasını engellemek amacıyla metal yüzeylerinde kimyasal filmler oluşturmak, aşınmayı engeller. Örneğin bu amaca yönelik yapılan fosfat kaplamalar, sistemdeki yağlayıcıların daha aktif olarak çalışmasına yardım eder [3].

2.4. Kazımalı Aşınma

Kazıma aşınması, normal atmosferde birbirine değen iki yüzey arasında gerçekleşir. Burada kazıma aşınması ve kazıma korozyonu meydana gelir.

Temas yüzeylerindeki hareket genelde tekrarlı titreşim hareketidir. Tekrarlı yüklerin ve hareketlerin söz konusu olduğu sistemlerde kazımalı aşınma ve yorulma çatlakları oluşmaktadır. Bu durum kazımalı yorulma veya temas yorulması olarak da adlandırılır. Kazımalı aşınma vibrasyonlu ortamlarda çalışan somun, perçin gibi bağlantı elemanlarıyla birleştirilmiş sistemlerde, otomobil şaftlarının birleşme noktalarında ve yataklarda en yaygın olarak rastlanılan hasar oluşum mekanizmasıdır.

Yorulma çatlakları yüzeylerin çekme gerilmelerine maruz bölgelerinde veya yüksek yüklemelere maruz kalan bölgelerinde görünür. Tekrarlı hareketin komplike olduğu bölgede her bir tekrar sırasında iki yüzeyin birbirinden ayrılması söz konusudur. Bu durum çekiç etkisi yapmaktadır. Yani bir yüzeyin diğerine belli periyotlarla ve belli yüklerle vurması. Buda yorulma yoğunluğunu arttırmaktadır.

Kazımalı aşınmayı engellemek kolay değildir. Ancak bu aşınma mekanizmasının meydana getirdiği hasarlar, aşağıda verilen uygulamalarla en aza indirilebilir.

I. Vibrasyonun azaltılması veya en aza indirilmesi.

II. Arayüzeydeki kaymaları azaltmak veya gidermek: Bu sistemlerde meydana gelen kayma, pürüzlü yüzeylerin yüksek basınçlarda sıkıştırılmasıyla engellenebilir. Ancak bu yöntemin uygulanmasıyla kayma engellenemezse, artırılan temas basıncı nedeniyle aşınma da artar.

III. Bağlantı noktalarında elastomer kullanmak: Elastomer malzemelerin bağlantı yerlerine montajı yapılabilecek şekilde dizayn değiştirilir. Elastomer malzemeler titreşimleri söndürerek, metal-metal temasını engeller.

IV. Bağlantı noktalarının yağlanması: Kazınma aşınmasının meydana geldiği sistemlerin sabit olması nedeniyle, yağın bağlantı noktalarına sızması oldukça zordur. Bu amaca yönelik özel yağlar kullanılmaktadır.

V. Kırılmayı engellemek: Kazınma aşınmasının engellenemeyeceği durumlarda, bu aşınmaya uğrayan parçaların kırılmasını önleyici ısıtma işlemi gibi ekstra çalışmalar yapmak gerekir. Yorulma çatlaklarının, sıkıştırıcı artık gerilmeler altında ilerleyememesi nedeniyle malzemede bu basıncı yaratacak yüzey haddelenmesi ve yüzeye bilye püskürtmek gibi çalışmalar yapmakta faydalı olur.

2.5. Dövme (Vurma) Aşınması

Dövme aşınması, katı yüzeyine ikinci bir katının vurması sonucu olur. Birçok endüstriyel proseslerde dövme aşınması gözlemlenebilir. Örneğin makine elemanlarında, viteslerde ve diğer dinamik olan elemanlarda dövme aşınması görülmektedir. Buna en basit örnek elektro mekanik daktilolardır. Yazıyı basacak yüzeyin yüksek yazım kalitesini tutturması için binlerce defa kullanılsa da şeklini koruması gerekir.

Dövme aşınması nükleer enerji sıvı atıklarının taşındığı sistemlerde de görülür ve sağlık açısından çok önemlidir.

Yukarıdaki örneklerin tamamında dövme aşınması, birbiri ile yakın çalışan elemanların kayması veya birbirine değmesi ile oluşmaktadır. Bu olaya iki farklı metalin veya maddenin birbirini dövmesi ile oluşan aşınma denebilir.

Dövmeye aşınmasında değme şekli önemlidir. Eğer birbirini döven yüzeylerden biri daha çok ve hızlı aşınıyorsa buna “tek yüzey aşınması” denir. Örneğin daktilonun harf basan yüzeyleri sürekli yenilenen sayfa üzerine basarlar aşınan yüzey bu harf yüzeyi olur. İki yüzey bile aşınıyor olsa eğer çok aşınan yüzey ekonomik ve proses olarak çok önemli yüzey ise bunu da tek yüzey aşınması olarak düşünülebilir. Eğer aşınma, iki yüzeyde de aynı seviyede oluşuyorsa buna “iki yüzey aşınması” denir.

Bu aşınma mekanizması kesinlikle birbirine vurarak etkileşen parçaların niteliğiyle yapısıyla ilgilidir. Örneğin polimerlerde termal aşınma oluşmaktadır. Ayrıca temas gerilmesi büyüklüğü ve çeşidinde aşınma mekanizmasını etkileyen ve değiştiren bir parametredir. Eğer vurma, temas hızı artarsa adhesiv aşınma oluşabilir.

Bu aşınma türünde mekanizmayı iyi anlayabilmek ve aşınma sistemini çözmek için sistemdeki parametrelere bakmak gerekir;

- Yükleme (yük, hız, v.s)
- Madde
- Yüzey durumu
- Aşınma miktarı, büyüklüğü

2.6. Katı Parça Erozyon Aşınması

Katı parça erozyonu, bir sıvı veya gaz taşıyıcı içerişindeki sert partiküllerin malzeme yüzeyinde yüksek hızlarda kayması veya yuvarlanması sırasında tekrarlı çarpışmalar sonucu meydana gelen metal kaybı olayıdır. Uzun bir periyot sonunda kayma veya yuvarlanma ile yüzeyle temas eden her bir partikül tarafından metal yüzeyinden çok sayıda parça koparılması ile erosiv aşınma hasarı gelişir.

Bu sistem, bazı durumlarda kullanışlı olmasına rağmen (ör: yüksek hızdaki su jeti ile malzeme kesme) endüstriyel alanda bazı büyük problemlere yol açmaktadır. En çok problem yaşanan sistemler, buhar ve jet türbinleri boru hatları, vanalar, fanlar, boru veya tüplerin dirsek veya keskin kıvrımlarında, pervanelerde ve bunlara benzer koşullarda çalışan parçalardır.

Çeşitli dizayn modelleri ile erozyon oranını düşürmek veya tamamen yok etmek mümkündür.

Eğer bir gazlı ortamda veya sulu ortamda sert partiküller mevcutsa, düşük hızlarda dahi (1m/s) katı parça erozyonu beklenmelidir.

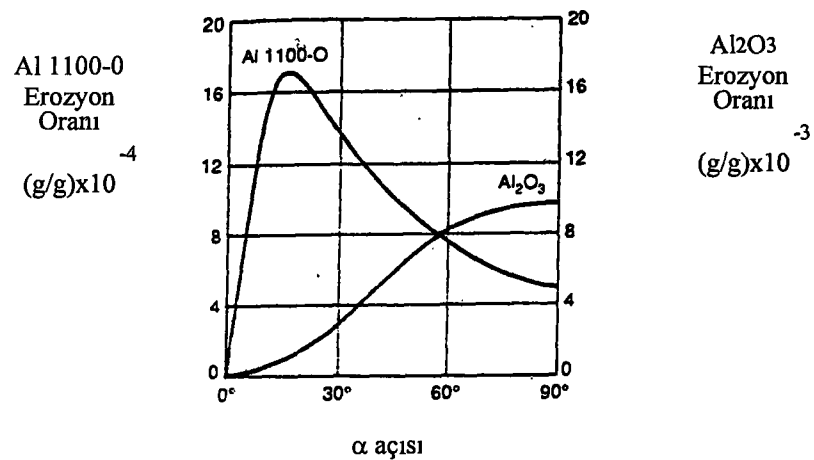
Katı parça erozyonuna uğramış bir yapıya bakıldığında, derin kesiklerin ve birçok durumda metal üzerindeki dalgaların yönlerinin zayıf olduğu gözlenmiştir.

Katı parça erozyonu, katı parçacıklarının gaz veya sıvı taşıyıcı içerisinde hareketi sonucu oluşmaktadır. Bu her iki durumda da partiküllerin hızı artırılabilir, azaltılabilir veya partiküllerin yönü akışla kontrol edilebilir, değiştirilebilir.

Gaz sistemlerde en az 50 mikrometreden büyük parçaların gaz ile yönünün değiştirilmesi erozyon testlerinde ihmal edilebilir seviyededir.

Ayrıca endüstriyel sistemlerde göz önüne alınması gereken durumlardan biride partikül boyutu ve partiküllerin yüzeye çarpıp geri geldiğindeki hız ve yön değişiklikleridir.

Erozyonla ilgili kaynaklarda metaller, kırılman ve dövülebilir (şekillendirilebilir) metaller olarak ikiye ayrılmıştır. Dövülebilir (saf) metaller 15 – 30 derece düşük tane çarpma açısında maksimum erozyon oranına (E) sahiptir. Kırılman metallerde ise (seramikler v.s.) maksimum erozyon oranı (E) 90 derecedir.



Şekil 2.9. SiC partikülle iki farklı malzemenin farklı açılarda uğradığı erozyon aşınması oranı[1].

Erozif aşınma, aşağıda belirtilen şekilde hasarların meydana gelmesi ile tanımlanabilir:

I. Sert olmayan malzeme yüzeylerinde oluşan kopma: Örneğin fan pervanelerin kullanımı sırasında, ortamda bulunan tozların ve sert partiküllerin pervanenin konkav tarafında hızlı bir şekilde yuvarlanmaları ve kaymaları sırasında bu aşınma türü oluşur. Pervanelerin konkav tarafı pozitif basınca sahip iken, konveks tarafları da negatif basınçla karşı karşıya kalır. Pozitif basınca sahip olan konkav tarafta erozif aşınmayı meydana getiren etkileşimin oluşması, aşınma hasarlarına sebep olur.

III. Malzeme yüzeyinde kanalların veya yivlerin oluşması: Bu tür aşınma hasarları, gazların veya sıvıların hızlı bir şekilde aktığı sistemlerde akış hızının veya yönünün değiştiği bölgelerde görülür. Ayrıca sıvının veya gazın yüksek hızlar ve basınçlarda aktığı nozullarda da görülebilir.

III. Köşelerin yuvarlanması: Erozif aşınmanın meydana geldiği pervane ve türbin kanatları gibi malzemelerin şekillerinde köşelerin yuvarlanması şeklinde değişiklikler meydana gelebilir.

2.7. Kavitasyon Erozyon Aşınması

Kavitasyon erozyonu, sıvı ile metallerin habbecik etkisiyle mekaniksel olarak parçalara ayrılmasıdır. Katı yüzeyinin mekaniksel olarak yüklenmesi boşluklara dolan sıvının simetrik olarak boşalmasına neden olur. Bu olayın devamlı yüklemelerle devam etmesi yüzeyden metal kopmasına neden olur bu da erozyondur.

Kavitasyonun bu erozif etkisi birçok nedene bağlıdır. Bunlar ; hidrostatik basınç, metal üzerindeki habbeciklerin yakınlığı, her bir habbeciğin yüzeyden uzaklığı, habbecik boyutu ve dağılımı, sıvının sıcaklığı ve yoğunluğu dur.

Katı madde elastik, plastik deformasyonu veya kırılmayı belli oranda absorbe etmektedir. Metal ne kadar elastik, plastik deformasyonu absorbe ederse Kavitasyon erozyon direnci o kadar yüksek olur.

2.8. Korozyon Aşınması

Korozyon aşınması, metallerde hem korozyon hemde aşınmanın birlikte oluşması olayıdır. Her iki mekanizmanın birlikte oluşması çok yüksek miktarda malzeme kaybına neden olmaktadır. Bu malzeme (hacim, ağırlık) kaybı tekbaşına korozyon veya aşınmanın sonucunda olan kayıptan daha fazladır.

Korozyon aşınmasında, aşınma olayı iki kademede gerçekleşmektedir.

I. Temas halindeki yüzeyler ortamla reaksiyona girerler ve yüzeyde reaksiyon ürünlerinden oluşan bir tabaka meydana gelir.

II. Daha sonra, temas noktasında çatlak oluşumu ve/veya abrasiv etkilerden dolayı reaksiyon tabakası da hasara uğrar.

Bu aşınma türünde kötü çevre koşulları çok önemlidir. Ayrıca korozyon aşınması sonucu oluşan korozyon ürünleri de korozyonu dolayısıyla da aşınmayı hızlandıran parametrelerdir. Metallerin direkt veya endirekt olarak korozyona uğraması ve aşınması milyarlarca dolara mal olmaktadır. Korozyon genel olarak mekaniksel aşınmaya neden olmaktadır ama mekaniksel aşınma her zaman korozyonu tetiklememektedir. .

Korozyon ve aşınma vakum veya inert ortamlar hariç diğer bütün durumlarda birlikte oluşabilir. Birçok endüstriyel alanda korozyon ve aşınma aynı anda oluşarak büyük hasarlara neden olmaktadır. Bu endüstriyel alanlardan bazıları, cevher hazırlama üniteleri, kimyasal prosesler ve enerji üreten birimler.

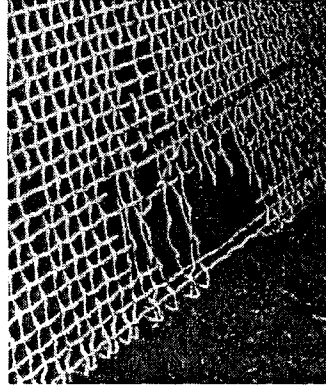
Korozyon ve aşınma birçok mekanizmada görülmektedir. Abrasyon, dövme ve korozyon arasındaki ilişki genellikle nemli , korozif ve kötü ortamlarda aşınmayı arttıran yapıdadır.

2.8.1. Sıvı Atıkların Taşınması Sırasında Oluşan Aşınma

Birçok endüstride karşılaşılan en önemli sorunlardan biridir. Sistemde çok etkin bir şekilde korozyona neden olur. Pompa, T boruları, vanalar ve dirsekler en fazla korozyona maruz kalan en önemli elemanlardandır.

2.8.2. Kayma Aşınması

Cevher hazırlama proseslerinde cevherin kırılan parçaları platformun üzerinden kayar. Örneğin şekil.2.10'da cevher hazırlamada kullanılan aşınmış tel elek görülmektedir.



Şekil.2.10. Cevher hazırlamada kullanılan tel eleğin kayma aşınması[1].

Buna diğer bir örnek açılıp kapanan, akışı kontrol eden metal sistemlerdir. Bu sistemlerde sıvı atıklardan dolayı abrasiv ve korozif ortam mevcuttur. Buna benzer bir başka aşınma otomobil fren ve motorlarında görülmektedir. Bu tip aşınma örnekleri reaktif ortamdan dolayı birçok korozif elemanlara sahiptir.

2.8.3. Yüksek Sıcaklık Aşınması

Birçok kimyasal prosesler çok yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilirler ve dolayısıyla korozyonlu aşınması oluşur. Örneğin kömürün yanması sırasında sisteme sıcak gazlar ve katı kömür parçaları girmektedir.

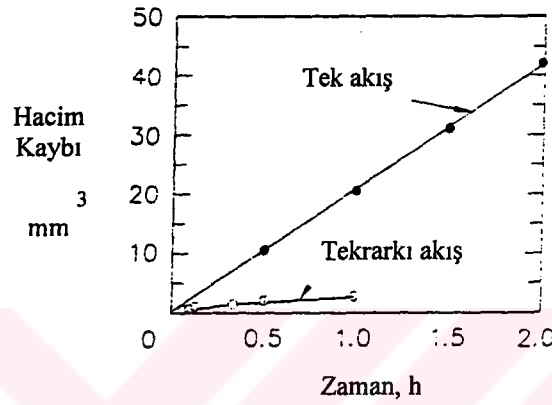
2.8.4. Korozyon Aşınmasında Çevrenin Etkisi

Çevre faktörü, metal sistemlerde korozyon aşınmasını etkilemektedir.

I. Artık partiküllerin iki yüzeyli korozyon aşınmasına olan etkisi: Atık partiküller genelde akış halindeyken geniş metal yüzeylerine yapışırlar. Dolayısı ile bu taşıyıcı sıvı sistem aşınmasını, iki yüzey aşınmasından tek bir komponentin aşınmasına çevirirler. Aşınma sırasında abrasiv partiküllerin şekli, yoğunluğu ve sertliği aşınma miktarıyla orantılıdır.

II. Partikül şekli: Sıvı atık içerisindeki abrasiv partiküllerin köşeli ve açılı olması sistemdeki aşınmayı arttırmaktadır. Fakat kapalı sistemlerde bu aşınma miktarı zamanla belirgin bir şekilde düşmektedir. Bunun nedeni sıvının içerisindeki abrasiv partiküllerin keskin köşelerinin mikroskobik olarak yuvarlaşmasıdır.

Keskin köşeli ve yuvarlak olan partiküller arasındaki aşınma farkı şekil 2.11'de görülmektedir.



Şekil 2.11. Tekrarlı akış ve tek akışlı sıvı atıklar arasındaki fark.

A514 çeliğinde atık sıvının numune üzerinden 1 saat akması sağlanmış ve girintili çıkıntılı tipik bir kesme aşınması görüntüsü oluşmuştur. Tekrarlı akışta ise diğerine göre daha pürüzsüz bir yüzey görünümü vardır. Bu durum 1.67 saat sonra devir dayım ile aynı sıvının sistemden geçmesi ile oluşmuştur. Bu olay da deformasyon aşınmasını göstermektedir.

III. Partikül yoğunluğu: partikül yoğunluğu sıvı atıklarla olan korozyon aşınmasını etkileyen en önemli parametrelerdendir. Partikülün yoğunluğu ne kadar artarsa sistemdeki deformasyon ve kesme aşınması o kadar artar. Bunun sebebi partiküllerin aynı hacimde olmasına rağmen yoğunluklarından dolayı daha fazla enerjiye sahip olmalarıdır.

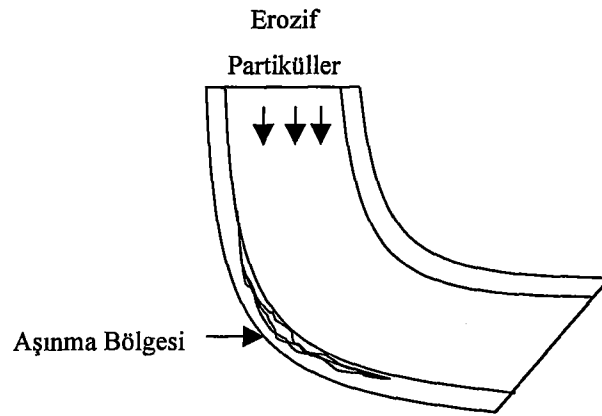
IV. Partikül boyutu: Bu tür sistemlerden partiküllerin yoğunluğu, keskin veya yuvarlak şekilde olması ve hızı aynı ise aşınma partikül boyutu büyüdükçe artmaktadır.

V. Partikül sertliği: Eğer akış sistemi içerisindeki partiküllerin sertliği aşınan metal sertliğinden farklı ve büyük ise aşınma doğal olarak artar. Partiküllerdeki bu sertlik artışı sistemdeki aşınma oranını çok ciddi oranda arttırmaktadır.

VI. Atık hızı : Atık hızı aşınma oranını kontrol eden önemli parametrelerden biridir. Aşınma oranı hızın exponansiyel fonksiyonudur. Bu aşınma hızı sadece mekanik hasara neden olmaz ayrıca korozyon oranını da etkiler. Hız belli bir sınırı aştığında korozyon ürünleri belli yüzeyden fırlarlar ve böylece korozyonun etkileneceği yeni yüzeyler oluşur.

Atıkların akış açısı da çok önemlidir. Düz olmayan bir boru sisteminde abrasiv partiküller genellikle korozyon aşınmasına neden olurlar. Düz boru hatlarında ise akan abrasiv partiküller paralel aktıkları boru kenarlarına değil genelde alt kısmında kalan yüzeye çok az zarar verirler.

Abrasiv partiküller çok yavaş olarak korozyon sonucu oluşan yüzeyi koparmaya çalışırlar. Buda aşınma oranının artmasına neden olur. Bunun nedeni oluşan yeni yüzeyin tekrar korozyona uğrayarak abrasiv partiküller tarafından tekrar koparılması döngüsünü oluşturmasıdır. Bu durum partikül boyutu, açısı ve atık yoğunluğu ile kontrol edilebilir.



Şekil 2.12. Eğri borunun partiküller tarafından erozif aşınması

Şekil 2.12’de olduğu gibi borunun düz olmaması atık partiküllerinin aşındırma oranını arttırmaktadır. Bunun yanında bu partiküller sadece korozyon sonucu oluşan

tabakayı yerinden koparmakla yetinmezler bunun yanında direkt olarak mekaniksel hasara da neden olurlar.

Kullanılan metal paslanmaz çelik gibi pasiv film oluşturan metalse partiküller bu filmin bozulmasına ve metalin korozyona uğramasına sebep olurlar.

Genellikle dövülebilir şekillendirilebilir metallerin aşınması 10 ile 30 derece (abrasiv partiküllerin yüzeye çarpma açısı) arasındaki açılarda çok fazladır. Kırılgan yapıdaki metallerin aşınma oranı ise 90 derece en yüksek değerdedir. Bunun nedeni aşınmanın her iki sistemde de farklı olmasındandır. Kesme aşınması genellikle düşük açılarda oluşan aşınmadır. Yani abrasiv partiküller dövülebilir şekillendirilebilir yumuşak metalleri ancak ve ancak düşük açılarda çarpmalar sonucu deforme edebilir ve aşındırabilirler. Burada oluşan kesme aşınmasıdır. Eğer abrasiv partiküller 90 derecede yumuşak malzeme yüzeyine çapsalardı bu malzemenin yalnızca küçük plastik şekil değiştirmesine neden olabilirlerdi.

Deformasyon aşınması ise partiküllerin daha büyük açılarda kırılgan metaller üzerine çarpması sonucu oluşmaktadır. Dik açıda çarpan partiküller sert yüzeylerden kolaylıkla malzeme koparabilirler.

Atık içerisindeki katı partikül oranı artarsa aşınma oranı artmaktadır. Çok akışkan olan atıklarda aşınmadaki bu artış sadece katı konsantrasyonu ile orantılıdır. Biraz daha yoğun olan atıklarda ise partiküllerin birbirleri ile olan etkileşimleri, aşınma oranının atık yoğunluğuna bağımlılığını artırır.

2.9. Oksidasyon Aşınması

Oksidasyon aşınması, yağlamanın olmadığı birbiri üzerinde kayan sistemlerde olur. Birbirleri üzerinde hareket eden sistemlerin ara yüzeyindeki 3-4 mikrometrelik oksit film korozyonu engelleyen bir tabakadır. Tabiki bu durum her zaman bu şekilde olmayabiliyor.

Bir çok durumda tribolojik oksidasyon aşınma oranı yalnızca kayma sırasında yani sistemin hareketi sırasında oluşan oksidasyon filmi ile iyi bir seviyeye ulaşabilir.

Sistemin çalışmadığı durumda oluşan oksitlenme aşınma oranının azaltılmasında herhangi bir rol oynamazlar. Bu oksitlenmenin sistemin hareketi sırasında olması gerekir.

Oksidasyon aşınması yağlanmış sistemlerde de oluşabilir. Bunun nedeni yağlama tabakasının kalınlığının malzeme pürüzlülüğünden ince olmasıdır.

Kuru sistemlerde zamanla oksit filminin kalınlaşması hafif oksidasyon aşınmasına neden olur. Paslanmaz çeliklerin zamanla oksidasyon aşınmasına uğraması bu şekilde olur.

Oksidasyon aşınması oranı aşağıdaki durumlardan etkilenmektedir;

- Yüzeylerdeki temas noktası sayısı (N),
- Her temas noktasında oksit film kalınlığının homojenliği (TH),
- Temas noktası sıcaklığı (TF)
- Operasyonun çeşitliliği
- Aşınan metalin parabolik oksidasyon sabiti.

Diğer bir değişle, lineer oksidasyon aşınması temas sıcaklığı, operasyon çeşitliliği ve lineer oksidasyon sabitiyle ifade edilir. Bu basit kabul değme sıcaklığının değme sayısına ve oksit kalınlığına bağlı olması ile ortaya konmuştur. Dolayısıyla sıcaklık iki diğer etkiyi bünyesinde bulundurmaktadır.

Parçaların birbirine değmesi ile oluşan ısıyı aşınma sırasında direkt olarak ölçmek zor olduğundan oksidasyon aşınma oranını da belirlemek zordur. Birçok tribosistemde temas sıcaklığı, birbirine değen iki pürüzün ara yüzeyinden etrafa yayılan sıcaklığın direkt olarak ölçülmesiyle doğrulanır. Bu ölçülen sıcaklık sıcaklığı olarak kabul edilir. Eğer böyle bir ölçüm imkansızsa, sıcaklık oksit kalınlığı ve temas sayısı hesaba katılarak teorik yolla hesaplanabilir.

Birbiri üzerinde kayan sistemlerde oluşan ısı, oksidasyon aşınmasını analiz etmek için bazı aşınma yüzey modelleriyle ölçülebiliyor (ör: pin-on-disk).

Seçilen bu tip aşınma modelleri ile tribolojik sistemdeki bir çok ölçülebilir değeri ölçmektedir (ör; aşınma oranı, sürtünme gücü, genel yüzey sıcaklığı).

