

33578

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OSTENİTİK MANGANLI ÇELİĞİN AŞINMA
DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI**

Hüseyin TURHAN

**YEKSEK LİSANS TEZİ
METALURJİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DENEYİMANTASYON MERKEZİ**

ELAZIĞ

1994

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OSTENİTİK MANGANLI ÇELİĞİN AŞINMA
DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI

Hüseyin TURHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
METALURJİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu Tez, Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Başarılı / Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)

(İmza)

(İmza)

Danışman

Prof.Dr.M.Mustafa YILDIRIM

29.7.1999
Yrd. Doç. Dr. Halis ÇELİK
Makine Eğitimi Bölümü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

OSTENİTİK MANGANLI ÇELİĞİN AŞINMA DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI

Hüseyin TURHAN

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Metaller Eğitimi Anabilim Dalı

1994, Sayfa: 47

Aşınma; endüstride kullanılan makina ve teçhizatlarda sık sık karşılaşılan önemli bir problemdir. Bu bakımdan firmalar ve benzeri işyerleri kullandıkları cihaz ya da makinaların maliyetinin ucuz olması kadar, kullanma ömrünün de uzun olmasını tercih etmektedirler.

Amacı aynı olan bu çalışmada ostenitik sert mangan çeliklerinin (%12-14; Mn. % 16-18 Mn.) darbeye tabi tutularak sertlik ve oluşan martensit tabakanın aşınmaya karşı dirençleri incelenerek literatürlerle

karşılaştırılmıştır. Bu vesileyle birinci bölümde aşınma ile ilgili genel bilgiler ve aşınma çeşitleri hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonraki bölümde aşınmaya dayanıklı malzemeler ve ostenitik sert mangan çeliği hakkında açıklamalar yapılmıştır.

DeneySEL çalışmalar bölümünde önce deney düzeneğinin özelliklerine yer verilmiş, sonra % 14,5 Mn.lı ve % 16,5 Mn.lı ostenitik çelik numuneler 1030°C de ve 1010 °de homojenleştirilerek bir kısmı farklı miktarlardan sabit yük, sabit zaman ve sabit mesafe altında aşınmaya maruz bırakılmıştır. Daha sonra elde edilen sonuçlardan grafikler çıkartılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

SUMMARY

MSc Thesis

**THE EXAMINATION OF THE WEAR BEHAVIOURS OF THE
AUSTENITIC MANGENESE STEELS**

Hüseyin TURHAN

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Metal Education

1994, Page; 47

Wear is an important problem occurring in the machines and tools used in industry. So it is expected a machine or a tool to have a long life beside its low cost.

In this study the wear resistance behaviours of the austenitic manganese steels in various compositions (Mn 12-14 %, Mn 16-18 %) were investigated experimentaly by applying impact laads in various numbers

with respect to the hardness and the martensite layer forming because of the loads applied. With this aim in the first chapter the general information about wearing were given.

In the second chapter the wear resistance materials and austenitic manganese steel were presented in the next chapter, the information about test equipment were given, then the results from the tests applied on both the manganese steel with Mn 14,5 % and the one with Mn 16 % heat treated at 1030 °C and 1010 °C and subjected to the impact loads and then imposed to the abrasive wearing in various time and distances were evaluated by comparing with the data from literature.

TEŐEKKÖR

Bu alıőmanın yűrűtűlmesinde benden yardım ve desteklerini esirgemeyen danıőmanım Teknik Eđitim Fakűltesi űđretim űyesi hocam sayın Prof.Dr. M.Mustafa YILDIRIM ve Műhendislik Fakűltesi űđretim űyesi sayın Yrd.Do.Dr. Mustafa AKSOY hocama sonsuz teőekkűrlerimi sunmayı bir bor bilirim. Saygılarımla.

Őđr.Gűr. Hűseyin TURHAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iii
SUMMARY.....	v
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
BÖLÜM: I	
GİRİŞ	1
BÖLÜM: II	
AŞINMA İLE İLGİLİ BİLGİLER	3
2.1. Aşınma Tipleri-Aşınmaya Etki Eden Büyüklükler	3
2.2. Aşınmaya Etki Eden Faktörler	6
2.3. Aşınma Mekanizmaları	7
BÖLÜM: III	
AŞINMAYA DİRENÇLİ MALZEMELER	12
3.1. Giriş	12
3.2. Aşınma Dirençli Martensitik, Perlitik ve Ostenitik Çelikler	13
BÖLÜM: IV	
OSTENİTİK MANGANLI ÇELİKLERİN TANITILMASI	14
4.1. Giriş	14
4.2. Ostenitik Mn. 'lı Çeliklerin Tipleri	15
4.3. Ost. Mn. 'lı Çeliklerin Isıl İşlemi	16
4.4. Alaşım Elementlerinin Etkileri	18

4.4.1. Karbon	16
4.4.2. Manganez	20
4.4.3. Krom-Nikel-Molibden	21
4.4.4. Silisyum	22
4.4.5. Fosfor	23
4.4.6. Bar-Vanadyum	24
4.5. Isıl İşlem Etkisi	25
4.6. Aşınmaya Karşı Direnç	27
4.7. Kullanılma Alanları	28
BÖLÜM: V	
DENEY ÇALIŞMALARI	30
5.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması	30
5.2. Darbe Tesisi	32
5.3. Numunelere Uygulanan Kuvvetlerin Hesaplanması	33
5.4. Deneylerin Yapılışı	34
BÖLÜM: VI	
DENEY SONUÇLARI ve İRDELENMESİ	35
6.1. Darbe Sayısı, Sertlik; Sertlik, Tabaka Derinliği	35
6.2. Darbe Sayısı, Aşınma Miktarı İlişkisi	39
6.3. Genel Değerlendirme	43
KAYNAKLAR	45

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1. Sürtünen iki cismin temas alanları ve aşınma temel unsurları	4
Şekil 2. 2. Taşlama için kullanılan malzemelerin hız çeliklerinin taşlanmasıdaki aşınması	5
Şekil 2. 3. Malzemenin sertlik ve ergime sıcaklıkları	6
Şekil 2. 