2.10. Oymalı Aşınma

Oymalı aşınma, malzeme yüzeyinin çok yüksek gerilmelerdeki çarpma durumlarında, yüzeyden bir parça kesilerek veya oyularak kopmasıyla meydana gelir. Bu tip aşınmaya genellikle hafriyat, madencilik, petrol kuyularını delme işlemi ve benzeri koşullarda çalışan malzemelerin kesme ve delme görevi yapan kısımlarında görülür. Bu işlemler sırasında sert abrasiv parçacıkların çok yüksek gerilmeler altında malzeme yüzeyine çarpmaları ile, yüzeylerde hızlı bir şekilde hasar oluşumu meydana gelir.

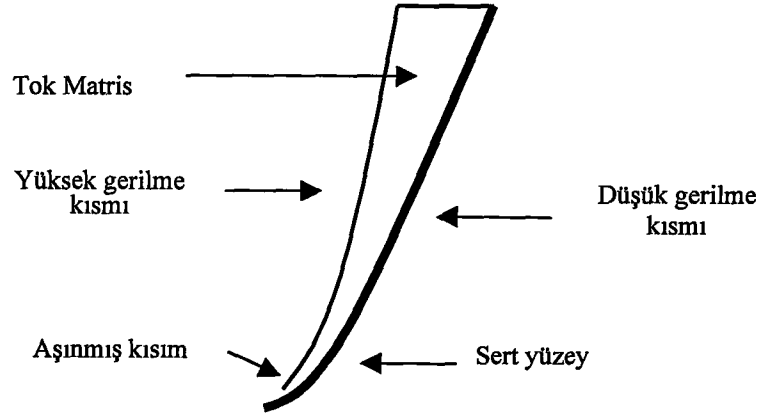
Oymalı aşınma diğer aşınma türlerine göre çok daha hızlı geliştiğinden, bu aşınmaya uğrayan parçaların yenileriyle değiştirilerek kullanılması daha ekonomik olmaktadır.

2.11. Öğütmeli Aşınma

Öğütmeli aşınma, yüksek basınçlar altındaki partiküllerin metal yüzeyleri ile düşük hızlarda karşılaşmaları sonucunda, metal yüzeyinden parçacıkların kesilerek veya çok sayıda ufak çizikler açılarak kopartılması ile meydana gelir. Bu yüksek basınç ve düşük hız kombinasyonu genellikle hafriyat çalışmalarında kullanılan buldozer ve kepçe gibi ağır iş makinelerinin çalışma koşullarında meydana geldiği için, bu araçların kesici uç yüzeylerinde bu hasar türü meydana gelir. Kepçelerde kullanılan kesici ve batıcı uçların, öğütmeli aşınma sonucunda şekil değişimi meydana gelerek körelme oluşur.

Bu tip aşınmayı engellemek için malzemenin kontrollü aşındırılması en uygun yoldur. Kontrollü aşınma ile malzeme kendi kendine bilenerek, körlenme sebebiyle meydana gelen performans düşüklüğünden kurtulabilir.

Bu mekanizma ile meydana gelen kendi kendine bilenmenin oluşumu, Şekil 2.13'de şematik olarak gösterilmiştir. Şekil 2.13'de görüldüğü gibi, kemirici takım malzemesinin düşük gerilmeli yüzeyine sert metal takviyesi yapılarak aşınma hızı azaltılmıştır. Diğer yüzeyde ise hem malzeme sertliğinin düşük olması, hem de yüksek gerilme etkisinde kalması nedeniyle aşınma hızı, diğer yüzeye göre daha fazladır. Meydana getirilen bu farklı aşınma hızları nedeniyle, malzeme kendi kendine keskinleşir.



Şekil 2.13. Bir kemirici uçta meydana gelen kendi kendine bilenmenin oluşum mekanizması [3].

2.12. Yorulma Aşınması

Değişken, tekrarlı yüklemeler sonucu meydana gelir. Tribolojik zorlanmalar genel olarak yüzeyde görülen, büyüklüğü zamana ve konuma göre değişen mekanik gerilmeler sonucu meydana geldiklerinden, yorulma aşınması birçok aşınma prosesinde görülür. Neticede malzeme yüzeyinde çatlaklar oluşur; bu ise, yüzeyden parçacıkların ayrılması, çukur ve oyukların meydana gelmesine sebep olur.

Maksimum kayma gerilmelerinin bulunduğu yerde, plastik deformasyon ve dislokasyon olaylarına bağlı olarak çok küçük boşluklar meydana gelir. Bu boşlukların zamanla yüzeye doğru ilerleyerek büyümesi, yüzeyde küçük çukurların ortaya çıkmasına sebep olur. Bu tür aşınma daha çok dişli çarklarda, rulmanlı yataklarda ve yuvarlanma hareketi yapan mekanizmaların yüzeylerinde görülür [5].

2.13. Yuvarlanma Aşınması (RCW)

Birbirleri üzerinde dönme hareketi yapan metallerin aşınması (RCW), iki yüzeyin tekrarlı mekanik gerilmeler altında aşınması olayıdır.

Aşınma hem dönen hem de döndüren parçaların ikisinde de oluşmaktadır. Bu aşınma türü dönen malzemenin bilyeleri, dişleri (ör; tren tekerleklerinin raya değen kısımlarında) çatlak oluşturmaktadır.

Bu aşınma türünde sistemin aşındığı aşağıdaki belirtilerden anlaşılır;

- I. Bilyelerden gittikçe artan ses
- II. Gittikçe artan ısınma
- III. Sistemin vibrasyonlu hareket etmesi
- IV. Haddelenmiş ürünlerin (bobin, levha ve sac) yüzeylerindeki hatalardan
- V. Sistemde dolaşan yağ üzerindeki aşınmış küçük partiküllerin oranının hızla artması yani yağın kirlenmesi

Tüm bu belirtilerden sonra birbirine değen sistem artık dış ortamla daha fazla etkileşir ve dolayısıyla hasar ve aşınma hızlanır.

Yuvarlanma genel olarak yüzeye etki eden mekanik streslerden olmaktadır. Bu durum genellikle malzemenin yorulma çatlaklarına (Rolling Contact Fatigue) bağlanır.

Malzeme üzerinden ilk aşınan parça kopmadan önce yorulma etkisi binlerce milyonlarca defa meydana gelmektedir ve tekrar etmektedir. Diğer bir değişle yorulma sırasında genellikle aşınma partikülleri oluşmaktadır.

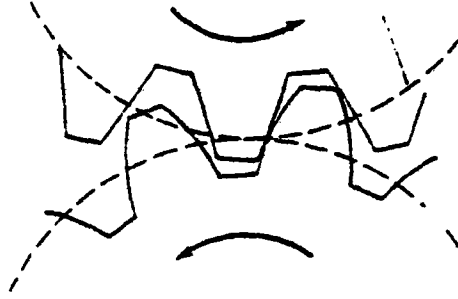
Bütün bunlara ek olarak yuvarlanma etkisi yorulma çatlaklarını tetikleyici etki yaparak tüm yüzeyin etkilenmesine neden olabilir.

Yorulma ve yuvarlanma birbirlerini destekleyen ve etkileyen iki çok benzer bir mekanizmadır.

Yuvarlanma etkisinin büyüklüğü tribolojik sisteme göre değişmektedir. Bazı durumlarda yuvarlanma, diğer fonksiyonların malzemeye zarar vermesinden önce oluşur ve malzemeyi büyük oranda etkiler, bazı durumlarda yuvarlanmadan önce performans kaybı görülmektedir.

Dönme sırasında temas, malzemelerin kayması ve birbirleri üzerinde frekanslı olarak sürtünmesi ile olur. Örneğin vites dişlileri birbirlerine ilk değdiklerinde meydana gelen etkileşim kaymadır. Çok az miktarlarda ezme meydana gelir. Daha ileriki

safhalarda ise sadece ezme etkisi meydana gelir. O noktayı aştıktan sonra ise dişler arasında tekrar sürtünme oluşur. Yüzeylerin birbirlerinden ayrıldıkları sırada ise sürtünme maksimum olur.



Şekil 2.14. Dişli

Bu kayma olayı eğer sistemde yağlama eksikse adhesiv yani yapışma aşınmasına dönebilir.

Bu aşınma türünde birçok değme veya dişli sistemlerde aşınmayı minimize etmek için yağlama çok önemli bir parametredir [1].

3. SÜRTÜNME VE AŞINMA UYGULAMALARINDA METALLER

3.1. Giriş

Aşınmaya dayanıklı malzeme arayışı çok eski çağlarda başlamıştır. İnsanlık tarihine bakıldığında ağaçları şekillendirmek için insanların ağaçtan daha sert olan taşları sivrilterek kullandıklarını görülür. Bir cismi daha sert olan başka bir cisim ile aşındırarak yolu ile şekillendirme yaklaşımı günümüze kadar gelmiştir.

Aşınma direnci yüksek aletlere olan yöneliş ilk olarak 16. yy'da başlamıştır. O yıllara ait bir çok taştan yapılmış el aletleri bulunmuştur. Ahşap pulluk da bunlara bir örnektir. Bu yaklaşım 19. yy da da bir çok değişik araçlarla kendini göstermiştir. Örneğin toprak sürmek için ağaçtan yapılan pullukların yerini demir pulluklar almıştır.

Endüstrinin gelişmesi ile buhar makineleri ve su ile çalışan motorlarda yüksek aşınma dirençli bilyelere ve pistonlara ihtiyaç duyulmuştur. Bunun yanında yağlamanın da kullanılması çok önem kazanmıştır.

Bu bölümde tribolojik ortamlarda kullanılan birçok metal üzerindeki aşınma ve sürtünme bilgileri sunulmaktadır.

Tribolojik uygulamalar için çok az sayıda malzeme geliştirilmiştir. Dolayısıyla hangi metalin kullanılan ortam için en iyi dirence sahip olduğunu söylemek zordur. Aşağıda sunulan birkaç genel kural seçilen proseslerde aşınmayı azaltma konusunda yardımcı olabilir.

I. Aşınma ve Abrasiv Direnç : Genel kural, malzeme ne kadar sert olursa aşınma direnci o kadar fazla olur. Bundan dolayı en uygun ve ekonomik yaklaşım ısıtma işlemi uygulanmış karbon çeliği veya alaşımlı çeliklerdir.

Diğer sert metalller, örneğin sementit karbür, yüzey sertleştirilmiş çelikler, alaşımlılar pahalıdır ve özel birtakım uygulamalarda, ortamlarda tercih edilirler.

II. Yağlama: Dökme demir çok ekonomik bir çözümdür. Abrasiv aşınma direncinin yüksek olması istenen birçok yerde gri dökme demir kullanılmaktadır (ör; piston halkaları, tekerlekler, v.s.). Dökme demir ayrıca makine vibrasyonunu düşürücü özelliğe sahiptir.

III. Mikroyapı : Mikroyapı sertlik kadar önemlidir. Metaller, yüzey sertleştirilmiş alaşımlar veya dökme demirlerde olduğu gibi büyük oranda karbürler içerirler. Bu yüzden metal mikroyapısının bilinmesi, kullanıldığı yerdeki performansının önceden tahmin edilmesi açısından önemlidir.

IV. Bilye Uygulamaları : Bilyeler “Bilye Çeliği” denen özel dizayn edilmiş çeliklerden üretilmektedir. Yüksek sıcaklık gerektiren uygulamalarda paslanmaz çelik, sementit karbür, süper alaşımlar ve seramikler kayma ve haddeleme sistemlerinde kullanışlı malzemelerdir. Eğer korozyon direnci isteniyorsa, paslanmaz çelik, yüzey sertleştirilmiş alaşımlar, süperalaşımlar, titanyum bazlı alaşımlar, seramikler, karbon grafitler ve polimerler tercih edilir malzemelerdir.

Bu metalller bronz bilyeler, cinko bazlı alaşımlar, alüminyum bazlı alaşımlar ve bazı polimerlerdir.

Su içerisinde kayma hareketlerine maruz kalan sistemlerde karbon grafit çok mükemmel bir seçimdir. Bu sistem için bazı polimerlerde kullanılabilir.

Kendinden yağlanan malzemeler (çeşitli polimerler, karbon grafitler, metal matrix kompozitler v.s) kuru ortamlarda kullanılan sistemlerde uygun bir seçimdir.

Aşınma direncinde sertlik, çoğu zaman önemli bir özelliktir. Malzeme seçiminde malzemenin fiziksel özellikleri (ör: ısı iletkenlik, ısı genleşme, yoğunluk ve ısı kapasitesi) çok önemli parametrelerdir. Mikroyapı, yüzey kalitesi, çekme gerilmesi, kaplama kalınlığı ve porozitesi de önemli faktörlerdir.

Bir malzemedan diğerine geçmek aşınmayı veya yüzey hasarını tamamen yok etmez. Malzemenin her çeşit özellikleri aşınmayı etkilemektedir.

Dökme demir aynı sertliğe sahip olan bir malzemeye göre farklı grafit yapısına sahip olduğundan aşınmaya karşı direncide farklı olmaktadır. Dökme demirlerin aşınma direncini belirleyen grafitlerin yapısıdır. En ideal yapı iğnesel grafitlerin düzenli morfolojik yapıda olmasıdır.

Haddelme sistemlerinde kullanılacak çeliklerde inklüzyonlardan arınmış temiz bir yapı istenir. Sert silikalar performansı olumsuz etkilerler. Vakumda ergitme prosesleri yüksek kaliteli bilye çelikleri üretmek için kullanılır. Dolayısıyla sertlik tek başına belirleyici bir parametre değildir.

Tribolojik problemle ilgisi olmayan diğer metal özellikleri de ayrıca dikkate alınmalıdır. Örneğin şaft, sürtünme ile oluşan aşınmanın yanında burma yorulması ve gerilmeli korozyona da uğrar. Bu durum daha sonra çekme gerilmesine dönebilir ve sistem bundan etkilenebilir.

Tribolojik problemler her zaman en iyi metalin kullanılması ile çözümlenemez. Bazen çok yoğun bir dizayn çok ekonomik ve uzun süreli bir çözüm olabilir.

Süper aşınma direnci olan metallerde bile yağlama çok önemli bir dizayn kriteridir. Tribolojik uygulamalarda yüzey durumu bir çok yönden önemli bir özelliktir. Pürüzsüz yüzey genellikle tercih edilir. Böylece yağlama için yüzeyde çok ince yağ filmi yeterli olmaktadır. Sistem çok pürüzlü ise, ince yağ filmi derin delikler tarafından absorbe edilerek yüzeyin yağsız kalmasına neden olabilirler. Bu da aşınma ve çatlak oluşumuna neden olabilir [1].

Bu tür durumlarda yüzeyin kaplanması çok avantajlıdır.

3.2. Dökme Demirlerde Sürtünme ve Aşınma

Dökme demirlerin endüstride kullanılan bir çok çeşidi vardır. Bunlar; gri dökme demir, beyaz veya çilli dökme demir, yumuşak dökme demir, küresel grafitli dökme demir.

Dökme demirler özellikle aşınma direncinin önemli olduğu çok geniş uygulamalarda kullanılabilen nadir malzemelerdendir. Perlitten martenzite kadar çeşitli mikro

yapılara sahip olabilir. Bu yapılarda bulunan grafit doğal bir yağlayıcıdır. Ayrıca abrasiv aşınmaya karşı dirençlidir.

I. Gri Dökme Demir: Gri dökme demir iğnesel grafit içeren şekilde ferrit ve/veya perlit yapısındadır. Gri dökme demir kırılkan olup ve düşük çekme mukavemetine ve sertliğe sahiptir. Grafit ayrıca çok iyi bir enerji absorblayıcıdır ve termal iletkenlik çeliklerden yüksektir. Kırık yüzey görüntüsü gri ve mattır. Bunun nedeni gri dökme demir içindeki grafitir. Grafit çok iyi bir doğal katı yağlayıcıdır. Çok iyi kayma aşınması direnci ve düşük sürtünme katsayısı vardır. Gri dökme demir bir çok makine parçalarında yaygın olarak kullanılır. Ör; motor blokları, silindirler, piston halkaları v.s.

II. Beyaz veya Çilli Dökme Demir : Karbon primer karbür olarak perlit veya martenzit içerisinde bulunur. Böyle bir yapıda dökme demir çok serttir, mekanik yollarla şekillendirilemez ve kırılğandır. Kırık yüzey beyaz ve kristalin görünümündedir. Abrasiv aşınmanın olduğu yerlerde kullanılması tercih edilir. Örneğin; malzeme hazırlama, kırma ve yükleme boşaltma sistemlerinde ve motorların şaftlarında kullanılabilir.

III. Yumuşak Dökme Demir : Beyaz dökme demire ısıt işlemler uygulamaları ile daha sünek bir yapı kazandırılır. Bu yapıda kırık yüzey görünümü içerdığı perlit veya grafit içeriğine göre değişir. Perlit içeren yüzey beyaz görünüm verirken grafit içeren yüzey siyah görünümündedir.

IV. Küresel Grafitli Dökme Demir : Eğer dökme demirin grafitleri iğnesel yapıdan yuvarlak yapılı şekilde dönüştürülürse kırılkanlık çok ciddi bir şekilde düşer ve iyi bir ısıt işlemler çelik yapısına benzer yapı oluşturulabilir. Özel ergitme prosesleri ile üretilen dökme demirlerde mekanik özellikler çok daha iyi olup, çelik yerine dişlilerde ve krank millerinde kullanılabilirler. Son yıllarda geliştirilen östemperlenmiş temperlenmiş küresel grafitli dökme demirler, dişlilerde yüzey sertleştirilen çelikler yerine kullanılmaktadır.

3.2.1. Mikro Yapı

Mühendislik uygulamalarda aşınma, yüzey sertliği ve mikroyapısı ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle yüzeyin çok iyi analiz edilip üretim spesifikasyonu olarak düşünülmesi gerekir. Çünkü yüzey kontrol edilebilen mühendislik bir özelliktir.

Farklı mikroyapılar üretim sırasında oluşturulabilir. Dökme demirin matris yapısı genellikle bir çok yapı bileşeninden oluşur. Örneğin, ferrit, perlit, sementit, ötektik, martenzit, beynitik, östenit, grafit.

I. Ferrit : Dökme demirdeki ferrit fazı, katı eriyik ile oluşan tek fazlı bir yapıdır. Oluşumu dökme demirdeki soğuma hızına, grafit yapısına ve silisyum içeriğine bağlıdır. Ferrit miktarı, soğuma hızının düşmesiyle yükselmektedir. Tamamen ferritli yapı tavlama ile oluşmaktadır. Bu yapı aşınma uygulamaları için önemli değildir.

II. Perlit : Ferrit ve sementit lamellerinin bir araya gelmesi ile oluşan yapıdır. Bu yapının mükemmelliği soğuma oranına bağlıdır. Perlit yapısı ne kadar iyi olursa dökme demir o kadar mukavemetli olur. Bu, kayma aşınma direnci için mükemmel bir matris yapısıdır.

III. Sementit : (Fe_3C) Ötektik form içerisinde katılaşma sırasında sert beyaz formda oluşur. Perlitte ise lameller şeklindedir. Ötektik karbürler aşınma direnci için sertliğin yükselmesini sağlarlar. Sert karbürler, Cr ve Mo içerirler.

IV. Fosfat Ötektik : Bu yapı fosforun %0.06 dan fazla olduğu durumda oluşur. Normal form ferrit ve demirfosfattan (Fe_3P) oluşur. Soğuma sırasında östenit ferrit, perlit ve demir fosfata dönüşür.

V. Martenzit : Çok hızlı soğuma ile elde edilen bir yapıdır. Bu yapı maksimum sertliğe sahiptir ve abrasiv aşınma olan yerlerde kullanılacak ideal bir yapıdır.

VI. Beynit : Bu yapı yine belli bir hızda soğutma ile elde edilir. Yapı perlitlitten kuvvetli ve serttir ama martenzitten daha tok ve yumuşaktır. Beynitli yapı, martenzit veya ferrit bulunması, dönüşüm süresine, kompozisyona ve diğer faktörlere bağlıdır. Östemperlenmiş parçalar değişik gerilmelere karşı dirençli olurlar. Örneğin dişlilerdeki gerilmeler gibi.

VII. Östenit: Dökme demire nikel ve manganez ekleyerek oda sıcaklığında çok stabil yapıda östenit oluşturulabilir. Bu yapıdaki dökme demir aşınma direnci istenen yerlerde kullanılamaz.

3.2.2. Uygulamalar

Dökme demirler, aşınma direnci, kolay işlenebilirlik, iyi dökülebilirlik ve düşük maliyet istenen mühendislik uygulamalarında çok geniş kullanım alanına sahiptir. Dökme demirler, çok eskiden beri kullanılan ve kullanım yerlerindeki bilinen özellikleri ve dataları ile geleneksel malzemelerdendir. Tribolojik amaçlar için diğer malzemeler arasında en fazla kullanılan malzemelerdir. Dökme demirlerin kayma ve abrasiv aşınma dirençleri ve düşük maliyet ve döküm kolaylığı, boyut kararlılığı ve işlenebilirlik gibi özelliklerden dolayı en fazla tercih edilen malzemelerdir (Tablo 3.1).

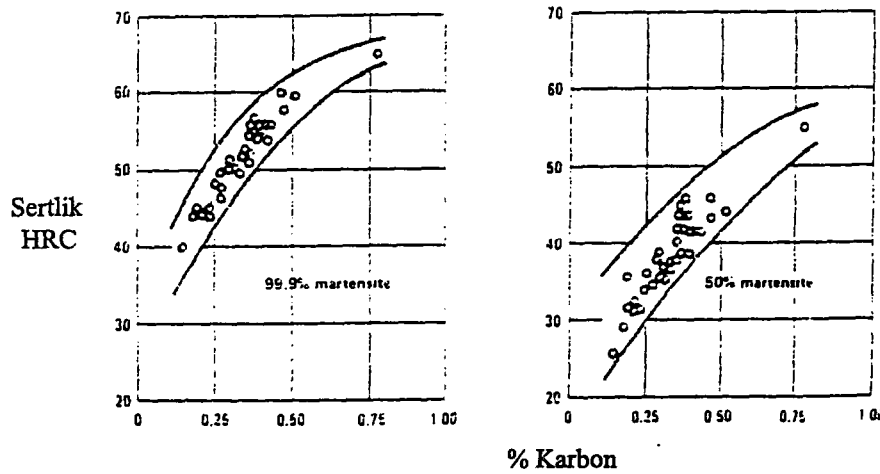
Tablo 3.1. Tipik aşınma uygulamaları [1].

Dökme Demir Çeşidi	Uygulama
Gri Dökme Demir	Pistonlar, kompresör silindirleri, makine yatak takımları ve kayma yolları, firen blokları, düşük gerilmeli dişliler.
Nodular Dökme Demir	Krankşaftlar, dişliler, piston halkaları
Çilli Dökme Demir	Yağlanmanın olmadığı ve gerilmenin yüksek olduğu kamlar.
Beyaz Dökme Demir (dökülmüş ve ısıtılmış işlem uygulanmış)	Kırıcı, besleyici, silo etrafındaki yüzeyler.
Beyaz Dökme Demir (Yüzey sertleştirilmiş)	Delici dişler.

3.3. Karbon ve Alaşımli Çeliklerde Sürtünme ve Aşınma

Karbon çelikleri, temel alaşım elementi karbon olan çeliklerdir. Sertleşebilirliği arttırmak için kullanılan alaşım elementlerinden krom, vanadyum ve molibden bu çeliklerde bulunmaz. Yüksek karbonlu çelikler, inklüzyonu kontrol etmek için özel vakum ergitme ile boyut homojenliğini sağlamak için de özel sıcaklık koşullarında üretilir (Östenitik manganez çelikleri, Hadfield Manganez çeliği). Cevher hazırlamada ve yüksek tokluğun ve abrasiv aşınma direncinin ihtiyaç olduğu uygulamalarda kullanılır. Bu alaşımlar %1 Karbon ve %11-14 arasında Manganez içeren östenitik Manganez çelikleridir. Bu özellikteki çelikler herhangi bir darbeye maruz kaldıklarında yapı martenzite dönüşür. Bu çelik türü abrasiv aşınma sırasında çok iyi bir sertleşme göstererek aşınma direncini yükseltir. Malzeme yüzeyinin abrasiv yüklemeler altında sert bir tabaka oluşturması çok büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Hızlı soğuma ile latis yapısı hacim merkezli tetragonal yapısına döner. Bu yapı latisin bir miktar şeklinin bozulmasına yol açar. Bu yapı çok serttir ve Fe-C denge diyagramında gösterilmez. Martenzit yüksek aşınma direnci olan bir yapıdır (şekil 3.1). Martenzit yapısına ulaşmak için mutlaka hızlı soğutma gereklidir. Daha düşük hızlarda soğutmalarda ise mühendislik özellikleri açısından kullanışlı bir takım yapılarda oluşur (Örneğin Beynit). Perlit, Martenzit ve Beynitin oluşması ve yapının özellikleri Demir'in Karbon içeriğine bağlıdır.



Şekil 3.1. Martenzitin sertliğinin Karbon miktarı ile değişimi [1].

Bir çok metalurjik faktörler çeşitli çeliklerin değişik özelliklerde üretilmelerini sağlamaktadır. Aynı zamanda ısıt işlemleri uygulamalarıyla çok çeşitli uygulamalar için çeşitli çelikler üretilir.

Çeliklerin mikroyapıları aşınma direnci üzerine önemli bir etkisi vardır. Mikroyapı ayrıca korozyon direncini, tokluğu, boyutsal stabiliteyi, mukavemeti ve yorulma direncini belirleyen faktördür.

I. Karbon çeliklerinin aşınma özellikleri: Karbon çeliklerinde sertlik karbon içeriğinin bir fonksiyonudur. Dolayısıyla çeliklerin aşınma oranları da sertlik ve karbon içeriğiyle doğrudan orantılıdır.

II. Orta Karbonlu çeliklerin aşınma dirençlerini artırma : Orta karbonlu çelikler kuru yüzey sürtünmesinde yüzey hasarlanmasına dirençsiz ve aşınma direnci zayıf olan çeliklerdir. Eğer bu malzeme kullanılması zorunlu ise yüzeyi kaplanarak veya yüzeyinin sertleştirilerek kullanılması gerekir. Çelik yüzeyine herhangi bir sert mineralin çarpması o yüzeyde eğer yüzey kaplanmamışsa veya sertleştirilmemişse mutlaka hızlı bir aşınmaya neden olur.

III. Korozyon direnci mikroyapı ile artırılabilir: Çeliklerin aşınması korozif ortamda çok hızlanmaktadır. Yüzeyi korunmayan çelik ayrıca çatlamaya da müsaittir. Birçok mikroyapının hem çeliklerde hem de dökme demirlerde oluşturulabilmesi mümkündür. Aşınma özellikleri mikroyapılarla ilişkilendirilebilir.

IV. Meydana gelen kayba göre çelik seçimi: Aşınma direncine göre çelik seçimi yapıldığında çeliğin toplam ağırlık kaybı ve sıcaklık uygulamaları gözle alınmalıdır. Aşağıda çeşitli çelikler aşınma sırasındaki malzeme kaybı azalışı (aşınma direnci artışı) yönüne göre listelenmiştir;

- Düşük karbon çelikleri (1020) ısıt işlemleri uygulanmamış.
- Sade karbonlu çelikler (1095) ısıt işlemleri uygulanmamış.
- Direkt sertleştirilmiş karbon çelikleri, düşük alaşımlı çelikler, alevle yüzey sertleştirilmiş veya kütleli sertleştirilmiş çelikler.
- Karbürizasyon ile yüzey sertleştirilmiş düşük karbonlu ve az alaşımlı çelikler.
- Nitrasyon ile sertleştirilmiş orta karbonlu kromlu çelikler.

- Direkt olarak sertleştirilmiş yüksek alaşımlı çelikler. Örneğin, D2 yüksek karbon, yüksek kromlu (1.5 C- 12Cr) çelikler. Bunlar serbest karbür partikülleri içerirler.
- Katı faz çöktürme ile sertleştirilmiş paslanmaz çelikler.
- Mekanik alaşımlama veya toz metalurjisiyle üretilen çelikler.
- Matriksi alaşım karbürleri ile takviye edilmiş çelikler.

Diğer metaller, yüksek östenitik manganez çelikleri, çeşitli dökme demirler birçok aşınma uygulamaları için kullanılırlar. Aşınma direnci sertlikle artmakta tokluk yükseldiğinde ise düşmektedir.

Maksimum sertlik çeliklerdeki karbon içeriğine bağlıdır. Dolayısıyla martenzit miktarına bağlıdır. Karbon içeriği ayrıca çok çeşitli basit veya kompleks karbür içeriği ile sertlik ve aşınma direncini önemli ölçüde değiştirmektedir. Aşınma özellikleri, karbürlerin çeşidine, miktarına, şekline, boyutuna ve dağılımına aynı zamanda matriks özelliklerine bağlıdır.

3.4. Takım Çeliklerinde Sürtünme ve Aşınma

Bu çelikler yüksek sertlik değerlerinde temperlenebilen, sertleştirilebilen yüksek hız, alaşım ve karbon çelikleridir. Aşınmaya, ısıya ve deformasyona karşı direncin istendiği yerlerde tercih edilirler. Tipik uygulamalar kesme, şekillendirme gibi metal işleme operasyonlarıdır. Bu tür çelikler iyi bir aşınma direncinin istendiği yerlerde ve uygulamalarda tercih edilirler.

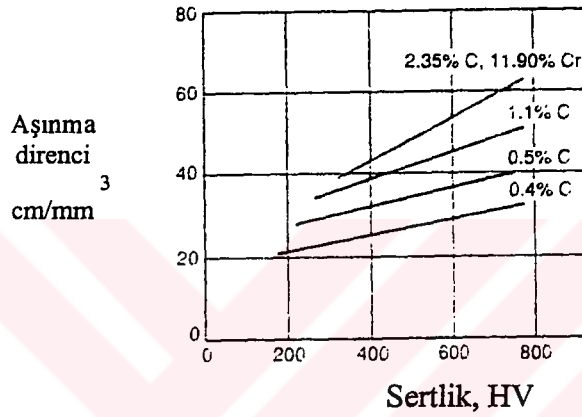
Kullanılan bir çok takım çelikleri elektrikli fırınlarda ergitilip ingotta dökülüp sıcak şekillendirilmiş çeliklerdir. Bir kısım çeliklerde, gaz veya su ile pulverize edilir, sinterleme veya presleme ile üretilir, sıcak şekillendirme ile son şekilleri verilir ve son olarak ta ısıl işlem uygulanarak üretilir. Tüm takım çelikleri ısıl işlem uygulanmış çelikleridir. Sertleştirildikten sonra temperleme ile tokluk kazanırlar.

Takım çelikleri aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar.

I. Suda sertleşen takım çelikleri: Temel alaşım elementi olarak Karbon içerirler. Bazı kaliteleri iyi bir tane yapısı için Vanadyum, aşınma direncinin yükseltilmesi için de Krom bulunur.

Bu eliklerin aşınma dirençleri düşük olsa da tokluğun ihtiyaç duyulduğu kısa süreli aşınma uygulamalarında kullanılırlar. Bu uygulamalardan bazıları, ağaç işleyen çelikler, musluklar, deliciler v.b. Bunlar kullanılmadan önce ısıl işlemle yüksek sertlik (59-64 HRC) değerine kadar sertleştirilirler.

Bu kalite çeliklerin abrasiv aşınma dirençleri içerdikleri karbon miktarı ile ilişkilidir. Karbon miktarı yükselirse sertlik ve aşınma direncide yükselir. Bu ilişki Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Bu şekil ayrıca abrasiv aşınma direnci ile metal sertliği arasındaki yakın ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 3.2. Sertlik ve karbon miktarının bir fonksiyonu olarak abrasiv aşınma direnci [1].

Suda sertleştirilen çeliklerin abrasiv aşınma dirençlerini arttırmada karbon içeriği ve yüzey sertliği gibi birçok faktör önemlidir.

II. Şoka dirençli takım çelikleri: Çok düşük karbon içeriği olduğundan suda sertleştirilen çelikler gibi sertleştirilip aynı sertlik değerine sahip olmaları imkansızdır. Fakat sertlik derinliğini ve sertliği arttırmak için bu tür çeliklerde manganez, silisyum, tungsten, krom ve molibden bulunur. Vanadyum sertleşebilirliği arttırmak ve boyutu küçültmek için eklenir.

Bu kalitelerdeki çeliklerin aşınma dirençleri kabaca suda sertleştirilenlerinkiyle aynı orandadır ama bunların toklukları daha iyidir. Darbe direnci istenen uygulamalarda kullanılırlar (ekiler, kesme bıçakları v.b.).

Bu kalitedeki çeliklere krom ve molibden eklenmesi sertleşebilirliğin yanında abrasiv aşınma direncini de yükseltir. S5 kalite elik en yüksek aşınma direncine sahiptir

fakat S1 ve S7 içerdikleri yüksek krom ve molibden miktarı ile daha iyi bir aşınma direncine sahiptir.

III. Soğuk iş takım çelikleri: Bu çeliklerin birkaç türü vardır.

- A: Orta alaşımlı çeliklerdir. Havada sertleşebilirliklerinden dolayı oda sıcaklığında kullanılması gerekir. Derin sertlik elde edebilmek için kullanılan temel alaşım elementleri manganez, krom, molibden ve vanadyumdur. Yüksek Karbon miktarı bir çok uygulamalarda yüksek aşınma direnci vermektedir. Mandrellerde ve soğuk şekillendirme yapan diğer elemanlarda kullanılırlar.
- O: Düşük alaşımlı çeliklerdir. Yağda sertleştirilirler. Önemli alaşım elementi manganez, tungsten, molibden ve kromdur. (metal kesme, çekme ve şekillendirme işlemlerinde ve plastik kalıbı yapımında kullanılır). Bu tür çeliklerinde oda sıcaklığında kullanılması tavsiye edilir ve içerdikleri yüksek karbon miktarı ve karbürler sayesinde aşınma dirençlerinin iyi olduğuna güvenilir.
- D: Yüksek karbon ve krom içerirler. Dolayısıyla çok derin sertliğe sahiptir. Bazı çeşitleri molibden, vanadyum ve kobalt içerirler. Karbon ve Vanadyum içeriğinin yükselmesi ile aşınma dirençleri de artar.

IV. Sıcak iş takım çelikleri: Orta Karbonlu çeliklerdir. Yüksek sıcaklıklardaki aşınma direnci için bazı alaşım elementleri içermektedirler. Tüm kaliteleri Krom içerirken, H20 ve H39 kaliteleri Tungsten ve H42 Molibden içerirler. Tüm türleri derin sertleştirilebilirler.

V. Yüksek hız çelikleri: İki çeşidi vardır.

- M: Yüksek Karbon içeriğine sahiptir. Temel alaşım elementi ise Molibdendir. Diğer alaşım elementleri Krom, Vanadyum ve Kobalttır. Isıl işlem sonucu çok yüksek sertlik değerlerine ulaşır. Metal kesme işlerinde kullanılır.
- T: Yüksek karbon ile birlikte önemli alaşım elementi olarak Tungsten içerirler. Bunun yanında Krom ve Vanadyumda içerirler. Bir çoğu da kobalt içerirler. M çeşidinin kullanıldığı uygulamalarda kullanılırlar. Fakat Tungsten daha az tok ve sıcaklığa karşı çok dirençlidir ve de abrasiv direnci yüksektir.

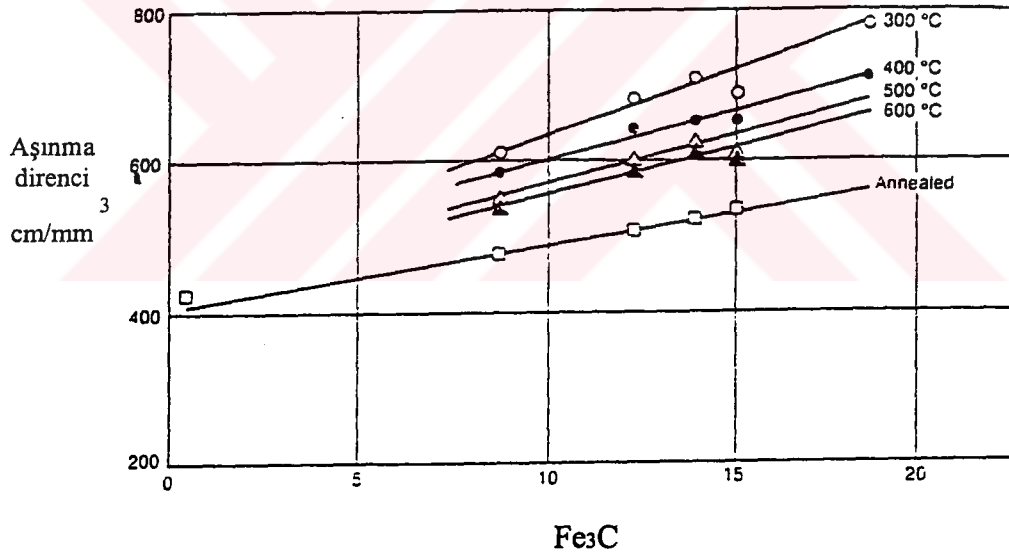
3.4.1. Takım Çeliklerinin Aşınma Mekanizması

Bu tür çeliklerin aşınmasında 4 temel mekanizma vardır; Abrasiv etki, adhesiv (yapışma), korozyon ve temas yorulma aşınması. Bu tür çelikler genellikle metal işlemede kullanıldıkları için birçok aşınma mekanizması bir arada görülebilir.

Abrasiv aşınma metal şekillendirmede kuru ortamlarda kullanılan aletin ömrünü belirleyen türde bir aşınma mekanizmasıdır. Bu yüzden bu kalite çeliklerin abrasiv aşınmasında yağlama ve yüzey kaplama önemli parametrelerdir.

Abrasiv Aşınma: Şekil.3.2’de görüldüğü gibi karbon takım çeliklerinin (W) abrasiv direnci direkt olarak sertliğe ve çeliğin Karbon içeriğine bağlıdır.

Şekil.3.3. Fe₃C (Demirkarbür) yani sementit hacim oranının sertlikle lineer ilişkisi olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.3. Sementit hacim oranının sertleştirilmiş ve temperlenmiş karbon çeliklerinin sertliğine olan etkisi.

Temperleme derecesi düştüğünde sertlik yükselmektedir. Bu da dolayısıyla aşınma direncini etkilemektedir.

Bu çeliklerin kuru ortamlardaki abrasiv aşınmasıyla ilgili çalışmalarda yapısal parametrelerin aşınma oranıyla ilgili olduğu görülmüştür. Bu yapısal parametreler, ilk karbür boyutu, karbür sertliğindeki çeşitlilik ve karbürlerin hacim oranıdır.

Metal metal sürtünmesinde mekanizma olarak sadece abrasyon ile karşılaşılmaz ayrıca büyük hacimli karbürler matrisden kopup çeliğin aşınmasını artırırlar.

Adhesiv Aşınma : İş parçası ile kalıp arasında direkt temas varsa ve eğer yağlama tabakası yüksek basınç sonucu veya proses dizaynından dolayı işlevini yapmıyorsa adhesiv aşınma meydana gelir.

Çevre şartları adhesiv aşınmada önemlidir. Örneğin vacum sistemlerde oksijenin düşmesi oksit filmin oluşumunu engeller ve buda adhesiv aşınmayı kötü yönde etkiler.

Takım çeliklerinin tamamında metalurjik faktörler adhesiv aşınmayı etkilemektedir. Örneğin sıcaklık, küçük tane boyutu, yağlama, primer karbürlerin hacim oranı ve primer karbür boyutu adhesiv aşınmayı düşürür. Yalnız bu faktörler tüm durumlarda adhesiv aşınmayı kontrol etmezler.

Adhesiv aşınma çok nadir yüksek hız çeliklerinde görülebilir. Bu, metal kesme uygulamalarında yüksek hızlarda oluşuyor ve sürekli aşınma olarak adlandırılır.

Korozyon Aşınması: Normal olarak korozyon aşınması takım çelikleri için çok önemli bir aşınma mekanizması değildir. Yalnız yüksek sıcaklıklarda çok ciddi bir aşınma mekanizması olabilir. Bu aşınma genellikle çok iyi bir yağlama, yüksek kromlu takım çeliği olarak veya kaplama yaparak önlenabilir.

Temas Yorulma Aşınması: Bu aşınma türü birbirleri üzerinde üzerinde tekrarlı kayan veya haddeme yapan sistemlerde görülür ve zamanla mikroçatlaklara yol açar. Bu aşınmaya en iyi çözüm arttırılan tokluk ve yüksek sertlik değeridir.

3.5. Paslanmaz Çeliklerde Sürtünme ve Aşınma

Paslanmaz çeliklerin korozyon dirençleri içerdikleri krom miktarına bağlıdır. Krom miktarı artarsa korozyon dirençleri de artar. Ayrıca diğer nikel gibi elementler eklenmesi ile de korozyona karşı direnç artar.

Paslanmaz çeliklerin aşınma dirençleri düşük olmasına rağmen korozyon direnci yüksek olduğundan birçok alanlarda tercih edilir.

Paslanmaz çeliğin kullanıldığı uygulamalar: Korozyon direnci istenen aşınma ortamlarında birçok durumda paslanmaz çelikler tercih edilir. Örneğin, kömür işi yapan tesislerde kömürün aşındırma özelliği ve çamurumsu yapısından dolayı korozif özelliği paslanmaz çeliklerin kullanımı zorunlu kılar.

Gıda sektöründe kullanılan ekipmanlarının yağlanması yasaktır. Çünkü ortamın hijyenik ve temiz olması istenir. Örneğin zincirler konveyör bantları, merdaneler.

Paslanmaz çeliğin uzun servis ömürlü oluşu korozyonlu ortamlarda karbon çeliğine göre çok daha fazla tercih edilen malzemelerdir. Örneğin, 304, 3Cr12, 410 v.b. Son zamanlarda yatlarda bazı parçalarda bronz yerine paslanmaz çelik kullanılmaya başlanmıştır. Bu malzemenin hem deniz suyu korozyonu direnci yüksektir.

S20161 ve S21800 paslanmaz çelikleri kobalt bazlı alaşım olan Stellite 6B yerine valflerde ve pompa uygulamalarında korozyon dirençleri düşük maliyet nedeni ile kullanılmaktadır.

Nükleer endüstride alaşımlar yüksek oranlarda Kobalt içerirler. Bu da şu açıdan sakınca yaratır, korozyon ürünü partiküller soğutma suyuna karışır oradan da reaktör merkezine gider. Burada Co59 radyoaktif izotop olan Co60'a dönüşür. Kobalt içermeyen paslanmaz çelikler bu sistemlerde tercih edilirler.

Elektrik güç araştırma enstitüleri için Norem adında bir alaşım geliştirilmiştir. Bu kobalt içeren alaşımların yerini alması için dizayn edilmiştir.

Dizayn Kriterleri:

Metal metal aşınması için aşağıdaki birtakım ip uçları yardımcı olabilir.

- Mümkün olan her yeri yağlanmalıdır.
- Sistemdeki yük, ısı ve hız mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır.
- Bütün parçaları mümkün olduğunca sıkı geçme olarak birleştirilmelidir.
- Yüzeyin pürüzlülüğünü mümkün olduğunca 0,25 ila 1,75 mikrometre arasında tutulmalıdır.
- Birbirine değen yüzey alanını azaltılarak gerilme ve aşınma azaltılmalıdır.
- Yüzey çatlaklarına karşı dirençli olunması amacıyla, nitrasyon, sert yüzey kaplaması, karbürizasyon, gibi yöntemleri seçilmelidir.

Abrasiv ve koroziif aşınmanın olduğu bölgelerde ise;

- Abrasiv aşınmanın olduğu yerlerde yüksek sertlikteki martenzitik paslanmaz çelik kullanılmalıdır.
- Abrasiv ürünlerinin sistemden uzaklaşmasını sağlayacak dizayn yapılmalıdır.
- Suyun veya koroziif atıkların ekipmanların üzerinde birikmesini önleyecek şekilde sistem dizayn edilmelidir.
- Abrasiv solüsyonların olduğu bölgelerde paslanmaz çelik tercih edilmelidir.

3.6. Bilye Çeliklerinde Sürtünme ve Aşınma

Bilye çeliklerinde aşınma sırasında meydana gelen metal kaybı, abrasiv, adhesiv ve temas yorulma aşınması ile olmaktadır. Eğer bilyelerin bağılı olduğu sistemler iyi bir şekilde kumanda edilirse aşınma çok az bir kayma ile temas yüzeyinde meydana gelir. Ana aşınma mekanizması ise temas yorulmasıdır.

Bilye çeliklerinin kompozisyonlarına göre birkaç çeşidi vardır;

I. Yüksek karbonlu bilye çelikleri,

II. Düşük karbonlu bilye çelikleri

Bunlar bulundukları servis kondisyonuna bağılı olarak kullanılırlar.

Yüksek Karbonlu çelikler şu avantajlara sahiptir;

1. Yüksek temas gerilmesine karşı dayanabilme
2. Karbürizasyona göre daha basit olan ısıl işlem yöntemi ile üretilmesi
3. Çok az kalıntı östenit içermesi nedeniyle mükemmel bir boyut stabilitesine sahip olması.

Karbürizasyona tabi tutulmuş bilye çeliklerinin ise şu avantajları vardır;

- Çok iyi yüzey dövülebilirliği (içerdiği kalıntı östenit miktarına göre). Buda gerilmelere karşı çok iyi bir dirençtir.
- Servis koşullarında yüksek tokluk
- Eğme yüklemelerine karşı ve yorulma çatlaklarına karşı yüzeyde yüksek çekme gerilmesi.
- Kolay işlenebilirlik.

Her iki türde de olan çeliklerin sertliğinin 58-64 HRC arasında olması istenir [1].

4. ERDEMİR ve ÜRETİM PROSESİ

4.1. Giriş

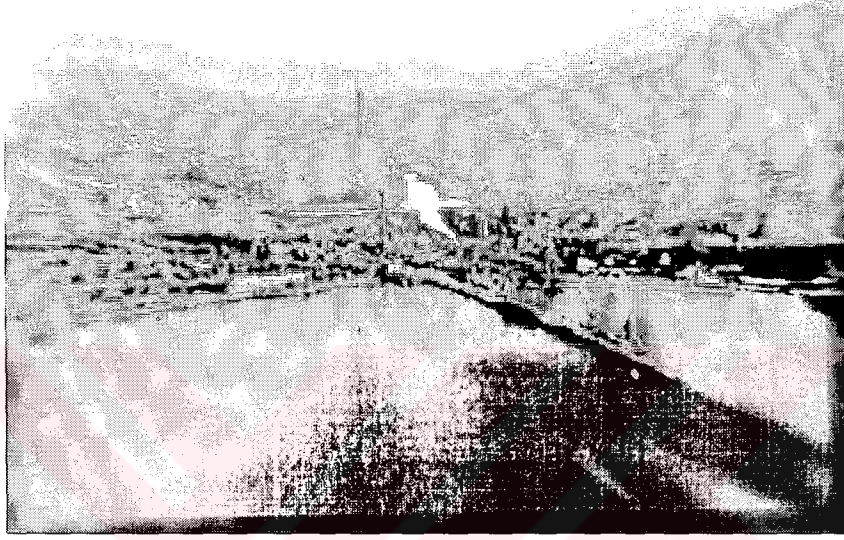
Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş. “ERDEMİR”, 28 Şubat 1960 özel yasayla kurulmuş bir anonim şirkettir. Türkiye’nin tek entegre yassı çelik tesisi olan ERDEMİR, Batı Karadeniz’in küçük bir sahil kasabası olan Ereğli’de 15 Mayıs 1965’te üretime başlamıştır.

ERDEMİR, kuruluşundaki yıllık 470.000 ton sıvı çelik, 268.000 ton yassı çelik ve 100.000 ton blum olan üretim hacmini, çeşitli tevsiat ve modernizasyon yatırımlarıyla artırmıştır. 1996 yılının ortasında tamamlanmış olan Kapasite Artırma ve Modernizasyon (KAM) Projesi ile ERDEMİR’in sıvı çelik ve yassı çelik üretim kapasiteleri sıra ile 3 milyon ve 3,3 milyon ton/yıl düzeyine çıkartılmıştır.

ERDEMİR 4 km²’ye yayılan tesislerinde en gelişmiş teknolojiyi takip etmeyi ve uygulamayı daima temel hedef olarak almış ve yaptığı yatırımlar sonucu bugün hemen tüm tesislerini günün teknolojisine uygun ve modern bir hale getirmiştir (Şekil 4.1).

4.2. Uzunkum Limanı ve Maniplasyon Tesisleri

ERDEMİR' in üretimde kullandığı cevher, kömür, kireçtaşı, fuel-oil vb hammaddenin denizyoluyla getirilmesi ve ürünlerin sevk edilmesi amacıyla 1964 yılında hizmete açılmış ve II. Kademe Tevsiat sırasında genişletilmiştir.



Şekil 4.1. Erdemir genel görünüşü.

Liman; 1.245 m'lik ana mendirek, 684 m'lik yardımcı mendirek, 295 m'lik yükleme rıhtımı ve 405 m'lik kömür ve cevher boşaltma rıhtımı ile 60.000 DWT kapasitesinde gemilerin yanaşmasına uygun bir yapıdadır. Boşaltma rıhtımında saatte 1.000, 1.400 ve 1.500 ton kapasiteli üç adet hammadde boşaltma vinci, yükleme rıhtımında ise üç adet 15'er ton, bir adet de 25 ton kaldırma kapasiteli yükleme vinci bulunmaktadır.

ERDEMİR' e getirilen cevher ve kömür, taşıyıcı bantlarla stok alanlarına ulaştırılmaktadır. Bantların cevher taşıma kapasitesi saatte 2.500 ton, kömür taşıma kapasitesi ise 1.500 ton'dur. Cevher Stok Sahaları 500.000 ton, Ebatlandırma ve Harman Stok Sahaları 500.000 ton kapasitelidir.

1998 yılında işletmeye alınan yeni liman tesisinde 150.000 DWT kapasitesindeki gemiler yanaşabilmektedir. Tahliye kapasitesi 2.500 ton cevher/saat, 1.500 ton kömür/saat' tir. Aynı dönemde devreye alınan 2 adet boşaltma vinçlerinin her birinin kapasitesi 1.500 ton/saat' tir. İki adet sahil vinci ise 30 metrede 40 ton, 37 metrede

ise 30 ton yük kaldırmaktadır. Erdemir limanında kargo doklarının yanı sıra Ro-Ro doku da bulunmaktadır[5].

4.3. Kok Fabrikaları

Yüksek Fırınlar' ın metalurjik kok ihtiyacını karşılamak amacı ile kurulan ve yıllık kapasitesi 1.022.332 ton olan Kok Fabrikaları aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır.

4.3.1. Kömür Hazırlama Tesisleri

Bu bölümde, kömür cinslerine göre harmanlama tesisi ile taşıyıcı bantlar, tartım ve numune alma sistemleri bulunmaktadır. Taşıyıcılar vasıtası ile açık stok sahasındaki ayrı cinsteki kömürler istenilen oranlarda karıştırılarak kömür silosuna doldurulmaktadır.

4.3.2. Kok Bataryaları

Koppers Becker tipi üç batarya vardır. 37'şer fırınlık iki batarya 1964'te, 85 fırınlık batarya ise 1978'de üretime geçmiştir.

4.3.3. Kok Maniplasyon Tesisleri

Toplam 159 fırında üretilen metalurjik kokun, Yüksek Fırınlar'a aktarılmasını gerçekleştiren bir sistemdir. Bu bölümde, kokun istenilen boyutlarda kırılmasını sağlayan ekipmanlar bulunmaktadır.

4.3.4. Yan Ürün Tesisleri

Koklaştırma işleminde çıkan gazın soğutularak temizlenmesini ve çeşitli işlemlerden geçirilerek yan ürünlerin üretimini sağlayan tesislerdir. Bu tesilerde gerçekleştirilen işlemlerle ham naftalin, hafif yağlar, amonyak ve su buharı gazın içinden alınmış olur.

4.4. Sinter Fabrikası

Hammadde kullanımı ve enerji tasarrufu açısından önemli yararlar sağlayan, yıllık 1.750.000 ton üretim kapasiteli Sinter Fabrikası'nda:

- I. Yüksek kükürtlü cevherler kullanılabilir hale getirilir.
- II. Toz halindeki çeşitli hammadde işlenerek kullanılabilir boyutlara getirilir.
- III. Yüksek Fırınlr ve Çelikhane'nin demir tozları, Haddehaneler'de ve slab sahasında meydana gelen tufal, kireçtaşı ve kok tozları işlenerek değerlendirilir.

4.5. Kömür Enjeksiyon Tesisi

Kok kömürü kullanımını azaltmak, koklaşmaya uygun olmayan daha ucuz kömürlerden de yararlanmak amacı ile KAM Projesi kapsamında kurulmuştur. Yüksek Fırınlr' a enjekte edebilecek toz kömür miktarı 200 kg/ton ham demir 'dir.

4.6. I. Yüksek Fırın "Ayşe"

Çelik üretiminde gerekli sıcak madenin elde edildiği iki yüksek fırından ilkidir. 1971 ve 1986 yıllarında modernize edilmiştir. Oksijen enjeksiyonu vardır. Hazne çapı 8,99 m, çalışma hacmi 1.505 m³'dür. Günlük nominal kapasitesi 3.000 ton, yıllık kapasitesi ise 1.050.000 ton' dur.

4.7. II. Yüksek Fırın "Zübeyde"

1978 yılında işletmeye açılmış, 1995 yılında modernize edilmiştir. Oksijen enjeksiyonlu, yüksek tepe basınçlıdır. Hazne çapı 9,70 m, çalışma hacmi 1.707 m³'dür. Günlük nominal kapasitesi 4.000 ton, yıllık kapasitesi ise 1.400.000 ton'dur.

4.8. Kükürt Giderme Tesisi

Yüksek Fırınlr' da üretilen sıcak madenin içindeki kükürt' ün en alt düzeylere indirilerek, Çelikhane' ye istenen şekilde sıcak maden gönderilmesini sağlar. Tesis, üretilen tüm sıcak madenin Kükürt' ünü giderecek kapasiteye sahiptir. KAM Projesi kapsamında kurulmuştur.

4.9. Çelikhane (Bazik Oksijen Fırınları)

Mevcut Çelikhane, KAM Projesi çerçevesinde tamamen modernize edilmiş ve kapasitesi 3.000.000 ton/yıl' a çıkartılmıştır. Yüksek Fırınlarda elde edilen sıcak maden 120 ton kapasiteli üç konvertörde belli oranlarda hurda ve alaşım elementleri ile karıştırılıp üzerine saf oksijen üflenerek çeşitli uluslararası standartlarda çelik üretilmektedir.

4.10. İkincil Metalurji Tesisleri

Çelikhane'de, istenilen yüksek kalitede ürünlerin üretilebilmesi için KAM Projesi kapsamında ikincil metalurji tesisleri (Pota karıştırma-pota fırını, vakum altında gaz giderme tesisi, kimyasal ısıtma ve alaşımlama tesisi) de kurulmuştur.

4.11 Sürekli Döküm Tesisleri

Sürekli döküm işlemi, yarı mamul üretiminde ileri bir teknolojidir. Çelikhane'de üretilerek, potaya doldurulan sıvı çelik, burada "tandış" adı verilen bir ara potaya, oradan da bakır kalıba kesintisiz olarak dökülür. Kalıpta şekillenen çelik, suyla soğutularak slab halinde katılaştırılır. Kurulu dört adet sürekli döküm tesisinden ilk ikisinin kapasiteleri 550.000 ton/yıl (her biri), KAM Projesi ile yapılan yeni iki tesisin her birinin kapasiteleri ise 850.000 ton/yıl' dır.

4.12. Sıcak Haddehaneler

Bu tesislerde, sürekli döküm tesislerinden elde edilen veya ithal edilen slablar sıcak olarak haddelenmektedir. Sıcak Haddehaneler aşağıdaki ana bölümlerden oluşmaktadır.

4.12.1. Slab Stok ve Yüzey Temizleme Sahası

Sürekli döküm tesislerinde üretilen sıcak slablar, bu sahada soğumaya terk edilir ve belirlenen yüzey kusurları temizlenir.

4.12.2. Slab Isıtma Fırınları

Tüm slablar bu fırınlarda haddelme sıcaklıklarına kadar tavllanır. 110 ton/saat kapasiteli bir, 320'şer ton/saat kapasiteli iki adet olmak üzere toplam üç adet itici tip fırın sırası ile I. ve II. Sıcak Şerit Haddeleri'ni besler.

4.12.3. I. Sıcak Şerit Hadde

ERDEMİR' in ilk Şerit haddesi olup, Kombine Hadde'de 20 mm' ye kadar şerit ön malzemesi haline getirilen slablar burada 1.525 mm genişliğine kadar şerit halinde haddelenir. Tek ayaklıdır ve yıllık kapasitesi 450.000 ton'dur. KAM Projesi ile modernize edilmiştir.

4.12.4. II. Sıcak Şerit Hadde

Slablar yedi ayaklı bu tesiste de sıcak olarak haddelenerek 1.525 mm genişliğine kadar sıcak bobin haline getirilir. KAM Projesi ile modernize edilmiş ve bobin kutusu, slab ebatlandırma presi gibi son teknoloji ile donatılmış, yıllık kapasitesi 3.500.000 ton' a çıkartılmıştır.

4.12.4. Levha Normalizasyon Fırını

Normalizasyon şartı aranan veya gemi sacı olarak kullanılacak özel kalite sıcak haddelenmiş sac ve levhalar burada 930 °C sıcaklığa kadar ısıtılarak tavllanır. Yıllık kapasitesi 45.000 ton' dur.

4.13. I. Soğuk Haddehane

4.13.1. Asitle Temizleme Hatları

Sıcak haddelenmiş bobinlerin yüzeylerindeki oksit ve pas tabakası sülfirik asit banyosundan geçirilerek temizlenir, kenarları kesilir ve yağlanır. 1.525 mm genişliğine kadar bobinleri dekape eden hatlardan birincisi 300.000 ton, KAM Projesi ile modernize edilen ikincisi ise 800.000 ton yıllık kapasiteye sahiptir.

4.13.2. Tandem Hadde

Asitleme hatlarından gelen temizlenmiş ve yağlanmış bobinler beş ayaklı Tandem Hadde girişinde açılır; soğuk olarak belirli hız ve gergi altında ezme suretiyle inceltilerek bobin halinde tekrar sarılır. Hattın yıllık kapasitesi 750.000 ton' dur.

4.13.3. Alkali Temizleme Hattı

Soğuk haddeleme sırasında bobinlerin yüzeylerine bulaşan haddeleme yağının giderilmesi için ince sac ve teneke bobinleri tavlama öncesi burada temizleme işlemine tabi tutulurlar. Hattın yıllık kapasitesi 130.000 ton' dur.

4.13.4. Bobin Tavlama Fırınları

Soğuk haddeleme işleminin doğal sonucu olarak malzeme iç yapısında tane uzaması meydana gelir. Bu arzu edilmeyen yapısal değişikliklerin giderilmesi amacıyla bobinler oksitlenmeyen (redüktif) ortamda tavlama sıcaklığına kadar ısıtılır ve fırın içinde belirli bir programa göre soğutulur. Yıllık kapasitesi 750.000 ton'dur.

4.13.5. Temper Haddeleri

Soğuk haddelenmiş ve tavllanmış bobinler bu ünitelerde temperlenerek belirli yüzey sertliği ve düzgünlüğü verilir. I. ve II. Temper Haddeleri'nin yıllık kapasiteleri sırasıyla 500.000 ve 300.000 ton' dur.

4.14. İkmal Tesisleri

4.14.1 Teneke Hattı

I. Teneke Hattı : Temperlenmiş teneke bobinlerinin temizlenip kenar kesimlerinin yapıldığı ve elektrolit yolla istenen kalınlıkta kalay kaplanıp yağlanarak siparişe uygun ebatlarda kesildiği bölümdür. Yıllık kapasitesi 100.000 ton' dur.

II. Teneke Hattı (Kalay ve Krom Kaplama Hattı) : Ekim 1999 tarihinde devreye girmiştir. Üretim kapasitesi 250.000 ton/yıl' ır. 200.000 ton/yıl' ı Kalay kaplı rulo 50.000 ton/yıl' ı Krom kaplı rulodur.

4.14.2. Teneke Makası

Ekim 1999 tarihinde II. Teneke hattıyla beraber devreye girmiştir. II. Teneke hattında üretilen bobinin enine kesilip teneke sacı olarak paketlenildiği ünedir. Kapasitesi 100.000 ton/yıl' dır.

4.14.3. Soğuk Makaslar

Soğuk haddelenmiş ve temperlenmiş bobinlerin açılıp kenar kesmenin veya enine kesmenin yapıp düz ve paketlenmiş soğuk sac haline getirildiği bölümdür. İki soğuk makasın toplam kapasitesi 300.000 ton/yıl' dır.

4.14.4. Sıcak Makaslar

Sıcak haddelenmiş bobinler ve asitle temizlenmiş bobinler burada istenilen ölçülerde kesilerek paketlenir. I. ve II. Sıcak makasların kapasitesi sırasıyla 130.000 ve 150.000 ton/yıl' dır.

4.14.5. Sıcak Dilme Hattı

Sıcak haddelenmiş bobinlerin kenarları kesilir veya dilinir. Kapasitesi 180.000 ton/yıl' dır.

4.14.6. Bobin Hazırlama Hattı

Bobinlerin baş ve sonlarındaki tolerans harici kısımların kesildiği ve yüzey düzgünlüğü için temperleme işleminin yapıldığı ünedir. Kapasitesi 600.000 ton/yıl' dır.

4.15. II. Soğuk Haddehane

Sürekli Asitleme/Tandem Hattı ve Sürekli Tavlama Hattı ile genel hizmet ünitelerinden oluşan II. Soğuk Haddehane 1996 yılı ortasında devreye alınmıştır. Tesis son teknolojik gelişmeleri içermekte olup, değişen taleplere çabuk uyum sağlayabilecek niteliktedir.

Tesiste giriş kalınlığı 1,8-4,5 mm olan sıcak haddelenmiş sac şeklinde dönüştürülmektedir.

Klasik soğuk haddehanelerde beş ayrı hattın oluşan yapı, yeni tesiste iki hatta sürekli hale getirilmiştir. Sürekli Asitleme/Tandem Hattı'nın kapasitesi 1.500.000 ton/yıl'dır. Temizleme, tavlama ve temperleme işlemlerinin gerçekleştirildiği Sürekli Tavlama Hattı'nın

Kapasitesi ise 900.000 ton/yıl 'dır. II. Soğuk Haddehane' de özellikle otomotiv ve beyaz eşya endüstrilerinin gereksinim duyduğu yüksek kaliteli ve derin ekilebilir nitelikte ürünlerin üretimi gerçekleştirilmektedir.

4.15.1. Soğuk Dilme

Soğuk dilme hattında, soğuk haddelenmiş bobin ve galvenizli (çinko kaplı) bobinlerin yüzey kontrolleri yapılmakta ve müşterilerin isteğine göre boyuna dilinerek paketlenmektedir.

4.16. Üretime Yardımcı Olan Üniteler

4.16.1. Kireç Fabrikaları

Çelikhane konvertörlerinde kullanılan metalurjik yanmış kireç ve dolomit, üç adet kireç fabrikasında üretilmektedir. Bu fabrikanın günlük kapasiteleri ilk ikisinin 200'er ton, üçüncüsünden ise 300 ton' dur. Yüksek kapasiteli dördüncü bir fabrikanın yapım çalışmaları sürmektedir.

4.16.2. Oksijen Fabrikaları

Çelikhane' nin oksijen ihtiyacını sağlayan dört fabrikanın günlük kapasiteleri 160,210,210 ve 440 ton' dur. Argon gazı tesisinin kapasitesinin 35m³/saat, hidrojen ünitesinin 35m³/saattir. Azot üretim kapasitesi ise 18.000 m³/saat' tir. Beşinci tesisin de yapımına bağlanmıştır.

4.16.3. Enerji Üretim ve Dağıtım Tesisleri

Kuvvet Santralı'nda 720 ton/saat kapasite ile buhar, 50 MW kurulu güç ile elektrik enerjisi üretilerek dağıtılmaktadır. Ayrıca yüksek fırınlar' a yanma havası, denizden soğutma suyu pompalanması, yangın şebekesi su sisteminin işletimi, basınçlı hava ihtiyacının temini, kok gazı, yüksek fırın gazı, çelikhane gazı, doğal gaz ve diğer yakıtların ünitelere dağıtım işleri de yapılmaktadır.

Elektrik enerjisi tüketiminin yaklaşık %50'si Kuvvet Santralı'nda üretilmekte, kalan kısım TEDAŞ' dan alınmaktadır.

Artan gereksinimi karşılamak üzere doğal gazla çalışacak kojenerasyon tesisi kurma çalışmaları devam etmektedir.

4.16.4. Baraj ve Su Tesisleri

ERDEMİR'de üretim sürecinde üretilen her ton sıvı çelik için yaklaşık 99 ton su kullanılmaktadır. Bu suyun yaklaşık 18 ton' u servis suyu olup, kalan kısım sistemde kullanılan suyun tekrar geri döndürülmesi ile karşılanmaktadır. Bu su fabrika' nın yanında denize dökülen Gülüş Irmağı üzerindeki toplam aktif rezerv kapasitesi 35 milyon m³ olan iki adet barajdan sağlanır. Fabrikadaki toplam 12.000 m³/saat kapasiteli üç çökertme havuzundan servis ve içme suyu ihtiyacı karşılanır.

Ayrıca çevre kirliliğini önlemek ve su kullanımını azaltmak için çeşitli kapalı devre sirkülasyon sistemleri ile kimyasal ve kirli su arıtma tesisleri bulunmaktadır.

4.16.5. Atölyeler

ERDEMİR'in mekanik ekipmanlarının onarımı, ihtiyaç duyulan yedek parçaların imali, tesislerin ve binaların çelik konstrüksiyonlarının imali ve montajı, tavan vinçleri, seyyar ekipmanlar, lokomotif ve vagonların bakımları, elektrik motorlarının tamir ve bakımları ile elektronik ve hassas aletlerin, bilgisayar ve mikroişlemci bazlı kontrol kumanda sistemlerinin bakım ve onarım hizmetleri çeşitli çeşitli atölyelerde yürütülmektedir.

Hadde atölyelerinde ise sıcak ve soğuk haddehanelerde kullanılan merdanelerin yeniden kullanılabilmesi için tornalama, taşlama ve yataklama işleri yapılmaktadır.

4.17. Erdemir'de Proses Akışı

Erdemir , Türkiye'de yassı mamul üreten tek entegre demir çelik fabrikasıdır. Kapasitesi 3.300.000 ton/yıl' dır. Geniş ürün yelpazesini birkaç ana başlık altında şu şekilde sıralanabilir;

- I. Teneke (Kalay ve Krom Kaplı)
- II. Sıcak Ürün (Rulo veya Sac)
- III. Soğuk Ürün (Rulo veya Sac)
- IV. Levha

Erdemir, bir dizi değişik, birbirinden bağımsız prosesler kullanır. Bunun yanı sıra bir önceki hattın müşterisi bir sonrakinin de tedarikçisi konumunda olan işletmeler zinciri ile üretimini gerçekleştirmektedir (Şekil 4.2).

Erdemir Prosesine ana hatlarıyla bakılacak olursa:

Entegre Demir ve Çelik fabrikası olarak Erdemir hammaddelerinin bir çoğunu yurt dışından çok az kısmını da yurt içinden temin etmektedir. Bunlar;

- I. Demir cevheri (parça ve toz olarak)
- II. Koklaşabilir taş kömürü
- III. Pelet
- IV. Kireçtaşı
- V. Dolomit'tir

Farklı yerlerden gelen demir cevheri ve taş kömürü önce liman tesisleri ön stok sahalarına alınır daha sonra da hammadde stok sahalarında içerdiği demir oranına (Tenörüne) göre harmanlanır. Parça cevherler, Yüksek Fırına şarj edilmeden önce bir dizi hammadde hazırlama proseslerinden geçirilir ve yüksek fırına şarj edilebilir boyutta getirilir.

Pelet, demir içeriği çok yüksek bir hammaddedir. Yurtdışından temin edilir. Yüksek fırında verimi ve gaz geçirgenliğini arttırıcı yönde etkilidir.

Yukarıda bahsi geçen hammaddeler Yüksek Fırına şarj edilebilir özelliğe getirildikten sonra sıvı maden üretimi başlar. Demir cevheri, kok kömürü, sinter, pelet, kireçtaşı ve dolomit skip arabaları vasıtasıyla Yüksek Fırının tepesindeki siloya boşaltılır. Oradan da fırında basınç eşitleme görevi yapan bin'lere ve oradanda döner oluk sayesinde fırın içerisine istenen bölgeye homojen bir şekilde boşaltılır. Malzeme yukarıdan aşağıya inme sürecinde bir dizi kimyasal reaksiyon gerçekleşir. Açığa çıkan karbonmonoksit gazı (CO) demir cevherini demire kadar indirger. Kok bir yandan ısı enerjisi verirken diğer taraftan içerisindeki karbon demir ile bileşik oluşturur. Altan tüyerlerden verilen basınçlı oksijen ve pulverize kömür yastık görevi yaparak katı malzemeyi havada tutarak yavaş yavaş aşağıya hazneye doğru inmesini sağlar. Aynı zamanda fırın içerisindeki sıcaklık, gaz geçirgenliği ve tepe basıncı arttırılmış olur. Malzeme hazneye geldiğinde artık sıvı durumdadır ve sıvı madenle curuf (istenmeyen maddelerin bulunduğu kısım) birbirinden ayrılır. Döküm alınırken metal altta curuf ise yoğunluğu düşük olduğundan yukarda akar. Basit bir düzenekle iki kısım birbirinden ayrılır. Sıvı maden Torpido adı verilen arabalara yüklenirken curuf'un üzerine su püskürtülerek çimento sanayinde kullanılmak üzere pulverize edilir.

Sıvı madenin bundan sonraki ilk durağı, içerisindeki istenmeyen kükürt' ün (S) giderilmesi için kükürt giderme istasyonudur (Desülfirizasyon). Burada Kireç kullanılarak kükürdün giderilmesi sağlandıktan sonra maden çelikhane konvertörüne gönderilir.

Konvertörler' in (4 adet) kapasitesi 120 ton' dur. Bunun %20'sini hurda %80'nini ise sıvı maden tamamlar. Karbon içeriği çok yüksek olan sıvı madenin içerisine oksijen püskürten lans daldırılarak karbonun yanması sağlanır. İstenen karbon yüzdesini yakalayan sıvı maden artık sıvı çeliğe dönüşmüştür. Bu arada ferro-manganez ve alüminyum gibi bazı element ilaveleri yapılır. Sıvı çeliğin curufu ayrılıp potaya alınır. Bu proses yaklaşık 45 dakika sürer. Çelik kalitesine göre düşük oranda karbon ve diğer elementlerden isteniyorsa pota direkt ikincil metalurji tesislerine gider. Burada vakum altında gaz giderme ve özel çelikler için daha hassas element ilaveleri yapılır.

Tüm analizler tuttuktan sonrada sıvı çelik artık döküme hazırdır. 4 adet sürekli dökümün birinde programlandığı şekilde dökülür ve slablar istenen boyda kesilir. Kaliteden dolayı veya proses uygunsuzluğu nedeni ile bazı slablar skarf edilmeleri için skaf sahasına gönderilirler. Skarf, slab yüzeyindeki yüzeye açık çatlakların haddedelemde problem yaratmaması için yüzeyden 2-10 mm erğitme ile yüzeyin temizlemesi işlemidir.

I. ve II. Sıcak Haddehane yarımamul'ü olan slablar sipariş durumuna ve haddedeleme tekniğine göre fırına alınır ve kalitesine göre ısıtılarak haddelenir. I. Sıcak haddehanede 6 mm ve üzeri kalınlığındaki, II. Sıcak haddehanede ise 1,5 mm kalınlığa kadar olan siparişler haddelenebilir. I. Sıcak haddehanede Kombine Haddede ayrıca 12 mm ile 50 mm arasındaki Levha ve 50 mm'den kalın (200 mm ye kadar) DS ürünlerimizin haddedelemesi yapılır.

Sıcak Haddehane çıkışında sarılan malzeme hiçbir işlem görmeden sıcak ürün olarak (RKK) satılabilir. Eğer bu malzeme soğuk haddelenecek, asitlenecek, kenar kesme yapılacaksa sonraki hatlara program verilerek yoluna devam eder.

Asitleme hattının görevi; sıcak haddedeleme sırasında malzeme üzerinde oluşan tufal'ı (oksit tabakası) giderip pürüzsüz mat bir yüzey elde etmektir. I. soğuk haddehanede bulunan I. ve II. Asitleme Hattında asitleme, Sülfürik asit su karışımı solüsyonu ile yapılır. II. Soğuk Haddehanede ise HCl - su karışımı kullanılır. Soğuk haddelenecek bobinlerin tamamı bu hattan geçmek durumundadır.

Ürün türü açısından enine kesilmesi gereken bobinler I. ve II. sıcak makaslarda 1,5 mm ile 15 mm kalınlık aralığında kesilerek sac (max 5 mm'ye kadar) ve levha (5 mm'den kalın) olarak paketlenirler. Levha ürünleri normalizasyondan ve ultrasonik testten geçtikten sonra paketlenip ambara teslim edilirler.

Soğuk haddelenecek olan bobinler I. veya II. Soğuk Haddehane stok sahalarının önüne taşınır. I. Soğuk haddehanede Asitleme, Tandem Hadde, Temizleme, Tavlama ve Temper ayrı ayrı istasyonlardır. II. Soğuk Haddehanede ise Sürekli bir hat vardır. Asitleme-Tandem tek (CPL) istasyon, Temizleme-Tavlama-Temper tek (CAL) istasyondur. Asitlemeden geçen bobinlerin aynı zamanda haddedeleme sırasındaki yırtılmaları engellemek (kenarlardaki yüzeye açık çatlaklar haddedelemde yırtılmalara neden olur) için kenarlarıda kesilerek Tandem Haddede haddelenirler.

Haddelenmede max 4,50 mm kalınlığındaki bobinler min 0,20 mm' ye kadar haddelenirler.

Haddelenme sırasında soğutma yağlarından kaynaklanan kalıntılar temizleme hattında (I. ve II. Soğuk haddehanede) alkali temizleme ile temizlenirler. Temizlemeden sonra yine soğuk haddeleme sırasında taneleri uzayan ve mekanik özellikleri değişen malzemeye ilk durumuna geri dönmesi için kalite ve kalınlığa bağlı olarak belirli bir sıcaklıkta tavlama işlemine tabi tutulurlar.

Tavlamadan çıkan bobinlerin bir sonraki durağı Temperdir. Temperin amacı; tavlama malzeme yüzeyinde meydana gelen dalgalanmayı düzeltmek (ütüleme), malzemeye pürüzlülük kazandırmak ve en önemlisi de soğuk şekillendirmede problem yaratan süreksiz akma olayını gidermektir.

Eğer bobinin enine kesilmesi gerekiyorsa (sac) soğuk makasların önüne gelir. İki adet soğuk makas 0,30 mm ile 2 mm kalınlık aralığındaki bobinleri enine keserler. Bobinler boyuna Dilme Hattında dilinir. Min 32 mm, max 735 mm genişliğinde boyuna dilme yapılır.

Soğuk haddelenmiş, temizlenmiş, tavllanmış ve temperlenmiş bobinler eğer teneke olarak müşteriye sevk edilecekse Teneke hattına gider. Min 0,20 mm max 0,60 mm kalınlık aralığında haddelenen teneke ürünü kalay veya krom kaplanmak üzere Teneke Hattına alınır. Müşteri isteğine uygun kalınlıkta Krom veya Kalay kaplanan Teneke bobini çıkışta yağlanarak sarılır. Eğer enine kesilmesi isteniyorsa Teneke Makasında kesilerek paketlenir.

Tüm prosesi biten ürünler paketlenip ambara sevk edilirler. Testi istenen ürünlerden uygun bir hatta numune alınarak mekanik testler veya özel testler metalurji laboratuvarlarında yapılır ve testi alan ürünler müşteriye sevk edilir.

5. ERDEMİR’de MÜDÜRLÜKLER BAZINDA İŞLETME ÜNİTELERİNDE MEYDANA GELEN AŞINMALAR

5.1. Giriş

Ereğli Demir-Çelik Fabrikalarında yapılan incelemelerde işletme üniteleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Üniteler, müdürlükler bazında proses akışı sırasında incelenmiştir. Her ünitenin bakımından sorumlu Başmühendisi ile görüşülerek aşınmanın problem olduğu sistem ve elemanları hakkında bilgi alınmıştır. Aşınmaya uğrayan elemanlar yerinde görülmüş ve içinde bulundukları ortamlar incelenmiştir. Tüm bu gözlemler yorumlanarak aşınma türleri tespit edilmiştir.

Erdemir genelinde kullanılan ve direkt aşınmadan dolayı sarf edilen ve maliyet oluşturan kalemlerden merdaneler bölüm 6’da ayrıca ele alınmıştır.

5.2. Liman ve Nakliyat Baş Müdürlüğü

5.2.1. Liman Müdürlüğü

5.2.1.1. Tanımı, Konumu ve Görevleri.

Liman Müdürlüğü, Liman ve Nakliyat Baş Müdürlüğüne bağlı olarak faaliyet göstermektedir. Erdemir’in denizyolu ile gelen tüm hammadde veya malzemelerinin tahliye edilmesi ve bazılarının da liman ön stok sahalarında stoklanmasını sağlamaktadır. Ayrıca yine denizyolu ile yapılan ihracat ürünlerini gemiye yükleme görev ve sorumluluğu liman müdürlüğüne aittir. Kısacası ERDEMİR’in denizyolu trafiğini düzenler ve kontrol eder.

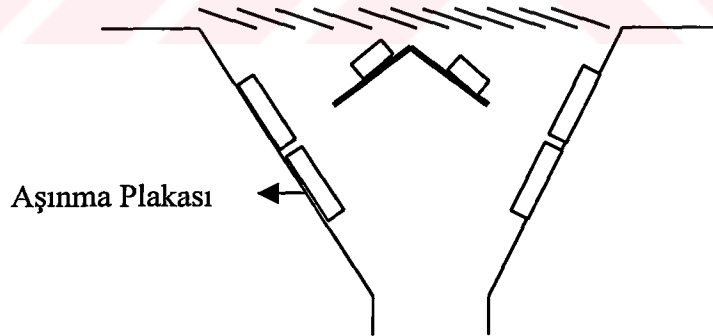
5.2.1.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları.

Erdemir limanında aşınmaya maruz kalan elemanlar ve çalışma koşulları aşağıdaki gibidir;

I. Kepçe : Yükleme boşaltma yapan kepçeler vinçlere bağlı olarak çalışan elemanlardır. Kepçeler cevher (parça ve toz), pelet, curuf ve kömür (toz ve parça) yükleme ve boşaltma sırasında direkt olarak malzemeye temas etmektedirler. Bu elemanlar sürekli açık havada ve deniz kenarında çalışmaktadırlar.

Bu aşınmayı minimize etmek için kepçe, ticari adı “Hardox” olan malzemeden yapılmaktadır. 40 mm kalınlıktaki plakalar (Hardox 500) kepçenin en çok aşınmaya maruz kaldığı ağız bölgesinde kullanılır. 30 mm ‘lik plakalar ise ara geçiş bölgelerde çok nadir olarak kullanılır. 10 mm’lik plakalar (Hardox 400) ise gövde kısmında kullanılır.

II. Hopper – Unloader : Parça cevher, pelet veya kömürün boşaltılması sırasında önce bu sistemlere alınır buradan da konveyör bantlarına verilir. Bu sistemler bir nevi silo görevi yaparlar, köşeli huni şeklindedir. Konveyör bantlarını istenen miktardaki malzeme ile istenen hızda besler (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Hooper ve aşınma plakasının şematik gösterilişi.

Aşınma plakalarının ebatları 27x300x300 mm. veya 27x150x150 mm dir. Büyükleri 4 adet, küçükleri 2 adet havşa başlı civatalarla tutturulur. Aşınma

plakalarının özellikle küçük olması gerekir böylece herhangi bir kopma esnasında diğer elemanlara zarar vermesi minimize edilir, taşınması ve montajı kolaydır, maliyet

düşüktür (aşınınca atılan parça daha küçük olunca maliyet düşer). Altı ayda bir hopper içerisindeki aşınma plakaları değiştirilir. 350-400 bin ton malzeme transferinde bir kontrol edilir ve değiştirilir.

Hopper üzerinde yine plakalardan oluşan 15-16 mm kalınlığında ve 200 mm uzunluğunda ızgara bulunur. Bunlar büyük parçaların hopper içine girmesini ve ordanda konveyör bandına zarar vermesini engelleyen ızgaradır. Izgaranın kolay aşınmaması için üzerinde yuvarlak çubuklar bulunur, bunlar sık değiştirilirse ızgara pek aşınmaz. Izgara ayrıca gelen malzemenin hızını kestiği için alttaki aşınma plakalarını pek aşındırmaz.

III. Halatlar ve Sapanlar : Yük transfer ve manipulasyonun yapıldığı yerlerde aşınmadan dolayı en çok sarf edilen malzemelerden biridir. Halatların dış çapı 7/8 " (inç) ten 45 mm'ye kadar değişir.

Halatlar aşınmaya şu şekillerde maruz kalmaktadırlar;

1. Makaralardan geçerken ; bir halat vinç üzerinde bir tam harekette en az 6 makaradan geçmektedir.
2. Halatın sarıldığı tambur ile arasında olan sürtünmeden dolayı aşınma.
3. Halatların gemi ambar kenarlarına sürtünmesiyle meydana gelen aşınmalar.
4. Direkt yük ile temas eden sapanların aşınması ve kopması.

Eğer halat üzerinde 30 cm'de 18-20 tane kırık görülürse halat kullanılamaz. Ayrıca halatlar sürtünmeden dolayı formlarını değiştirirler (gam yaparlar) buda onların kullanımını zorlaştırdığından hurdaya ayrılırlar.

IV. Bunların yanında viçleri taşıyıcı tekerlerin, tekerleklerin üzerinde hareket ettiği rayların ve konveyör bantları içerisindeki rulman bilyalarının da aşınması sözkonusudur.

5.3. Demir Üretim Baş Müdürlüğü

5.3.1. Kok Fabrikası Müdürlüğü

5.3.1.1. Tanımı, Konumu ve Görevleri

Kok Fabrikası Müdürlüğü, demir Üretim Baş Müdürlüğüne bağlı olarak faaliyet gösterir. Kok Fabrikası, çeşitli kalitelerde ve menşelerde olan taş kömürlerini işleyerek Yüksek fırınlar için gerekli olan kok kömürünü üreten fabrikadır. Bu üretim sırasında açığa çıkan birçok yan ürünler (katran, naftalin, kok gazı v.s.) bir dizi prosesler sonucu işlenerek fabrikadışına satılmaktadır. Bunun yanında kok gazı tekrar sistemde veya diğer birimlerde ısı kaynağı olarak kullanılmak üzere depolanır ve dağıtımı sağlanır.

5.3.1.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları.

Üç ana kalemde aşınma olmaktadır.

İ. Söndürme vagonları aşınma plakaları : Üretilen kok kömürü 1300°C derece sıcaklıkta direkt söndürme vagonlarına yüklenir. Söndürme vagonu resmi Ek Şekil D.1’de, aşınma plakası ise Ek Şekil D.2’de verilmiştir. Burada kömür ilk olarak söndürme arabasının tabanındaki döküm plakalarla temas eder. Darbe, sürtünme ve aynı zamanda yüksek sıcaklık söz konusudur. Kok içindeki tüm yabancı maddelerini kaybettiği için karbonca çok zengin halde çok iyi bir aşındırıcı konumundadır.

İİ. Kok konveyörlerinde kullanılan aşınma plakaları: Kok kömürü kamarlardan alınıp soğutma kulelerinde soğutulduktan sonra konveyör bantlarına beslenir. Buradan da stok sahalarına veya direkt yüksek fırına sarj edilir. Bu konveyör sistemi kenarlarında çelik konstrüksiyondan setler vardır. Bu setler kömürün konveyörden düşüp etrafa dağılmasını önlemektedir. Kok kömürü yüklü konveyör bu sistemde hareket ederken kenarlardaki bu çelik konstrüksiyona sürtünmektedir. Ek Şekil D.3’de konveyör sisteminin genel görünüşü, Ek Şekil D.4’te ise konveyör sisteminde kullanılan aşınma plakaları görülmektedir. Ek Şekil D.5’te Erdemir 3990 kalite (manganezli) çeliğinkullanıldığı, kömür konveyörlere besleme görevini yapan eleman görülmektedir.

Kok'un etrafa dağılmasını sağlayan bu konstrüksiyon malzemeyi aşınmadan korumak için aşınma plakaları kullanılır. Bunlar nikel ve manganez içerikli çelik plakalardır.

İİİ. Çeneli kırıcı : Kok kamaralarına taş kömürünün şarj edilmeden önce belirli boyuta getirilmesi gerekmektedir. Bunun için taş kömürü önce çeneli kırıcı ile belirli bir boyutun altına kırılmaktadır. Kırma işlemi için çeneli kırıcı kullanılmaktadır. Kullanılan çeneli kırıcı çeneleri malzemeyle yüksek hızda çarpışmaktadır. Burada yüksek basınç ve dönmeden dolayı sürtünme söz konusudur.

5.3.2. Sinter ve Hammadde Manipulasyon Müdürlüğü

5.3.2.1. Tanımı, Konumu ve Görevleri.

Sinter ve Hammadde Manipulasyon Müdürlüğü Demir Üretim Baş Müdürlüğüne bağlı olarak çalışmaktadır. Sıvı maden üretimi için gerekli olan hammaddelerin bir kısmını kendi bünyesinde üretir ve sıvı maden üretimine hazırlarken, çoğunlukla yurt dışından gelen hammaddeleri bir dizi hammadde hazırlama operasyonlarından geçirerek yine sıvı maden üretimine hazırlar ve nakleder. Sinter Fabrikası, çelik üretim sisteminden, baca tozlarından ve elek altı tozlardan çıkan Yüksek Fırına şarj edilemeyecek kadar ince boyutlardaki tozları birtakım birleştiriciler kullanarak sinterleşme prosesi sonucu Yüksek Fırına şarj edilebilir boyuta getirir. Hammadde Manipulasyon Tesisleri, sıvı maden üretimi için gerekli olan, demir cevheri, pelet, taş kömürü v.b. hammaddelerin manipulasyonunu yaparak ilgili birimlere hammadde beslemesi yapmaktadır.

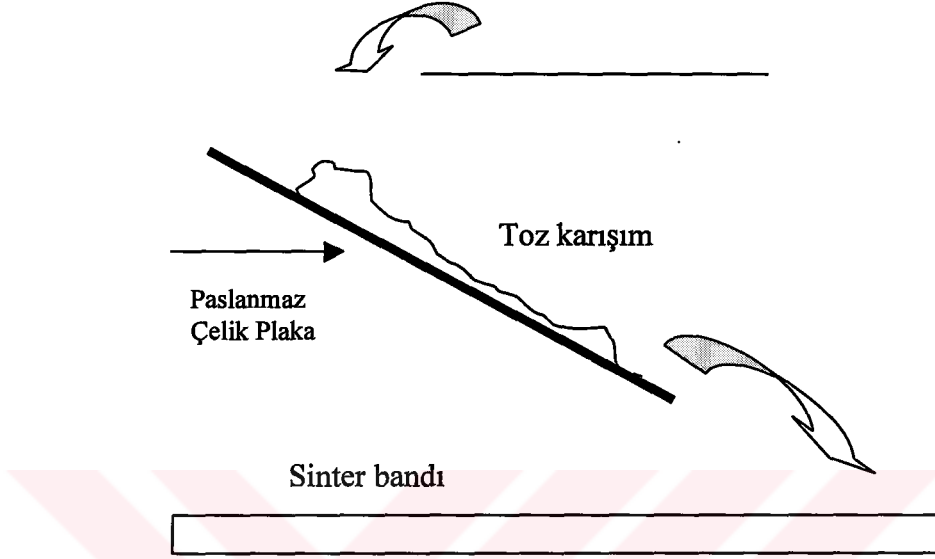
5.3.2.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları.

a) Sinter Fabrikası.

Siterde en çok aşınan ve problem yaratan elemanlar :

İ. Paslanmaz çelik plaka: Sinter harmanının (kömür tozu, baca tozu, kireçtaşı, dolomit v.s.) sisteme şarjı sırasında toz malzeme şekil 5.2'de görüldüğü gibi önce paslanmaz plakaya çarpar sonrada üzerinde sürtünme yaparak sinter bandına

yüklenir. Paslanmaz çelik 316 kalitede ve 8-12 mm kalınlığındadır. Yaklaşık 6 ay kullanımdan sonra değiştirilmek zorunda kalmaktadır.



Şekil 5.2. Sinter harmanına toz malzemenin akışı ve paslanmaz çelik plaka

İİ. Kırıcı çeneler ve plakalar: Sinter bandında sinterlenmiş malzeme blok halinde direk çeneli kırıcı önüne girer. Yaklaşık 2 m den ön hız kesici üzerine oradan da plakalar üzerine düşen sinter kısmen parçalanır. Aynı anda kırıcı çeneleri sinteri çelik plakalar arasında parçalar ve hemen aşağısındaki taşıyıcı bant üzerine düşürürler. Sinter fabrikasında yaklaşık üretim 400 ton/saattir. Sinterleşmiş malzemenin kırıcının önüne geldiğindeki sıcaklığı yaklaşık 800°C civarındadır.

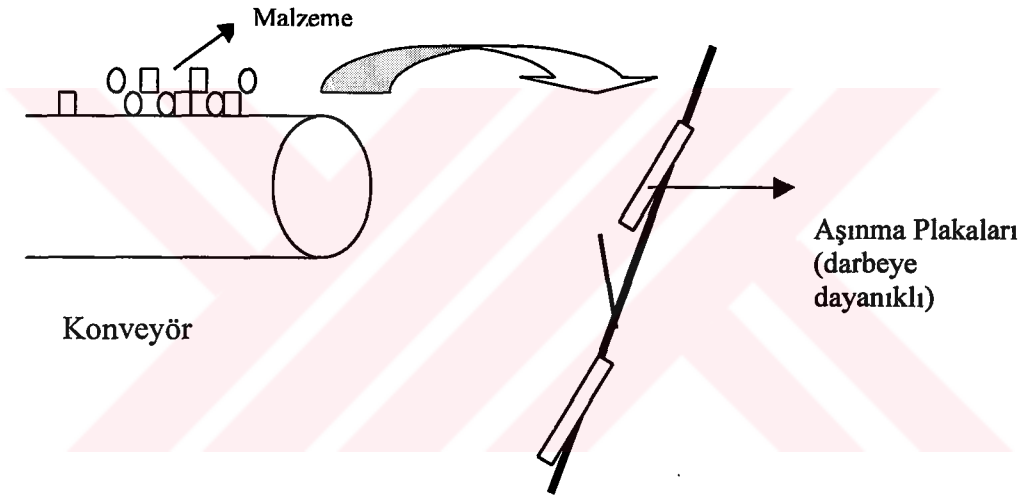
İİİ. Elekler : Sinterde kullanılan elekler iki çeşittir. Birincisi çeneli kırıcıdan geçen sıcak sinteri elemek için kullanılan elek diğeri ise soğutulmuş sinterin elenmesinde kullanılan elektir. Sinter çok aşındırıcı ve dikenli bir yapıya sahip olduğundan elekler üzerindeki aşınma oranı çok yüksektir. Sıcak sinterin elendiği eleklerde sıcaklıkta aşınmayı arttırmaktadır. Elekler 3990 kalite Erdemir çeliğinden yapılmaktadır.

İV. Aşınma plakaları: Bu plakalar sinter harmanına verilmek üzere malzemelerin tutulduğu silolarda kullanılmaktadır. Kireçtaşı, dolamit, koktozu gibi malzemeler bu silolara doldurulmakta ve yine sinter harmanına buradan beslenmektedir.

b) Hammadde Maniplasyon Tesisleri.

Aşınmaya maruz kalan elemanlar aşağıda sıralanmıştır.

İ. Aşınma Plakaları : Gemi ile gelen cevher ve kömür, ebatlandırma sahalarına ve oradan da stok sahalarına giderken bir çok siloya dolar ve boşalırlar. Şekil 5.3'de malzemenin taşınımı şematik olarak görülmektedir. Malzeme katı ve parça olduğundan (demir cevheri, pelet, kireçtaşı v.s) silolara boşalırken siloların etrafında aşınmaya neden olurlar. Bu aşınmayı tüm gövdede engellemek için çeşitli ebat ve yapıda aşınma plakaları kullanılır. 100.000 ton da bir kontrolden geçer aşınanlar değiştirilir.



Şekil.5.3. Malzeme transferinin şematik gösterilişi.

İİ. Elekler : Tüm hammaddelerin nihai ebatlandırma işlemi bu eleklerle yapılmaktadır. Bu elekler direkt parça cevherin çarpma ve sürtünme etkisine maruz kalmaktadır. Hammaddelerin ebatlandırılmasında kullanılan iki tip elek vardır.

- Örgülü elekler (demir cevheri ve pelet elenir)
- Çubuk elekler

İİİ. Kepçe Tırnakları : Stoklanmış malzemeyi banda boşaltan sistemin bir parçasıdır. Direkt parça cevherle temas halindedir.

IV. Kırıcı Çeneler: Çeneli kırıcı hareketli ve sabit olan iki ayrı çeneye sahiptir. En çok aşınan kısım hareketli çenedir. Konili kırıcıda gömlekler 2 milyon malzeme geçişinden sonra değiştirilirler.

V. Makaralar : Konveyör bantlarını taşıyan makaralardır. Makara ile konstrüksiyon metali arasına parça cevher sıkışmasından dolayı makaranın hareketsiz kalması bantın ise onun üzerinde hareket etmesi sonucu aşındırmasından dolayı kullanılmaz hale gelirler. Çap olarak çok değişik ebatlardadırlar ve 24” ten 72” ‘e kadar olanı mevcuttur.

5.3.3. Yüksek Fırınlr Müdürlüğü

5.3.3.1. Tanımı, Konumu ve Görevleri

Demir Üretim Baş Müdürlüğüne bağlı olarak faaliyetlerini sürdüren Yüksek Fırınlr Müdürlüğü, demirli hammaddeleri ve birtakım katkı maddeleri (sinter pelt,dolomit, kok kömürü v.s.) kullanarak Çelikhanenin ihtiyacı olan sıvı madeni üretmektedir. Bunu iki yüksek fırınla gerçekleştirmektedir.

5.3.3.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları.

Yüksek fırınlarda aşınmaya uğrayan elemanlar aşağıdaki gibidir.

I. Döküm şutları: Yüksek fırına şarj edilecek katı hammaddelerin (demir cevheri, kok kömürü, kireçtaşı dolomit, pelet, sinter, v.s.) konveyörler vasıtasıyla boşaltıldığı silolardır. Bu siloların cidarlarında aşınma plakaları kullanılmaktadır.

II. Kömür ezen tekerlekler: Kömür enjeksiyonu için gerekli toz kömürü elde edebilmek için parça kömürü döner bir tabla üzerinde ezerek pulverize eden ve bu tabladan tahrik alarak dönen tekerleklerdir.

III. Toz toplama sistemindeki borular: Dökümhanelerde döküm ağzı ve döküm kanalı üzerindeki, silo binasında silolara malzeme döken triperlerin üzerindeki, elekler sahasında konveyörlere malzeme aktaran elekler üzerindeki, fırınlara malzeme taşıyan kovalara malzeme aktaran hopperler üzerindeki, konveyör aktarma binalarındaki toz davlumbazları ile toz toplama sistemi arsındaki borulardır.

IV. Skip kovaları: Skip kovalarının cidarları aşınmaktadır. Bu aşınma setline (konstrüksiyonu aşındırmamak için malzemeyi malzemeye çarptıran sistem) ve aşınma plakaları ile önlenmektedir.

V. Döner oluk sistemi: Yüksek fırın tepesinde, ham malzemeleri fırının istenen bölgesine homojen olarak şarj edilmesini sağlayan sistemdir. Aşınmayı önlemek için aşınma plakaları kullanılmaktadır.

VI. Halatlar: Skip kovalarının bağlı bulunduğu halatlardır.

VII. Granüle Pompaları: Yüksek fırınlarda curuf, yüksek sıcaklıkta sıvı halde iken suyla temas ettirilerek granüle hale getirilir ve granüle havuzunda toplanır. Bu havuzdaki suyun devir daimi bir kapalı devre su sistemiyle yapılmaktadır. Bu sistemin elemanı olan granüle pompaları alınan önlemlere rağmen suyun içinde bulunan granüle curuf nedeniyle aşınmaktadır.

VIII. Yüksek fırın Bin'leri: Çansız tepe sistemiyle çalışan Erdemir Yüksek Fırınlrının tepe sistemi elemanlarıdır. Tepe sisteminde iki adet bin vardır. Kovalar malzemeyi bu binlere dökerler. Binler, atmosfer basıncının üstündeki basınçlarda çalışan yüksek fırınlarda, fırın iç basıncını atmosfere tahliye etmeden malzeme şarjını sağlarlar.

5.4. Çelik Üretim Baş Müdürlüğü

5.4.1. Çelikhane Müdürlüğü

5.4.1.1. Tanımı, Konumu ve Görevleri.

Çelikhane Müdürlüğü, Çelik Üretim Baş Müdürlüğüne bağlı olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. Çelikhane Müdürlüğü'nde önce Kükürt Giderme tesisinde Yüksek Fırınlardan gelen madenin konvertöre şarj edilebilecek sınırlara gelinceye kadar kükürtü düşürülür. Çelikhane, Yüksek Fırınlardan gelen sıvı madenin, içerisindeki fazla karbonun yakılarak ve bir dizi prosesten geçirilerek çeliğin elde edildiği yerdir. Artık sıvı çelik olarak adlandırılan bu mamule istenen kaliteye göre belli miktarlarda belli malzemeler ilave edilerek çelik döküm kalitesi oluşur ve sürekli dökümlerde döküme hazır hale getirilir.

5.4.1.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları.

Çelikhane Müdürlüğünün sorumlu olduğu tesislerde aşınan elemanlar aşağıdaki gibidir,

I. Kireç fabrikasında kireç taşı kullanılarak üretilen kireç, büyük parçalar halinde malzeme hazırlama tesisine gitmektedir. Burada toz haline getirilirken kırıcılar kullanılmaktadır. Kireç fazla aşındırıcı bir malzeme olmamasına karşın bu çenelerde mekanik darbelerden dolayı aşınma meydana gelmektedir. Kükürt giderme tesisinde kireçle beraber kalsiyum florür kullanılmaktadır. Bu malzemenin aşındırıcı özelliği yüksek olup, kırıcı çenelerindeki aşınmayı hızlandırmaktadır.

II. Çelikhane de kullanılan katkı malzemeleri silolarında manganez silosu dışındakilerde pek bir aşınma meydana gelmemektedir. Sert yapılı manganez, silolarda aşınmaya neden olmaktadır. Burada aşınmaya karşı aşınma plakaları kullanılmaktadır.

III. Sıvı demir'in çeliğe dönüştürülmesi sırasında oksijen üfleyen lansların bakır kafaları içerisindeki oksijen çıkış delikleri zamanla aşınmakta ve bundan dolayı da bu bakır kafalar değiştirilmektedir. Bu sistemde saf oksijen sıvı maden içerisine lans sıvı maden içerisine daldırılmadan basınçla verilmektedir. Proses yaklaşık 20 dk sürmektedir. Lans içerisinde bakır başlığı su ile soğutma sistemi mevcuttur.

IV. Kireç fabrikasında kullanılan tel elekler aşınmaktadır. Bu eleklerden 4 adet mevcuttur. Hem kireç taşı hem de kireç elemek için kullanılmaktadırlar.

5.4.2. Sürekli Dökümler Müdürlüğü.

5.4.2.1. Tanımı, Konumu ve Görevleri.

Çelik Üretim Baş Müdürlüğüne bağlı olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. Sıvı çelik, yarı mamul olan slab'a dönüşmek üzere sürekli döküm tesislerine gelir. Burada bulunan 4 adet sürekli döküm tesisi 6 ve 12 metre olarak iki boy slabı sürekli bir sistemle üreterek Sıcak Haddehanelerin yarı mamul ihtiyacını karşılamaktadır.

5.4.2.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları.

Sürekli döküm tesislerinde ve onun öncesindeki İkincil Metalurji Tesislerinde (SMP) aşınma aşağıdaki kalemlerde gerçekleşmektedir.

I. Şutlar: İkincil Metalurjide alaşımlama için kullanılan ferro malzemeler bu şutlardan potalara şarj edilmektedir. Malzemeler çok ince boyutlarda ve aşındırıcı özelliğe sahip olduklarından aynı zamanda da bu şutlarda sürtünme hareketi yaptığından aşınma meydana gelmektedir.

II. Pota Kapakları : İkincil Metalurji Tesislerinde prosesi gerçekleştirmek için pota üzerlerinde kullanılan kapaklardır. Pota fırın kapağı ve pota işlem istasyonu kapağı olmak üzere iki çeşittir. Bu kapaklar Vakum Altında Gaz Giderme işleminde ve Alaşımlamada kullanılmaktadır. Kapak üzerlerinde malzeme beslemesini yapan oluklar ve su soğutma sistemleri mevcuttur. Kapakta refrakter malzeme kullanılmadığından ısı ve sudan dolayı soğutma sisteminde meydana gelen koroziyon ve eroziyon etki yüksektir. Ayrıca toz malzemeler kapak üzerinden çan sistemi ile oluklarla verilmektedir. Bu oluklardada yine aşındırıcı etki yapan tozun da büyük etkisi vardır. Herbirinin ömrü 6 yıldır.

III. Toz Toplama Sistemi: Sistemde proses sonucu oluşan tozlar toz toplama sistemleri ile emilirler. Emme sırasında tozlar borular üzerinde bir aşındırıcı etki yapmaktadır. Sistemdeki buhar ayrıca aşındırma etkisini arttırmaktadır. Bu borulardaki aşınmadan dolayı meydana gelen incelme sürekli kontrol altında tutulmaktadır. Kullanım ömrü yaklaşık 10-12 yıldır.

IV. WRP Pompaları: pompalarda sızdırmazlığın sağlanabilmesi için kullanılan su pompa kanatlarında ve pompa cidarlarında eroziyon ve koroziyon etki ile aşındırma yapmaktadır.

V. Sürekli Döküm Kalıpları: Çeşitli ebatlardaki slabları dökülebilmek için kullanılan bakır kalıplardır. 1600°C civarındaki sıvı çelik önce tandiş denilen ara havuza oradan da bu kalıplara dökülür. Bu kalıpların etrafında soğutucu sistem mevcuttur. Soğutma yine boruların içerisinden geçirilen su ile yapılmaktadır. Ek Şekil D.6'da sürekli döküm kalıpları görülmektedir.

VI. Roller: Sürekli döküm kalıplarından çıkan ve dış çeperi katılaşmasına rağmen içi halen sıvı olan ve sürekli bir hareket ile akan malzemeye şekil vererek yönlendirilmesini sağlayan rollerdir. Bunlar henüz soğumuş olan sıcak malzemeye direkt olarak temas etmektedirler. iki çeşit rol kullanılır. Bunlar;

Foot roller: Bakır kalıbın hemen çıkışındaki rollerdir.

Yan roller: Bakır kalıbın dar tarafının altındaki rollerdir.

Şekil D.7’de sürekli döküm sisteminde kullanılan roller görülmektedir.

5.5. Sıcak Haddehaneler Baş Müdürlüğü

5.5.1. I. Sıcak Haddehane Müdürlüğü

5.5.1.1. Tanımı, Konumu ve Görevleri.

Sıcak Haddehane Baş Müdürlüğüne bağlı olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. I. Sıcak Haddehane, slabtan sıcak haddeleme yaparak yassı ürün olarak şerit veya yarı ürün olarak levha ve enine kesilmek üzere (sac) şerit üreten birimdir.

5.5.1.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları.

1. Sıcak Haddehanede aşınan ana kalemler aşağıdaki gibidir,

I. Aşınma plakaları : Slabın veya şerit malzemenin hareket yolunda her iki tarafta mevcut olan plakalardır. Her periyodik bakımda kontrol edilirler ve gerekli görülenler değiştirilirler. Tamamı aynı oranda aşınmazlar. Aşınma genellikle şerit malzemenin plakaya kenarı ile sürtmesi ile kesme şeklinde olur. Plakalar üzerinde boyuna kesme olukları oluşur. Bunlar kullanım yeri ve amacına göre değişmektedir. Bunlar;

- Krop makas giriş yan korkuluk aşınma plakaları,
- Şerit hadde giriş çıkış yan korkuluk,
- Bobin sarma giriş yan korkulukları,

II. Makas bıçakları: Slab veya levha kesmede kullanılan bıçaklardır. Sıcak haddelenmiş malzemeler kesilir. I. sıcak haddehanede bu makasların kullanım alanına göre 3 çeşidi vardır.

- Slab makası : Fırından levha slabı (slabı sıcak haddeleyerek levha ön malzemesi yapma işidir) yapma prosesinde bir slabtın birkaç parça levha slabı elde edilmektedir. Bu parçaları elde etmek için kullanılan makastır.

- Krop makası: 20mm ile 30mm arasındaki sıcak haddelenmiş şerit ön malzemesi olan yarı mamul'un baş ve son kısımlarını keserler.

- Levka makası : Sıcak Haddeleme sonucu elde edilen 12mm ile 50mm arasındaki levkaların kenar veya boya kesilmesinde kullanılan makaslardır.

İİİ. Şanzıman dişlileri: Bu dişliler haddelerin dönmesi için mekanik hareketin iletimini sağlayan tahrik millerini döndürürler. İki çeşidi vardır;

Ecer çukur şanzıman dişlileri: Ecer, slabın dik (enine) haddelenmesini sağlarlar. Ecer hadde ile slabların belirli oranda daraltılıp boylarının uzatılması sağlanır.

Şerit hadde pinyon stand dişlileri: Merdanelerin tahrik millerine bağlı olduğu dişlilerdir. Tahrik millerinin dönmesiyle bu dişliler sayesinde merdanelerin dönmesi sağlanır.

İV. Slab asansöründeki vida somun sistemindeki somunların aşınması. Slab asansörü, slabların slab fırınına itilmesi için slab iticinin önüne getirilmesini başka bir değişle kaldırılmasını sağlar. Slablar fırına tek tek ve belirli bir şarj sırasında verilmektedir.

V. Kombine ve şerit hadde vida ve somunu : Destek merdaneleri ezme yükünü ortadaki miline bağlı olan vidalardan almaktadır. Bu vidaların bağlı bulundukları somunlar üzerine uygulanan yükle zamanla aşınmaktadır.

VI. Roller: Malzeme şerit haddeye girerken veya çıkarken ve bobin sarma makinesine girerken mutlaka rollerden geçmektedir. Bunları arasından şerit malzemesinin geçtiği iki küçük merdane olarak düşünülebilir. Roller kullanım alanına ve işlevine göre çeşitlilik gösterirler;

- Kombine ana masa rolleri,
- Kombine soğutma yatağı rolleri,
- Duşlu masa rolleri,

- Bobin sarma pinç rolleri.

VII. Burç: Erdemir genelinde her yerde kullanılan elemanlardandır. Birbirine geçen iki farklı sertlikteki metalin arasındaki aşınmayı minimuma indirmek için kullanılır. Sertliği sistemdeki diğer iki metal sertliğinden daha düşüktür. Genellikle bronz malzemeden yapılır çelik olanları da vardır. Sistemde ki diğer ana elemanlardan daha kolay aşınır ve değiştirilmesi kolaydır.

5.5.2. II. Sıcak Haddehane Müdürlüğü.

5.5.2.1. Tanımı, Konumu ve Görevleri:

II. Sıcak Haddehane Müdürlüğü, Sıcak Haddehaneler Baş Müdürlüğüne bağlı olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. II. Sıcak Haddehane slaktan minimum 1.5 mm kalınlığına kadar sıcak haddelene yapılarak direkt ürün, teneke yarı mamulü veya soğuk haddelenecek yarı mamul üretmektedir.

5.5.2.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları.

Aşınmaya uğrayan ana elemanlar aşağıdaki gibidir:

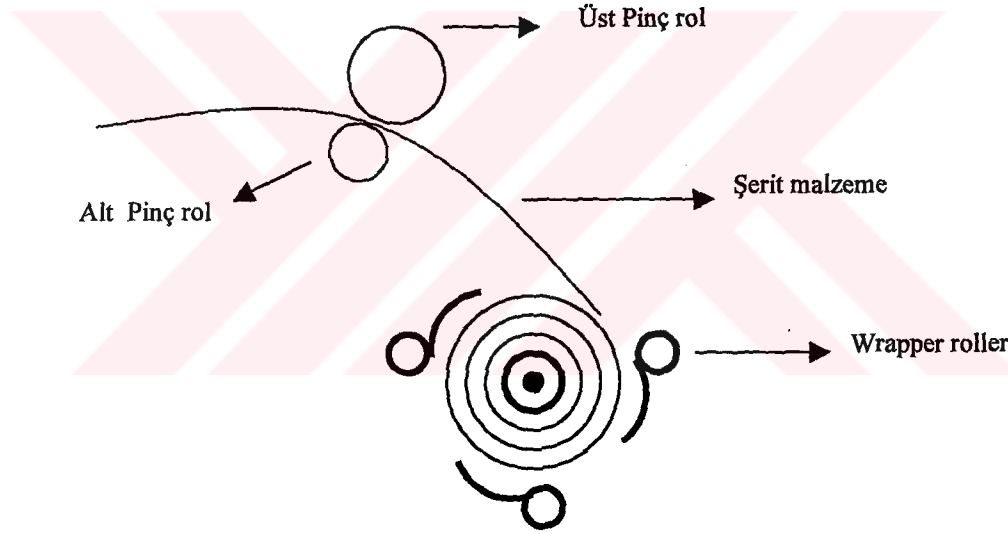
I. Roller : Slab'ın ve şerit malzemenin üzerinde hareket ettiği merdanelerdir. Bu merdaneler sayesinde malzeme yönlendirilir ve sistemde akışı sağlanır. Burada rollerin yüzeyleri zamanla aşınmaktadır. Rollerin orta kısmı genel olarak dış kısımlara göre daha fazla aşınmaktadır. Bunun nedeni de malzeme üretim prosesinin genişten dar mantığıyla yapılması nedeni ile dar malzemelerin orta kısmı daha fazla aşındırmasıdır.

II. SSP çekici : SSP kaba hadde öncesi slabın genişliğini daraltma tezgahıdır. SSP sisteminde, slabın genişliği yüksek basınçla çekiç denilen ve bir mandrele bağlı iki elemanın slaba darbe uygulaması ile yapılmaktadır. Ezme miktarı kaliteye göre değişirken yaklaşık 150mm kadar ezme yapılabilmektedir. Bu işlem tüm slab boyunca tekrar etmektedir. Aşınma bu çekiçlerin yaklaşık 1200°C'deki slablara vurması sonucu çekiç yüzeylerinde oluşmaktadır.

III. ECER rolleri: Ecer, slab genişliğini kaba haddelme öncesi dönme hareketi yaparak daraltmaya yarar. Burada bulunan dikey roller slabın her iki tarafına basınçla uygulanır. Ezme miktarı yaklaşık 45mm dir.

IV. Bobin sarma pinç rolleri : Bobin sarma pinç rolleri, şerit haddenin çıkışında malzemeyi bobin sarma mandreline vermeye yarar. Şerit malzeme iki merdanenin arasından geçtikten sonra bobin sarmaya alınır. Sıcaklık 700-950°C arasındadır (Şekil 5.4). Ek Şekil D.8’da Sıcak haddehanede bobin sarmada kullanılan piç roll resimleri görülmektedir.

V. Wrapper roller: Bobin sarma sırasında malzemenin mandrele düzgün sarılmasını sağlayan merdanelerdir. Sıcaklık 700-950°C arasındadır (Şekil 5.4)..



Şekil 5.4. Bobin sarma sistemi şematik görüntüsü.

VI. Aşınma Plakaları: Sistemin tamamında aşınmanın en fazla olduğu bölgelerde ana malzemeye zarar vermemesi için kullanılan ve aşınması istenen parçalardır. Şerit haddede giriş yolluk dikey, yatay, doğu ve batı olarak 4 tip kullanılır.

5.6. Soğuk Haddehaneler Baş Müdürlüğü

5.6.1. I. Soğuk Haddehane Müdürlüğü

5.6.1.1. Tanımı, Konumu ve Görevleri.

I. Soğuk Haddehane, Soğuk Haddehaneler Baş Müdürlüğüne bağlı olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. I. Soğuk Haddehane, Sıcak Haddehanede sıcak haddelenmiş yarı mamul ruloları 0,20–2,00 kalınlık aralığında soğuk haddeleyen birimdir. Ayrıca istenen sıcak haddelenmiş ruloların asitle temizleme, kenar kesme, enine kesme (sac) işlemlerini de yapmaktadır.

5.6.1.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları.

I. Soğuk Haddehanede aşınmaya uğrayan elemanlar aşağıdaki gibidir;

I. Asit Tankları : Sıcak haddelenmiş malzeme soğuk haddeleme öncesi üzerindeki tufalleri temizlemek üzere asitle temizleme işlemine tabi tutulur. Bu işlem, malzemenin sülfirik asit su karışım solüsyonuyla dolu tankın içerisinden geçirilmesi ile yüzeyin temizlenmesi şeklinde gerçekleşmektedir.

Malzeme yüzeyindeki demir oksit sülfirik asitle reaksiyona girerek demirsülfat ve su oluşturur. Oluşan demir sülfat ve sülfirik asit, asit tanklarının etrafını aşındırmaktadır. Daha önce çelik malzemesi kullanılan tank çerperlerinde şu anda polipropilen ve PVC kullanılmaktadır.

Demirsülfatla kirlenen solüsyon tekrar kullanılmak için temizlenmek üzere rejenere ünitesine pompalar ve borular vasıtasıyla gönderilir. Bu sistemlerde de aşınma meydana gelir. Bu sistemlerde, yine aside dayanıklı polipropilen ve yüksek silisyumlu dökme demirler kullanılıyor. Bu sistemde meydana gelen aşınma korozyon ve erozyon aşınmasıdır.

II. Kenar ve Boy kesme makasları: I. soğuk haddehanede 2 adet sıcak 2 adet soğuk ve iki adette teneke makası bulunmaktadır. Bu makaslarda kullanılan bıçaklar metal metal sürtünmesine maruz kalmaktadırlar ve zamanla aşınmaktadırlar.

III. Alkali Temizleme Hattı: Alkali temizleme hattında, soğuk haddelendirme sırasında malzemelerin üzerlerinde oluşan yağ tabakasını temizlemek için malzeme deterjan su karışımı solüsyon içerisinde geçirilir. Bu proses sırasında temizleme havuzu cidarındaki çelik yapı korozyon aşınmasına uğramaktadır.

IV. Tavlama Hattı : Soğuk haddelenen malzemenin kristal yapısında meydana gelen uzamaları giderip malzemenin mekanik özelliklerini ilk sahip olduğu değerlere geri getirebilmek için kullanılan bir hattır. Burada malzemeler belli bir süre 900 °C civarında tavlanylaktadırlar. Bu sıcaklıkta oksidasyon oluyor ve tavlama hattı gömlek malzemesi aşınıyor, deliniyor ve deforme oluyor.

V. Kenar ve Hurda Kesme Makasları: Asitleme Hatlarında malzemenin kenar kesmesi yapılmaktadır. Diğer makaslar gibi bu makaslarda da aşınma söz konusudur.

5.6.2. II. Soğuk Haddehane Müdürlüğü

5.6.2.1. Tanımı, Konumu ve Görevleri.

II. Soğuk Haddehane, Soğuk Haddehaneler Baş Müdürlüğüne bağlı olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. II. Sıcak Haddehaneden, soğuk haddelenmek üzere alınan sıcak yarı ürünler sırası ile, Asitle temizleme, Tandem hadde, Alkali temizleme, Tavlama ve Temper hatlarından geçirilerek soğuk ürün olarak paketlenmektedir.

5.6.2.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma koşulları.

I. Makaslar: II. Soğuk Haddehanede kullanılan makaslar aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

- CPL (sürekli asitleme hattı) girişindeki kaba bobin ucu kesme makası
- CPL giriş bobin alma mandrellerinin her ikisindeki kaynak makinasından önce bobin ucu kesici makaslar.
- İki adet kaynak makinası boy makası (hassas kesme yapılıyor).
- Kenar kesme ve hurda doğrama bacakları

- Tandem uçar makas bıçakları. Bu makaslar tandem çıkışında bobin sarılmadan önce birbirine kaynaklı iki şeridi ayırmak için kullanılır.

- CAL (sürekli tavlama hattı) Kaynak makası boy bıçakları.

II. Kaynak Makinası Barası: Malzeme bakırdır. İçerisinden kaynaklama yapabilmek için akım geçirilir. Bu malzeme yaklaşık 3000 kaynaktan sonra iletkenliğini yitirdiğinden dolayı bakıma alınır ve içerisine bakır malzeme giydirilerek tekrar kullanılır.

III. Merkezleme Borusu: ARP , asitleme tanklarındaki prosesini tamamlamış ve demiroksit ile kirlenmiş olan solüsyonu asit yenileme tesisine götüren borudur.

- Asit Pompaları: Bu pompalar asit sirkülasyonunu sağlarlar.

- ARP Toz Dönüş Boruları: Yaklaşık 800 derece sıcaklıktaki asitten arındırılmış Demiroksidi sistemden uzaklaştırırlar.

IV. CAL Hattı Temizleme Fırçaları: hattan geçen şerit malzeme yüzeyini temizlerler.

V. Bronz Aşınma Elemanları: Metalin metale sürtündüğü sistemlerde, her iki metalde de aşınma istenmediğinde ara malzeme olarak kullanılır ve bu malzemenin aşınması beklenir.

VI. Requipilatör: CAL fırın bölümünde doğalgazın yandığı bölgedir. Isı fırın içerisine buradan yayılır.

VII. CAL hattı temizleme bölümü merdane sliv'leri: Bir yatak içerisinde gres yağı ile yağlanarak çalıştırılıyor.

VIII. Dilme Bıçakları : Şerit malzemelerin boyuna dilindikleri bıçaklardır.

IX. Gritler: Elektrolitik temizlemenin yapıldığı elemanlardır. Bu elemanlara belli bir akım verilerek Şerit yüzeyindeki istenmeyen pisliklerin alınması sağlanır. Solüsyon olarak deterjan ve su kullanılır.

5.7. Atelyeler ve Bakım Baş Müdürlüğü

5.7.1. Hadde Atelyeleri Müdürlüğü

5.7.1.1. Tanımı, Konumu ve Görevleri.

Atelyeler ve Bakım Baş Müdürlüğüne bağlı olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. Erdemir’de kullanılan iş merdaneleri ve destek merdaneleri (sıcak ve soğuk haddehanede kullanılan), temper hadde merdaneleri v.b. her türlü merdanelerin stoklanması yapılır hatta verilir ve kullanımdan sonra gereki bakım işlemleri yapılarak üretime hazır hale getirilir.

5.7.1.2. Aşınmaya Uğrayan Elemanlar ve Çalışma Koşulları.

Erdemir genelinde kullanılan merdaneler sıcak ve soğuk olarak iki ana gruba ayrılmaktadırlar. Bunların yanında sıcak kaba haddeleme yapan Kombine hadde merdaneleri, temperlemede kullanılan temper hadde merdaneleri, slaba ezme veren dik hadde merdaneleri ve Bobin Hazırlamada ünitesinde kullanılan soğuk haddelememerdaneleri de mevcuttur. Haddeleme sırasında sıcak iş merdaneleri sıcaklık, yük ve soğutma suyu ile karşılaşmaktadır. Soğuk haddehanede ise servis sırasında tandem iş merdaneleri yükü birlikte soğutma sistemlerinden gelen yağ ve su ile temas halindedir [7].

6. ERDEMİR’de MEYDANA GELEN AŞINMA KAYBI MALİYETİNİN BELİRLENMESİ VE SONUÇLARIN İRDELENMESİ.

6.1. Giriş

Erdemir’de müdürlükler bazında işletme ünitelerindeki aşınmanın maliyetlerini ortaya koyabilmek için, aşınmaya uğrayan parçaların stok kontrol numaralarından yıllık sarflarına ve birim fiyatlarına ulaşılmıştır. Bunun yanında aşınmaya uğrayan fakat tamir görüp tekrardan kullanılan merdane, sürekli döküm bakır kalıpları v.b. elemanların da maliyetleri Maliyet Muhasebesi Müdürlüğünden veya Bakım Başmühendisliğinin tuttuğu maliyet raporlarından alınmıştır. Tablo A.1’de Erdemir işletme üniteleri bazında yapılan aşınma incelemelri sonucunda toplanan datalar, aşınan ekipman, aşınma türü, stok kontrol numaraları, resim numaraları, yıllık sarfları, birim fiyatları ve maliyetleri verilmiştir.

Maliyetler hesaplanırken, aşınmadan dolayı meydana gelen üretim kayıpları ve işçilik giderleri göz ardı edilmiştir. Bunun nedeni aşınan parçaların çoğunun rutin yapılan bakım duruşları sırasında değiştiriliyor olmasıdır.

Erdemir’de müdürlükler bazında işletme ünitelerindeki aşınma ve maliyetlerin incelenmesi sonucunda elde edilen veriler birkaç yönden değerlendirilmiştir. İlk olarak; hadde merdanelerinde aşınma maliyetli hesaplanmıştır. Daha sonra aşınma maliyetleri işletme üniteleri bazında incelenmiş ve yorumlanmıştır. Yine aşınma maliyetlerinin aşınma türleri açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

6.2. Erdemir’de Kullanılan Hadde Merdanelerinin Aşınma Miktarları ve Maliyetleri.

Ereğli Demir-Çelik Fabrikalarında yassı mamulün üretimi için ikisi sıcak haddeleme ikisi soğuk haddeleme olmak üzere 4 adet haddehane vardır. Haddehanelerin dışında mamulün kullanım amacına ve müşteri isteğine göre temper haddelemenin yapıldığı bobin hazırlama ünitesi mevcuttur. Bu birimlerde haddeleme çok çeşitli iş ve destek merdaneleri ile sağlanmaktadır.

Erdemir’de kullanılan hadde merdanelerinin bakımı Hadde Atelyeleri Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Bakım ve duruşlarda merdanelerin servis sonrası aşınma miktarları mm olarak ölçülür ve ölçüm kayıtları tutulur. Merdane aşınması kayıtlarına örnek olarak 2000 yılı için merdane aşınmaları Ek Tablo.B.1 ve Ek Tablo.B .2’de görülmektedir.

Satın alındıklarında merdanelerin mm cinsinden ömrü belirli olduğundan mm başına maliyet te ortaya çıkmaktadır. Tablo.6.1. Merdanelerin aşınma değerleri ve maliyetleri görülmektedir.

Tablo 6.1’e göre Erdemir’de merdane aşınmalarının yıllık maliyeti 4.005.431 USD’dir

Tablo.6.1. 1999 yılı için sıcak ve soğuk haddehane merdanelerinin aşınma miktarları ve maliyetleri (1USD =540.000 TL'dir).

MERDANELER	1 mm AŞINMANIN MALİYETİ (USD)	TOPLAM AŞINMA MİKTARI (mm)	AŞINMA MALİYETİ (USD)
LEVHA DESTEK	0,01	266,76	2
LEVHA İŞ	175	555,15	96.886
KOBİNE DİK HADDE	0,00	216,29	0
II. ŞERİT	236	4.033,60	950.190
REV. ŞERİT İŞ	236	1.163,25	274.919
R2 ÖN HADDE İŞ	273	1.210,08	330.456
REV ŞERİT DESTEK	47,3	99,00	4.681
II. ŞERİT DESTEK	139	1.638,65	227.877
YENİ 34 " DİK HADDE	0	252,10	0
SOĞUK HADDE TANDEM İŞ	78	4.030,53	314.359
SOĞUK HADDE TEMPER İŞ	3	0,00	0
SOĞUK HADDE DESTEK	15	596,23	9.088
BOBIN HAZIRLAMA	3	25,00	73
II. ŞERİT İŞ	299	5.168,05	1.544.721
R1 ÖN HADDE İŞ	102	453,78	46.383
TANDEM İŞ	96	1.521,65	146.759
TANDEM ARA	89	327,84	29.102
TANDEM DESTEK	70	185,57	13.038
II. SOĞUK TEMPER İŞ	72	222,00	15.960
II. SOĞUK TEMPER BUR	52	18,00	939
GENEL TOP.		21.983,52	4.005.431

6.3. Aşınma Maliyetlerinin İşletme Üniteleri Bazında İncelenmesi

İşletme ünitelerinde etkin olan aşınma mekanizmaları proses yöntemine göre çok çeşitlilik arz etmektedir. Örneğin sinter fabrikasında toz malzemenin sistem elemanlarını aşındırması sözkonusu iken, haddehanelerde aşınma metal metal sürtünmesi ile meydana gelmektedir. Bu mekanizmaların farklı oluşu, kullanılan malzemenin maliyeti ve o tesiste yapılan üretim, aşınma maliyetlerini etkilemektedir.

Tablo 6.2'de aşınan ekipmanların ünite bazındaki maliyetleri verilmiştir. Aşınmanın toplam maliyeti 1999 yılı verilerine göre 6.582.877 USD olarak bulunmuş olup, hesaplamalarda işletmeye yardımcı olan ünitelerdeki aşınmalar ve incelenen ünitelerdeki üretim kayıpları dikkate alınmamıştır.

Erdemir'in yıllık net satış tutarı yaklaşık 1.000.000.000 USD olduğuna göre aşınma, bu değerin % 0.6'sı düzeyindedir. Tablo 6.2'deki azalan aşınma maliyetine göre üniteler;

- II. Sıcak Haddehane
- I. Soğuk Haddehane
- II Soğuk Haddehane
- Sürekli Dökümler
- Liman
- Çelikhane
- Sinter Hammadde Maniplasyon
- Yüksek Fırınlr
- Kok Fabrikası olarak sıralabilir

Aşınma maliyeti açısından II. Sıcak Haddehane ilk sırayı almaktadır. Toplam aşınma kaybının % 55'i II Sıcak Haddehanede olmaktadır. Erdemir ürünlerin tamamına yakınının ortak geçtikleri tek hat II. Sıcak haddehanedir. Rulo ve levha üretimi olan yaklaşık 3.270.000 tonun 2.695.000 tonunu (üretimin yaklaşık % 80'ni) bu hattan geçmektedir. Geri kalan yarı mamul I.Sıcak Haddehanede haddelenmektedir.

II Sıcak haddehanede üretim, yarı mamul olan 200 mm kalınlığındaki slabları 1,5 mm kalınlığına kadar sıcak haddeleyerek yapılmaktadır. I. Sıcak haddehane dolayısı ile burada kullanılan başta merdane olmak üzere diğer aşınan elemanlar yüksek miktarlarda sarf edilmektedir. Ek Tablo.C.1'de Erdemirin üretim hatları bazında 1999-2000 yılları arası üretim miktarları verilmektedir.

Tablo.6.2. Üniteler Bazında Aşınma Maliyetleri

Üniteler	Aşınan Elemanlar	Toplam (USD)
ÇELİKHANE	Elekler	5.66
	Kırıcı çeneler	4.61
	Oksijen lansları bakır kafaları	59.63
ÇELİKHANE Top.		69.90
I. SICAK HADDEHANE	Bobin Sarma giriş yan korkuluk plakası	3.59
	BS alt pincrol	111.11
	BS üst pincrol	9.72
	CM ana masa roll	1.44
	CM soğutma yatağı rol	47
	Ecer çukur şanzıman dişlileri	59.25
	Hadde Merdaneleri	96.88
	HSM giriş ve çıkış yan korkuluk plakaları	98
	HSM pinyon stand dişlileri	55
	Krop makas bıçağı	9.77
	Krop makas yaklaşma korkuluk plakası	30
	Levha makas bıçağı	3.70
	Slab asansörü vida+somun	6.94
	Slab makas Bıçağı	17.96
I. SICAK HADDEHANE Top.		322.73
I. SOĞUK HADDEHANE	Asitleme hurda kesme makasları	3.33
	Asitleme kenar kesme makasları	1.66
	Hadde Merdaneleri	323.52
	sıcak makaslar	3.93
	soğuk makaslar	9.02
	teneke makası	1.60
I. SOĞUK HADDEHANE Top.		343.08
II. SICAK HADDEHANE	Aşınma Plakaları	7.70
	Bobin Sarma Pinç Roller	84.31
	Hadde Merdaneleri	3.379.22
	Roller	60.55
	SSP çekiçleri	28.46
	Wrapper Roller	66.20
II. SICAK HADDEHANE Top.		3.626.47
II. SOĞUK HADDEHANE	ARP toz dönüş boruları	18.51
	Asit pompaları	5.55
	Bobin ucu kesme makası	45
	Bobin ucu kesme makası (kaba)	64
	Bronz aşınma elemanları	92
	Dilme bıçakları	7.46
	Hadde Merdaneleri	205.79
	Kaynak makinesi barası	27.77
	Kaynak makinesi boy makası	24
	Kenar kesme ve hurda bıçakları	30.69
	Merdane siliv'leri	3.18

Tablo 6.2'nin devamı

	Merkezleme borusu ARP	7.77
	Requpilatör	11
	Tandem uçar makas bıçakları	19
	Temizleme fırçaları	15.27
II. SOĞUK HADDEHANE Top.		324.62
KOK FABRİKASI	Kok konveyerleri kenarındaki aşınma plakaları	7.22
	Söndürme vagonu aşınma plak.	8.09
KOK FABRİKASI Top.		15.31
LİMAN	Aşınma Plakası	51.47
	Halatlar ve sapanlar	22.42
LİMAN Top.		73.90
RULMANLAR	Tüm Erdemir'de kullanılan Rulmanlar	1.425.92
RULMANLAR Top.		1.425.92
SİNER HAMMADDE MANİPLASYON	Aşınma Plakası	19.64
	Çubuk elek	32
	Kepçe tırnakları	83
	Kırıcı çeneler	3.16
	Örgülü elek	27
	Paslanmaz çelik Plaka 316 kalite 12 mm kalınlığında	5.86
	Paslanmaz çelik Plaka 316 kalite 8mm kalınlığında	5.33
	Sıcak Elek Perdesi	13.13
	Sinter bandı çıkışındaki çeneli kırıcı çenesi	12.95
	Sinter bandı çıkışındaki çeneli kırıcı ızgarası	74
	Soğuk Elek Perdesi	3.69
SİNER HAMMADDE MANİPLASYON Top.		65.96
SÜREKLİ DÖKÜMLER	Pota Kapakları	11.60
	Roller	162.96
	Sürekli Döküm Kalıpları	94.30
	Toz toplama sistemi	7.00
SÜREKLİ DÖKÜMLER Top.		275.86
YÜKSEK FIRINLAR	2 Y.F. Receiving hopper aş. Plakası	43
	Collecting funnel	2.77
	Hareketli oluk aşınma plakaları	9.25
	Kırıcı taban aşınma plakası	50
	Kok Elek Perdesi	6.13
	Kova haladı	8.99
	Malzeme Beşiği Aş. Plakaları	4.63
	Sekizgen oluk	2.05
	Sinter eleği	4.30
YÜKSEK FIRINLAR Top.		39.08
Genel Toplam.		6.582.87

I. Soğuk Haddehane'nin II. Soğuk Haddehane'ye göre daha fazla aşınmasının nedeni ise I. Soğuk haddehanede fazladan bulunan temper hadde, bobin hazırlama ve en önemlisi de 2 adet sıcak 2 adet soğuk ve 2 adet te teneke makası hatlarıdır. Bu hatlarda kullanılan merdaneler ve bıçaklar maliyeti doğal olarak yükseltmektedir.

Gerek sıcak ve gerekse soğuk haddehanelerde aşınma maliyetinin en büyük kısmını merdaneler oluşturmaktadır. Merdanelerin aşınma maliyeti Tablo 6.1 'de 4.005.431 USD olarak hesaplanmış olup, Erdemir'deki toplam aşınma maliyetinin (Tablo 6.2) yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır.

Sürekli Döküm Ünitesinde meydana gelen aşınmanın en önemlisini roller ve sürekli döküm kalıpları oluşturmaktadır. Kalıpların yüksek saflıkta bakır malzemeden yapılmış olması ve proses gereği hassas toleranslarda çalışılmasından dolayı buralarda meydana gelen aşınma önemli bir kalem teşkil etmektedir. Ayrıca, rollerin sıcak slablarla olan direkt teması aşınmayı hızlandırmaktadır.

Çelikhanenin, Yüksek Fırınlara ve Kok fabrikasının maliyet açısından gerilere düşmesinin başlıca sebebi ise proseslerde kullanılan refrakter tuğlalardır. Refrakter tuğlaların kullanıldığı ünitelerde metal aşınmasından söz etmek pek doğru olamaz. Bu ünitelerde meydana gelen aşınma sıvı metalin veya sıcak malzemenin refrakter tuğlayı aşındırması olarak kendini göstermektedir. Refrakter tuğla, etrafındaki metal konstrüksiyonu korozyona ve sıcaklığa karşı korumaktadır.

Sinter fabrikası aşınma problemleri açısından ilk sıralarda yer almasına rağmen aşınma maliyeti diğer ünitelere göre daha düşüktür. Bunun nedeni aşınan en önemli parçaların manganezli Erdemir 3990 kalite çelikten imal ediliyor olmasıdır. Bunların üretimi Erdemirde işlenmesi ise kısmen fason olarak fabrika dışında yaptırılmaktadır.

Erdemir genelinde çeşitli makina ve teçhizatlar da kullanılan rulmanlar da aşınma maliyetinde önemli bir kalemi oluşturmaktadır. Tablo 6.2'ye göre, yılda 1.425.926 USD rulman alımı için kullanılmaktadır. Rulman aşınmasının genel aşınma üzerindeki payı yaklaşık % 20 düzeyindedir.

6.4. Aşınma Maliyetlerinin Aşınma Mekanizmaları Bazında İncelenmesi.

Birbirine bağımlı veya birbirinden bağımsız bir çok prosesin gerçekleştiği bir entegre Demir-Çelik fabrikasında oluşan aşınma; Adhesiv, Abrasiv , Yorulma ve Korozyonlu aşınma olarak 4 ana grupta değerlendirilmiştir.

- I. Adhesiv aşınma: Hasar bir metal yüzeyinin başka bir metal yüzeyinde bağıl hareketi sırasında birbirleri ile mikro ölçekte kaynaklanması ve hareketin devamında kaynaklı bölgenin kopması (kırılması) sonucu meydana gelir.
- II. Abrasiv aşınma: Yüksek sertlikteki metalik veya metalik olmayan bir malzemenin temas ettiği metal yüzeyinde, çizme ve koparma gibi yollarla hasar oluşturduğu aşınma türüdür.
- III. Koroziif aşınma: Birbirlerine temas eden ve bağıl hareket yapan metal yüzeylerinde ortamın koroziif etkisi ile oluşan aşınma türüdür. Korozyon ürünleri ürünlerinin oluşumu (örneğin oksitler) aşınma hızını arttırmaktadır.
- IV. Yorulma aşınması: Birbirine temas eden malzemelere değişken ve tekrarlı gerilmeler uygulanması ile gelişen ve metal yüzeyinde üçgene benzer oyuklar oluşturan aşınma türüdür [6].

Bölüm 5’de müdürlükler bazıda incelenen aşınma olaylarındaki etkin mekanizmalar, aşınmaya uğrayan parçaların servis koşulları göz önüne alınarak yukarıdaki açıklamalar ışığında belirlenmiştir (Tablo 6.3). Bu çalışma kapsamında incelenen parçaların aşınma mekanizmalarına bağılı olarak maliyetleri Tablo6.4’de verilmiştir.

Tablo 6.3. Erdemirde çeşitli ünitelerdeki aşınan elemanların aşınma mekanizmaları.

Üniteler	Aşınan Elemanlar	Aşınma Mekanizmaları			
		Abrasiv	Adhesiv	Korozyon	Yorulma
ÇELİKHANE	Elekler	X			
	Kırıcı çeneler	X			
	Oksijen lansları bakır kafaları	X			
I. SICAK HADDEHANE	Bobin Sarma giriş yan korkuluk plakası	X	X		
	BS alt pincrol		X		X
	BS üst pincrol		X		X
	CM ana masa roll		X		X
	CM soğutma yatağı rol		X		X
	Ecer çukur şanzıman dişlileri		X		X
	Hadde Merdaneleri		X		X
	HSM giriş ve çıkış yan plakalar	X	X		
	HSM pinyon stand dişlileri		X		X
	Krop makas bıçağı	X	X		
	Krop makas yaklaşma plakası	X	X		
	Levha makas bıçağı	X	X		
	Slab asansörü vida+somun				X
	Slab makas Bıçağı	X	X		
I. SOĞUK HADDEHANE	Asitleme hattı hurda kesme makasları	X	X		
	Asitleme hattı kenar kesme makasları	X	X		
	Hadde Merdaneleri		X		X
	sıcak makaslar	X	X		
	soğuk makaslar	X	X		
	teneke makası	X	X		
II. SICAK HADDEHANE	Aşınma Plakaları	X			
	Bobin Sarma Pinç Roller		X		X
	Hadde Merdaneleri		X		X
	Roller		X		X
	SSP çekiçleri	X	X		
	Wrapper Roller		X		X
II. SOĞUK HADDEHANE	ARP toz dönüş boruları	X		X	X
	Asit pompaları	X		X	
	Bobin ucu kesme makası	X	X		
	Bobin ucu kesme makası (kaba)	X	X		
	Bronz aşınma elemanları		X		
	Dilme bıçakları	X	X		
	Hadde Merdaneleri		X		X
	Kaynak makinesi barası		X		
	Kaynak makinesi boy makası	X	X		
	Kenar kesme ve hurda doğrama Bıçakları	X	X		
	Merdane sliv'leri		X		
	Merkezleme borusu ARP	X		X	
	Requpilatör	X		X	
	Tandem uçar makas bıçakları	X	X		

Tablo 6.3'ün deva

	Temizleme fırçaları	X	X		
KOK FABRİKASI	Kok konveyerleri kenarındaki aşınma plakaları	X			
	Söndürme vagonu aşınma plakaları	X			
	Aşınma Plakası	X			
LİMAN	Halatlar ve sapanlar	X	X		
	Tüm Erdemir'de kullanılan Rulmanlar		X		
RULMANLAR	Aşınma Plakası	X			
SİNER HAMMADDE MANİPLASYON	Çubuk elek	X			
	Kepçe tırnakları	X			
	Kırıcı çeneler	X			
	Örgülü elek	X			
	Paslanmaz çelik Plaka	X			
	Paslanmaz çelik Plaka	X			
	Sıcak Elek Perdesi	X			
	Siner bandı çıkışındaki çeneli kırıcı çenesi	X			
	Siner bandı çıkışındaki çeneli kırıcı ızgarası	X			
	Soğuk Elek Perdesi	X			
SÜREKLİ DÖKÜMLER	Pota Kapakları	X		X	
	Roller		X		X
	Sürekli Döküm Kalıpları	X	X		
	Toz toplama sistemi	X			
YÜKSEK FIRINLAR	Y.F. Receiving hopper aş Plakası	X			
	Collecting funnel	X			
	Hareketli oluk aşınma plakaları	X			
	Kırıcı taban aşınma plakası	X			
	Kok Elek Perdesi	X			
	Kova haladı	X	X		
	Malzeme Beşiği Aş. Plakaları	X			
	Sekizgen oluk	X			
	Siner eleği	X			

Tablo 6.4. Erdemir’de çeşitli ünitelerdeki aşınma mekanizmalarına bağlı olarak aşınma maliyetleri.

Üniteler	Aşınma Mekanizması ve Maliyetleri (USD)				
	Abrasiv	Adhesiv	Korozyon	Yorulma	Genel Toplam
ÇELİKHANE	69.906		0		69.906
I. SICAK HADDEHANE	18.165	157.89	0	146.67	322.733
I. SOĞUK HADDEHANE	9.781	171.54	0	161.76	343.081
II. SICAK HADDEHANE	21.937	1.809.38	0	1.795.15	3.626.470
II. SOĞUK HADDEHANE	43.469	162.27	15.981	102.89	324.625
KOK FABRİKASI	15.313		0		15.313
LİMAN	62.690	11.21	0		73.904
ERDEMİR (Rulmanlar)	0	712.96	0	712.96	1.425.926
SİNER HAMMADDE MANİPLASYON	65.963		0		65.963
SÜREKLİ DÖKÜMLER	59.953	128.63	5.800	81.48	275.869
YÜKSEK FIRINLAR	34.590	4.49	0		39.087
Genel Toplam	401.765	3.158.40	21.781	3.000.92	6.582.877

Tablo 6. 4’e göre, 6.582.877 USD olan aşınma maliyetinin

- % 6.1’ini Abrasiv Aşınma,
- % 48’ini Adhesiv Aşınma,
- % 0.3’ünü Korozyon Aşınması ve
- % 45.6’sını Yorulma Aşınması oluşturmaktadır.

Tablo 6.3’e göre ise meydana gelen aşınma mekanizmalarının adetine göre toplam aşınmanın

- % 47’sini Abrasiv Aşınma,
- %34’ünü Adhesiv Aşınma,
- %4.4’ünü Korozyon Aşınması
- %14,6’sını Yorulma Aşınması oluşturmaktadır.

7. GENEL SONUÇLAR

Ereğli Demir ve Çelik Fabrikalarında çeşitli ünitelerdeki aşınma olaylarının incelendiği bu çalışma kapsamında toplanan veriler ışığında aşağıdaki genel sonuçlar elde edilmiştir;

- 1- Üretime yardımcı olan ünitelerdeki aşınma olayları ve aşınma etkisi ile parçaların montajı veya onarımı sebebiyle yapılan duruşlardaki üretim kayıpları göz ardı edildiğinde, Erdemir’de 1999 yılında 6,5 milyon dolar aşınma kaybı oluşmuştur. Erdemir’in yıllık net satışı 1 milyar dolar düzeyinde olduğuna göre, aşınma kaybı net satış tutarının %0,6’sı düzeyindedir.
- 2- Rulo ve Levha üretiminin %80’inin gerçekleştiği II. Sıcak Haddehanede aşınma en yüksek düzeydedir. Erdemir’deki II. Sıcak Haddehanede aşınma kaybı toplam aşınma maliyetinin %55’i seviyesindedir.
- 3- Aşınan ekipmanlar açısından bakıldığında toplam aşınma maliyetinin %60’ını merdane aşınması, %20’sini rulmanlardaki aşınma kapsamaktadır. Diğer ekipmanlardaki aşınma giderleri ise toplam aşınmanın ancak %20’si düzeyindedir.
- 4- Erdemir’in çeşitli ünitelerinde gerçekleşen aşınma olaylarının maliyet açısından, % 6.1’ini Abrasiv Aşınma, % 48’ini Adhesiv Aşınma, % 0.3’ünü Korozyon Aşınması ve % 45.6’sını Yorulma Aşınması oluşturmaktadır.
- 5- Erdemir’de çeşitli ünitelerinde gerçekleşen aşınma mekanizmalarının adetine göre toplam aşınmanın, % 47’sini Abrasiv Aşınma, %34’ünü Adhesiv Aşınma, %4.4’ünü Korozyon Aşınması ve %14,6’sını Yorulma Aşınması oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] *ASM Metals Handbook*, 1992. 1st Ed., 18, Friction, Lubrication and Wear Technology.
- [2] Arıkan, M.M., 1999. Yüksek Kromlu Beyaz Dökme Demirlerin Aşınma Direncine Alaşım Elementlerinin ve Isıl İşlemin Etkisi, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Kayalı, E.S., Çimenoglu, H., Eruslu, N., Ürgen, M., Taptık, Y., 1997. *Hasar Analizi Semineri*, TMMOB, Met.Müh.Odası, İstanbul.
- [4] Yılmaz, F., 1997. 9th *International Metallurgy and Materials Congress*, İstanbul, Türkiye
- [5] ERDEMİR Ürün Kataloğu, 1998
- [6] I.M., Hutching, 1992, *Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials*.
- [7] Acur, S., Kayhan, İ., Ofluoglu, N., Scandella, F., Knowles, D.M., 41st *MWSP CONF. PROC., ISS, VOL. XXXVII, 1999 Back-up Rolls: New Surfaces, New Life*.

EK A: İŞLETME ÜNİTELERİ BAZINDA AŞINMA ve MALİYET VERİLERİ

Tablo A.1: Erdemirde İşletme Üniteleri Bazında Aşınma Ekipmanlar, Aşınma Mekanizmaları, Stok kontrol ve Resim Numaraları, Yıllık Sarflar ve Maliyetleri

Ünite	Aşınma Ekipman	Aşınma Mekanizması	Malzeme	Stok Kontrol No.	Resim No.	Yıllık Sarf	Birim Fiyatı (\$)	Maliyet (\$)
LİMAN	Aşınma Plakası	Abrasiv	NI-Hard (Döküm)	41120000040	B101MF318	2660 adt.	19	51.476
	Halatlar ve sapanlar	Adhesiv / Abrasiv	Çelik	34116721601		3 makara	912	2.736
		Adhesiv / Abrasiv	Çelik	34116721602		3 makara	1.026	3.078
		Adhesiv / Abrasiv	Çelik	34116722001		3 makara	912	2.736
		Adhesiv / Abrasiv	Çelik	34116722002		3 makara	1.026	3.078
		Adhesiv / Abrasiv	Çelik	34117721600		5 makara	1.080	5.400
		Adhesiv / Abrasiv	Çelik	34117722000		5 makara	1.080	5.400
KOK FABRİKASI	Söndürme vagonu aşınma plakaları	Abrasiv	ASTM A536 Grade 65-45-12	41010000169		2 adt	122	244
		Abrasiv	"	41010000170		10 adt	156	1.556
		Abrasiv	"	41010000171		31 adt	117	3.617
		Abrasiv	"	41010000172		3 adt	76	228
		Abrasiv	"	41010000173		2 adt	54	107
		Abrasiv	"	41010000174		2 adt	78	156
		Abrasiv	"	41010000175		2 adt	96	193
		Abrasiv	"	41010000176		1 adt	22	22
		Abrasiv	"	41010000177		1 adt	74	74
		Abrasiv	"	41010000178		2 adt	148	296
		Abrasiv	"	41010000179		2 adt	135	270
		Abrasiv	"	41010000180		2 adt	65	130
		Abrasiv	"	41010000181		4 adt	70	281
		Abrasiv	"	41010000182		11 adt	63	693
		Abrasiv	"	41010000183		1 adt	111	111
		Abrasiv	"	41010000184		1 adt	113	113
	Kok konveyerleri kenarındaki aşınma plakaları	Abrasiv	SCMnH2 (Döküm)	41010000869	B102CF106	200 adt	36	7.222
SİNER HAMMADDE MANİPLASYON	Paslanmaz çelik Plaka 8mm kalınlığında	Abrasiv	316 Paslanmaz	34025160120	8x1500x3000	6 plaka	889	5.335
	Paslanmaz çelik Plaka 12 mm kalınlığında	Abrasiv	316 Paslanmaz	34025160120	12x1500x3000	4 plaka	1.466	5.866
	Çeneli kırıcı çenesi	Abrasiv	Erdemir 3990		B106JA076	67 adt	193	12.957
	Çeneli kırıcı ızgarası	Abrasiv	"	41180001071	B106JA056	35 adt	21	743
	Sıcak Elekle Perdesi	Abrasiv	"	41180000246	B106JA041	11 adt	156	1.721
		Abrasiv	"	41180000247	B106JA041	15 adt	144	2.153

Tablo A.1'in devamı

Ünite	Aşınan Ekipman	Aşınma Mekanizması	Malzeme	Stok Kontrol No.	Resim No.	Yıllık Sarf	Birim Fiyatı (\$)	Maliyet (\$)
		Abrasiv	"	41180000248	B106JA041	11 adt	138	1.518
		Abrasiv	"	41180000249	B106JA041	26 adt	144	3.731
		Abrasiv	"	41180000250	B106JA041	10 adt	145	1.454
		Abrasiv	"	41180000251	B106JA041	10 adt	160	1.596
		Abrasiv	"	41180000252	B106JA042	2 adt	160	319
		Abrasiv	"	41180000253	B106JA042	2 adt	160	320
		Abrasiv	"	41180000254	B106JA042	2 adt	160	319
	Soğuk Elek Perdesi	Abrasiv	"	41180001079		14 adt	102	1.426
		Abrasiv	"	41180000080		11 adt	102	1.120
		Abrasiv	"	41180000091		12 adt	83	1.000
		Abrasiv	"	41180000092		2 adt	72	144
	Aşınma Plakası	Abrasiv	Ni-Hard (Döküm)	41120100344	B-101-LF-571	830 adt	11	9.145
		Abrasiv	"	41120100345	B-101-LF-571	606 adt	17	10.501
	Örgütlü elek	Abrasiv	TS 2500 Tip B		B101JB216	2 adt	135	270
	Çubuk elek	Abrasiv	TS 2500 Tip B			2 adt	163	326
	Kepçe tınakları	Abrasiv	SCM435	41120000136	RT4110/H	150 adt	6	833
	Kırıca çeneler	Abrasiv	Alaşımli çelik döküm ASTM A-128 Gr.C	41120500110	B-101-JA-473	40 adt	79	3.165
YÜKSEK FIRINLAR	Kok Elek Perdesi	Abrasiv	ERD. 3237	4100090015	B-101-JB-216	35 adt	34	1.193
		Abrasiv	ERD. 3237	4100090031	B-101-JB-216	32 adt	123	3.929
	Kova haladı	Adhesiv / Abrasiv	Çelik	34116551600	IWRC-RRL-P-IPS-BS	632 adt	7	4.564
		Adhesiv / Abrasiv	Çelik	34116552000	IWRC-LRL-P-IPS-BS	613 adt	7	4.427
	Sinter eleği	Abrasiv	ERD. 3990	41220000183	B-123-JA022	25 adt	172	4.306
	Kok Elek Perdesi	Abrasiv	ERD. 3237	41220000281	B-123-JA007	7 adt	65	454
	Kok Elek Perdesi	Abrasiv	ERD. 3237	41220000282	B-123-JA007	3 adt	185	556
	Kova haladı	Adhesiv / Abrasiv	Çelik	41220000477	AB-D13220	2 adt	1	2

Tablo A.1'in devamı

Ünite	Aşınan Ekipman	Aşınma Mekanizması	Malzeme	Stok Kontrol No.	Resim No.	Yıllık Sarf	Birim Fiyatı (\$)	Maliyet (\$)
		Adhesiv / Abrasiv	Çelik	41220000476	AB-D13220	2 adt	1	2
	Kırıcı taban aşınma plakası	Abrasiv	YZ15D	41220001174	KWM-15397	2 adt	250	500
	Sekizgen oluk	Abrasiv	Yüksek karbonlu dökme demir, C:2.2%, Mn:0.6-0.8%, Si:0.6-0.8%, Cr:1.6%, Mo:2.2-2.5%, S:0.003%, max: P:0.003%	41020001982	50071194-00158	1 adt	2.056	2.056
	2 Y.F. Receiving hopper aş. Plakası 1 adet	Abrasiv				1 adt	433	433
	Collecting funnel	Abrasiv				1 adt	2.778	2.778
	Malzeme Beşiği Aş. Plakaları	Abrasiv				1 adt	4.630	4.630
	Hareketli oluk aşınma plakaları	Abrasiv				1 adt	9.259	9.259
ÇELİKHANE	Kırıcı çeneler	Abrasiv	GX 120 Mn12-Wkst.	4193.103.5046	103-JBB-51	340 adt	14	4.613
	Oksijen lansları bakır kafaları	Abrasiv	SF-CUF25	4193.145.1500		56 adt	1.065	59.630
	Elektler	Abrasiv	DN 17671	4100.009.0003	B.101.JB.216	26 adt	135	3.515
		Abrasiv	TTS 2500 Tip B	41000090010	B.101.JB.216	12 adt	28	333
		Abrasiv		41000090012	B.101.JB.216	10 adt	57	569
		Abrasiv		41000090019	B.101.JB.216	2 adt	41	81
		Abrasiv		41000090024	B.101.JB.216	2 adt	28	56
		Abrasiv		41000090029	B.101.JB.216	13 adt	48	626
		Abrasiv		41000090033	B.101.JB.216	18 adt	11	200
		Abrasiv		41000090035	B.101.JB.216	1 adt	18	18
		Abrasiv		41000090036	B.101.JB.216	6 adt	20	121
		Abrasiv		41000090037	B.101.JB.216	4 adt	36	144
SÜREKLİ DÖKÜMLER	Pota Kapakları	Korozyon / Abrasiv	Çelik			1 adt	11.600	11.600
	Toz toplama sistemi	Abrasiv	Çelik			1 adt	7.000	7.000
	Sürekli Döküm Kalıpları	Adhesiv / Abrasiv	Saf bakır			Bakım		94.306
	Roller	Adhesiv / Yorulma	43CrMo4			Bakım		162.963
L SICAK HADDEHANE	Krop makas yaklaşma korkuluk plakası	Adhesiv / Abrasiv	ST-37	41-04-552-0007	76447/F	2 adt	152	304
	HSM giriş ve çıkış yan korkuluk plaka	Adhesiv / Abrasiv	ST-37	41-04-412-0071 Kısa	TEE.WB.3412.M.3088	2 adt	137	274
	HSM giriş ve çıkış yan korkuluk plaka	Adhesiv / Abrasiv	ST-37	41-04-412-0067 Uzun	TEE.WB.3412.M.3020	4 adt	178	711
	Bobin Sarma giriş yan korkuluk plakası	Adhesiv / Abrasiv	ST-37	41-04-412-0030	TEE.WB.3412.M.3061	185 adt	19	3.597
	Slab makas Bacağı	Adhesiv / Abrasiv	Alaşımlı çelik	41-04-535-0034 Kısa	51850/C	2 adt	8.981	17.963
	Krop makas bıçağı	Adhesiv / Abrasiv	X40CrMoV51	41-04-216-0048 Alt bıçak	TEE.WB.3216.M.2043	2 adt	2.444	4.889
		Adhesiv / Abrasiv	X40CrMoV51	41-04-216-0049 Üst bıçak	TEE.WB.3216.M.2044	2 adt	2.444	4.889
	Levha makas bıçağı	Adhesiv / Abrasiv	Takım çeliği	41-04-560-0033	81463/A	2 adt	1.852	3.704

Tablo A.1'in devamı

Ünite	Aşınan Ekipman	Aşınma Mekanizması	Malzeme	Stok Kontrol No.	Resim No.	Yıllık Sarf	Birim Fiyatı (\$)	Maliyet (\$)
	Ecer çukur şanzıman dişlileri	Adhesiv / Yorulma	SAE 4340	41-04-513-8001 freze	57163/A	4 adt	7.407	29.630
		Adhesiv / Yorulma	SAE 4340	41-04-513-8002	57163/B	4 adt	7.407	29.630
	HSM pinyon stand dişlileri	Adhesiv / Yorulma	SAE 4140	41-04-574-8001 üst dişi	82579/A	1 adt	370	370
	HSM pinyon stand dişlileri	Adhesiv / Yorulma	SAE 4340	41-04-574-8002 alt dişi	82579/B	1 adt	185	185
	Slab asansörlü vida+somun	Yorulma	25803..A..SAE68	41-04-506-8006 vida grubu	25803/A ve G	5 adt	1.389	6.944
	CM ana masa roll	Adhesiv / Yorulma	SAE1035	41-04-517-8001	56777/A	3 adt	111	333
	CM ana masa roll	Adhesiv / Yorulma	SAE1035	41-04-517-8002	56777/B	2 adt	556	1.111
	CM soğutma yatağı rol	Adhesiv / Yorulma	SAE1035	41-04-554-8007	82848/A	3 adt	159	478
			Dökme demir, C0.15%,Si 1%;					
	BS üst pincrol	Adhesiv / Yorulma	Mn1.5%;Cr4.5%;	41-04-851-8007 üst	3851-M-1650	7 adt	1.389	9.722
	BS alt pincrol	Adhesiv / Yorulma	Ni0.5%;Mo0.5%;	41-04-851-8006 alt	3851-M-1750	8 adt	13.889	111.111
	Hadde Merdaneleri	Adhesiv / Yorulma	HC,HSS,Dökme demir,Dövme çelik			Bakım	0	96.888
İL SICAK HADDEHANE	Roller	Adhesiv / Yorulma	SAE1035	411245100011	322250/A	3 adt	926	2.778
		Adhesiv / Yorulma	"	41245280003	401002/A	13 adt	4.444	57.778
	SSP çekicileri	Adhesiv / Abrasiv	Şişnek Dökme Demir	41245301001	400624/A	3 adt	5.476	16.428
		Adhesiv / Abrasiv	Şişnek Dökme Demir	41245301002	400624/B	3 adt	4.013	12.039
	Bobin Sarma Pinç Roller	Adhesiv / Yorulma	S35C-NT	41246600033	322544/121sz18	1 adt	185	185
		Adhesiv / Yorulma	"	41246600041	322545/H	1 adt	2.278	2.278
		Adhesiv / Yorulma	"	41246601201	402833/A	4 adt	13.889	55.556
		Adhesiv / Yorulma	"	41246601101	402829/A	2 adt	13.148	26.296
			Dökme demir analizi, C 0.15%,Si 1%;					
	Wrapper Roller	Adhesiv / Yorulma	Mn1.5%;Cr4.5%;	41246610043	323145/A	1 adt	25.926	25.926
		Adhesiv / Yorulma	Ni0.5%;Mo0.5%;	41246611068	403059/A	5 adt	8.056	40.278
	Aşınma Plakaları	Abrasiv	ST-37	41246520047	201-CA-92/C	40 adt	193	7.704
	Hadde Merdaneleri	Adhesiv / Yorulma	HC,HSS,Dökme demir,Dövme çelik			Bakım	0	3.379.226
	soğuk makaslar	Adhesiv / Abrasiv	CRMS	41062630025		6 adt	589	3.533
L SOĞUK HADDEHANE	sıcak makaslar	Adhesiv / Abrasiv	HRMS	41060000192-190		17 adt	231	3.935

Tablo A.1'in devamı

Ünite	Aşınan Ekipman	Aşınma Mekanizması	Malzeme	Stok Kontrol No.	Resim No.	Yıllık Sarf	Birim Fiyatı (\$)	Maliyet (\$)
	teneke makası	Adhesiv / Abrasiv	Yüksek Karbonlu,	41062130133		2 adt	802	1.604
	soğuk makaslar	Adhesiv / Abrasiv	Yüksek Kromlu çel.	41065175001		6 adt	563	3.378
	soğuk makaslar	Adhesiv / Abrasiv	CRMS	41063070091		4 adt	528	2.111
	Asitleme hatfı kenar kesme makasları	Adhesiv / Abrasiv	HRMS	41062000018		3 adt	556	1.667
	Asitleme hatfı hurda kesme makasları	Adhesiv / Abrasiv	HRMS	41063590001		20 adt	167	3.333
	Hadde Merdaneleri	Adhesiv / Yorulma	DHQ			Bakım		323.520
İL SOĞUK HADDEHANE	Bobin ucu kesme makası (kaba)	Adhesiv / Abrasiv	X155CrVMo12	41052040003	TED.KBE.10.15.15-1019	10 adt	65	648
	Bobin ucu kesme makası	Adhesiv / Abrasiv	X155CrVMo12	41052040003		7 adt	65	454
	Kaynak makinesi boy makası	Adhesiv / Abrasiv	60WCxV7	41551280010	TED.KBE.11.3.28-9651	6 adt	41	244
	Kenar kesme ve hurda doğrama bıçakları	Adhesiv / Abrasiv		41068121007-8-9-10		663 adt	46	30.694
	Tandem uçar makas bıçakları	Adhesiv / Abrasiv		41555090101	451921P:1	0,4 adt	474	190
	Kaynak makinesi barası	Adhesiv	100%BAKIR	41551280004		0,2 adt	138.889	27.778
	Merkezlendirme borusu ARP	Korozyon / Abrasiv	14.828	41552020003		0,6 adt	12.963	7.778
	Asit pompaları	Korozyon / Abrasiv	POLYPROPYLENE			1 adt	5.556	5.556
	ARP toz döndür boruları	Korozyon / Abrasiv	14.828	41552010017-19-20		1 adt	18.519	18.519
	Temizleme fırçaları	Adhesiv / Abrasiv		41555130001		30 adt	509	15.278
	Bronz aşınma elemanları	Adhesiv	BRONZ			1 adt	926	926
	Requiplatör	Korozyon / Abrasiv	GG20Cr	41557010005-6		2 adt	56	111
	Merdane sliv'leri	Adhesiv	42CrMo4	4155513401/402/403		43 adt	74	3.185
	Dilme bıçakları	Adhesiv / Abrasiv		/0428/1236		18 adt	415	7.467
	Hadde Merdaneleri	Adhesiv / Yorulma	DHQ	41550000001		Bakım		205.798
RULMANLAR	Tüm Erdemir'de kullanılan Rulmanlar	Adhesiv / Yorulma	100Cr6					1.425.926

1\$ = 540.000 TL'dir. (31.12.1999)

EK B: HADDEHANELERDEKİ MERDANE AŞINMALARI

Tablo B.1. Aylara Göre 2000 Yılı Sıcak Haddelhane Mardane Aşınmaları

AŞINIMLAR																		
YERİ	MERD. CİNSİ	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİR.	TEMM.	AĞUS.	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	2000	1999	HEDEF	AYLIK SAPMA	YILLIK SAPMA
1	42"	mm/1000Ton	0,00	1,93	0,00	0,00	0,00	1,05	0,00	0,00	0,00	2,28	0,00	0,42	0,12	0,15	-100	177
S	Edger	mm	0,00	82,85	0,00	0,00	0,00	53,26	0,00	0,00	0,00	114,32	0,00	250,47	168,86			
I	Cm	mm/1000Ton	0,08	0,06	0,20	0,14	0,05	0,08	0,11	0,12	0,32	2,10	0,12	0,06	0,28	0,08	0,10	-42
C	Bur	mm	4,24	2,52	11,10	5,29	2,64	4,98	5,44	6,09	15,70	107,21	5,97	3,05	174,22	212,68		
A	Cm	mm/1000Ton	0,74	0,42	1,08	0,63	0,72	1,45	0,90	0,94	0,60	0,61	2,70	0,59	0,97	0,85	-31	14
K	Wr	mm	36,98	17,88	59,07	24,34	36,17	86,15	45,80	48,39	29,05	31,25	136,39	31,09	582,58	496,78		
H	HSM	mm/1000Ton	0,33	0,24	0,24	0,20	0,22	0,20	0,74	0,27	0,45	0,26	0,19	0,27	0,30	0,33	-11	0
A	Bu/R	mm	13,87	10,13	12,40	5,94	10,85	9,37	32,16	11,58	18,25	10,92	8,56	11,71	155,72	102,16		
D	HSM	mm/1000Ton	3,99	3,52	4,27	4,04	2,78	2,92	3,73	3,68	3,32	2,91	3,82	2,83	3,47	3,76	3,50	-19
	Wr	mm	166,12	146,60	219,61	119,36	135,43	134,27	180,88	159,92	135,44	123,55	172,36	124,26	1797,78	1329,59		
2	R1	mm/1000Ton	0,19	0,17	0,11	0,04	0,12	0,17	0,08	0,14	0,10	0,14	0,12	0,13	0,12	0,13	-14	-18
S	Wr	mm	46,56	36,65	28,12	9,14	28,86	22,17	18,39	34,65	21,37	35,10	21,29	30,86	333,24	400,15		
I	34"	mm/1000Ton	0,12	0,00	0,20	0,03	0,08	0,16	0,05	0,04	0,07	0,15	0,08	0,06	0,09	0,05	-10	22
C	Edger	mm	28,60	0,00	50,39	5,80	17,93	20,83	12,40	10,36	16,50	37,04	15,29	15,14	230,27	219,92		
A	R2	mm/1000Ton	0,39	0,27	0,27	0,27	0,34	0,38	0,33	0,29	0,35	0,52	0,33	0,20	0,33	0,41	-52	-22
K	Wr	mm	94,74	59,69	68,02	61,05	80,75	47,93	76,86	72,79	77,45	129,86	59,80	48,36	877,41	1114,91		
H	Rm-Fm	mm/1000Ton	0,47	0,41	0,62	0,40	0,47	0,61	0,48	0,46	0,34	0,69	0,69	0,32	0,49	0,56	-46	-18
A	Bu/R	mm	115,04	91,16	157,16	90,01	112,06	77,45	110,64	115,85	75,98	175,08	127,28	77,77	1325,47	1492,15		
D	F1-F4	mm/1000Ton	2,94	2,16	1,64	2,43	1,60	1,68	1,57	1,71	1,84	2,03	1,97	1,68	1,95	1,64	1,70	-1
	Wr	mm	723,34	478,77	412,01	548,99	381,11	213,92	362,01	434,13	411,79	511,68	362,03	404,28	5244,06	3870,22		
	F5-F7	mm/1000Ton	4,18	3,06	2,84	3,33	2,95	3,03	2,46	1,96	2,46	3,03	3,27	2,16	2,88	2,06	2,20	-2
	Wr	mm	1027,00	678,36	714,13	752,68	703,60	385,70	568,79	497,35	548,85	763,24	601,70	518,86	7760,28	4858,24		

MERD.CİNSİ	BİRİM	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEMM.	AĞUS.	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Kombine	Ton	50,263	42,875	54,703	38,438	50,435	59,536	50,936	51,594	48,660	51,057	50,526	52,766	601,809
Levha Haddi	Ton	4,804	4,157	3,048	3,578	3,617	3,545	4,286	6,355	5,104	6,560	4,180	6,168	55,382
1.Şerit Haddi	Ton	41,688	41,617	51,429	29,508	48,714	45,927	43,177	43,507	40,814	42,423	45,156	43,908	517,848
2.Şerit Haddi	Ton	245,628	221,834	251,725	225,723	238,318	127,274	231,308	253,298	223,257	252,009	184,184	240,745	2,695,306

Tablo B.2. Aylara Göre 2000 Yılı Soğuk Haddehane Mardane Aşınımları

AŞINIMLAR																
YERİ	MERD. CİNSİ	BİRİM	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİR.	TEMM.	AĞUS.	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	2000	1999
1	Soğuk	mm/1000Ton	1,32	1,02	1,12	1,88	2,53	1,48	0,60	1,42	1,55	2,57	1,11	1,48	1,51	0,86
S	Bu / R	mm	40,64	31,80	38,28	54,92	74,77	40,87	19,03	50,47	43,51	92,34	20,72	24,97	533,12	523,72
O	Soğuk	mm/1000Ton	19,60	13,00	12,04	12,48	13,23	13,65	10,67	9,43	11,36	10,01	11,03	25,82	13,03	9,72
Ğ	Wr	mm	603,66	404,19	420,73	408,65	391,77	376,99	337,38	336,40	318,85	346,81	205,28	442,32	4593,03	3467,41
U	Bobin	mm/1000Ton	0,04	0,05	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,08	0,00	0,03	0,02	0,03	0,23
K	Hazırlama	mm	0,91	1,02	0,88	0,40	0,71	0,97	0,61	0,62	1,52	0,00	1,17	0,56	9,35	19,51
2	Tandem	mm/1000Ton	0,20	0,28	0,00	0,26	0,11	0,65	0,21	0,00	0,46	0,11	0,21	0,23	0,21	0,19
S	Bu / R	mm	19,38	19,02	0,00	20,73	8,58	38,33	17,52	0,00	34,78	8,87	12,31	16,01	192,51	172,26
O	Tandem	mm/1000Ton	0,58	0,60	0,49	0,27	0,43	0,64	0,51	0,50	0,61	0,62	0,61	0,57	0,53	0,74
Ğ	Ara	mm	47,83	43,76	41,66	21,51	35,00	38,18	42,79	41,73	45,67	49,58	38,70	39,68	494,05	333,74
U	Tandem	mm/1000Ton	2,12	2,65	2,20	1,97	1,28	4,24	1,33	1,73	4,41	3,72	4,47	2,68	2,84	3,53
K	Wr	mm	173,53	193,12	186,51	154,97	102,84	251,79	111,76	145,19	332,46	296,34	267,08	187,43	2403,02	1946,33
U	CAL	mm/1000Ton	0,11	0,00	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,01	0,03	0,08	0,04	0,04
K	Bu / R	mm	8,35	0,00	2,11	1,60	2,13	2,03	1,89	2,13	2,03	0,79	1,27	2,07	24,49	24,67
CAL	CAL	mm/1000Ton	0,66	0,38	0,27	0,34	0,31	0,34	0,37	0,34	0,31	0,37	0,38	0,18	0,38	0,32
Wr	Wr	mm	37,38	18,82	14,82	19,38	18,26	14,60	19,82	19,60	17,86	20,94	17,55	5,94	222,63	188,59

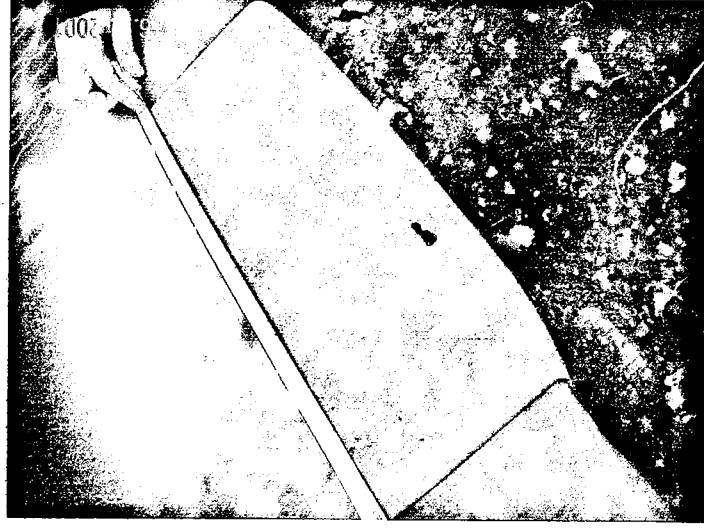
MERD.CİNSİ	BİRİM	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEMM.	AĞUS.	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
1.Soğ.Tenake	Ton	16,416	11,598	14,301	33,521	13,590	13,880	11,474	18,404	10,075	14,927	11,019	12,650	179,835
1.8Soğ.Tand (Sac+Tenake)	Ton	30,798	31,084	34,932	32,754	29,602	27,616	31,624	35,659	28,070	34,648	18,613	17,131	352,529
Bobin Hazırlama	Ton	23,076	21,843	24,148	26,636	22,658	26,375	32,337	32,501	19,549	27,695	39,930	30,936	329,684
2.Soğ.Tandem	Ton	81,776	72,854	84,597	78,820	80,539	59,344	83,718	83,940	75,457	79,644	59,770	70,028	910,486
CAL	Ton	56,434	51,616	54,800	56,591	52,969	42,892	54,193	57,725	57,205	57,148	45,681	32,979	620,303

EK C: ÜNİTELER VE HATLAR BAZINDA ERDEMİR ÜRETİMİ

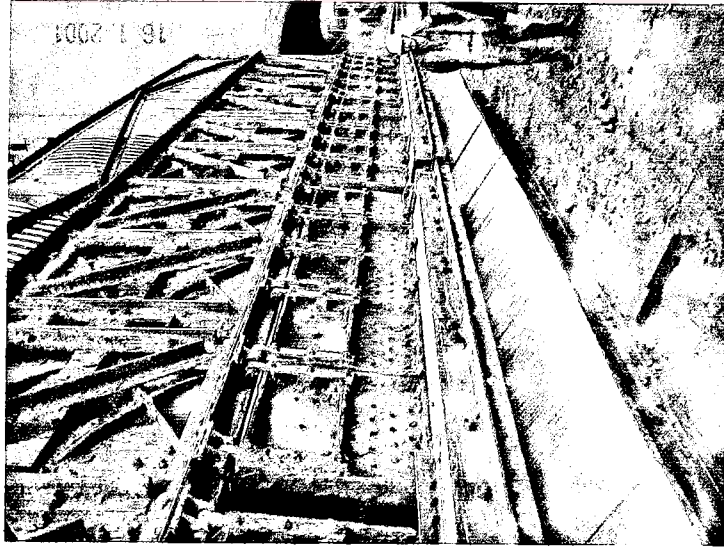
Tablo C.1: Erdemir'in 1990-2000 Yılları Arasında Hatlar Bazında Üretimi (ton)

UNİTELER	YILLAR										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
KOK TOPLAM	1.020.602	987.404	985.780	976.022	988.789	1.014.146	1.004.725	973.683	987.522	966.503	977.852
KIREÇ FAB.	243.571	232.215	234.946	217.928	224.262	201.311	236.576	252.477	231.015	260.179	237.170
SİNER	1.638.515	1.493.251	1.578.215	1.550.125	1.675.750	1.730.000	1.780.225	1.781.790	1.789.200	1.621.405	1.952.175
I.Y.FİRİN	927.498	797.716	676.373	697.036	896.587	970.316	1.104.787	1.056.821	889.112	1.138.641	1.209.428
II.Y.FİRİN	1.094.660	1.052.740	1.044.709	973.370	920.408	963.518	1.172.558	1.425.485	1.451.886	1.247.892	984.104
SICAK .MADEN TOPL.	2.022.158	1.850.456	1.721.082	1.670.406	1.816.995	1.933.834	2.277.345	2.482.306	2.340.998	2.386.533	2.193.532
İNGOT DÖKÜM(AD)	9.029	7.220	5.988	3.881	1.051	740					
SLAB DÖKÜM (AD)	13.737	14.474	14.368	15.311	19.007	18.703	21.723	24.001	22.575	23.365	21.405
İNGOT DÖKÜM	768.752	610.186	498.841	320.477	84.701	63.458					
SLAB DÖKÜM	1.172.014	1.251.065	1.215.402	1.335.984	1.794.262	1.978.084	2.458.350	2.710.565	2.544.783	2.610.734	2.388.012
SIVI ÇELİK	2.031.398	1.945.913	1.809.795	1.761.688	1.972.404	2.133.856	2.561.170	2.804.309	2.637.012	2.695.185	2.478.694
I.ŞERİT HADDE	303.823	216.261	93.026	285.139	304.347	474.818	550.255	555.181	511.091	507.403	517.848
II.ŞERİT HADDE	1.749.559	1.702.717	1.862.519	1.780.729	1.826.795	1.192.994	2.217.367	2.462.475	2.357.824	2.503.573	2.695.304
RULO TOPLAMI	2.053.382	1.918.978	1.955.545	2.065.868	2.131.142	1.667.812	2.767.622	3.017.656	2.868.915	3.010.978	3.213.152
LEVHA HADDE	105.355	99.943	89.373	80.432	115.263	77.261	67.452	88.249	82.700	41.360	55.382
RULO+LEVHA TOPL.	2.158.737	2.018.921	2.044.918	2.146.300	2.246.405	1.745.073	2.835.074	3.105.905	2.951.615	3.052.336	3.268.534
ASİTLEME	758.126	709.519	739.459	697.313	751.194	529.142	752.662	603.035	659.756	546.334	598.170
TANDEM	647.866	583.892	602.215	552.460	627.445	448.130	560.905	397.777	434.253	370.410	352.531
TEMİZLEME	144.743	140.608	143.089	122.884	134.967	88.850	138.367	139.574	141.109	165.558	270.830
TAVLAMA	635.425	578.973	594.375	546.025	617.756	451.268	551.541	410.657	438.154	413.945	363.542
TEMPER	630.524	567.094	579.359	528.897	584.207	431.238	528.877	400.639	423.853	410.987	378.611
SÜR. DKP. TANDEM							209.346	594.068	593.690	719.385	910.506
SÜR. TAV. TEMPER							189.674	552.218	510.626	571.152	619.296
TENEKE HATTI	103.614	93.197	107.013	91.937	108.497	81.063	108.668	85.919	79.677	77.795	137.460
CR PAKETLEME	311.611	285.866	285.111	260.427	362.568	250.838	286.845	196.380	221.158	226.409	142.442
SOĞUK MAKASLAR	210.222	183.885	182.026	172.765	107.407	95.955	135.801	138.594	148.579	134.067	136.895
SOĞUK DİLME										8.204	18.402
CCR-CCRF							178.072	548.486	529.004	562.807	764.750
SOĞUK TOPLAM	625.447	562.948	574.150	525.129	578.472	427.856	709.386	969.379	978.418	1.009.282	1.199.949
YERLİ MAMUL	1.618.378	1.599.479	1.379.840	1.538.122	1.733.747	1.508.003	2.445.660	2.495.049	2.226.395	2.289.441	2.164.677
ÜRETİM TOPLAMI	2.008.014	1.904.160	1.911.098	2.025.452	2.115.393	1.632.615	2.621.160	2.924.962	2.734.122	2.862.253	3.129.956
SEVKİYAT	1.952.574	1.905.419	1.942.270	2.001.062	2.144.731	1.711.087	2.516.689	2.895.980	2.682.454	2.902.258	2.958.785

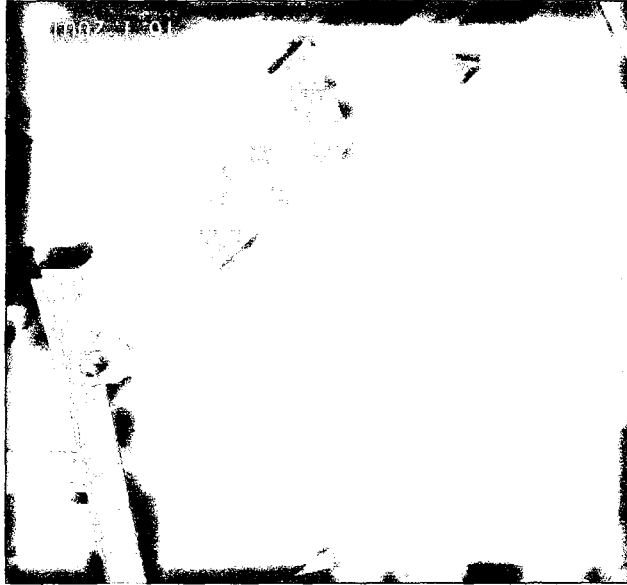
EK D: AŞINAN ELEMANLARIN VE SİSTEMLERİN FOTOĞRAFLARI



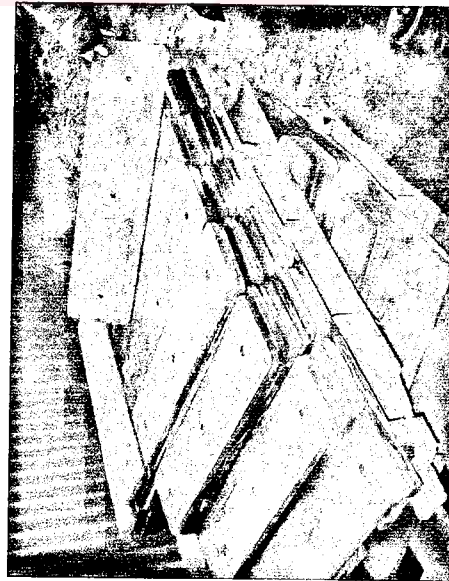
Şekil D.2. Söndürme Vagonu Aşınma Plakası



Şekil D.1. Söndürme Vagonu Genel Görünüşü



Şekil D.3. Konveyör Sistemi Genel Görünüşü



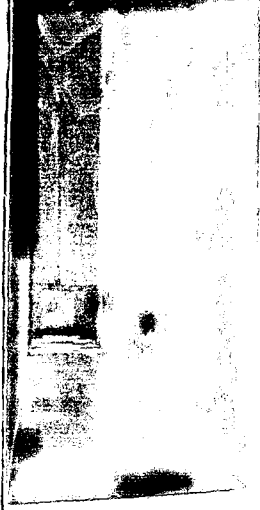
Şekil D.4. Konveyör Sisteminde Kullanılan Aşınma Plakaları



Şekil D.5. Konveyöre Besleme Yapan Eleman



a) Kalıp içi aşınmış



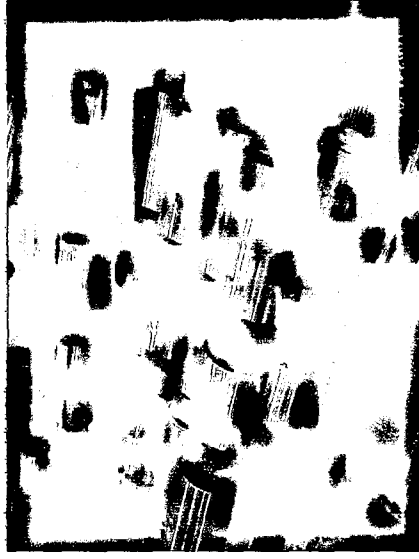
16.1.2001

b) Kalıp içi aşınmış



c) Kalıp sistemi

Şekil D.6. Sürekli Döküm Kalıpları



Şekil D.7. Sürekli Döküm Sisteminde Kullanılan Roller.



Şekil D.8. Sıcak Haddehanelerde Kullanılan Bobin Sarma Sistemindeki Pinc-Roller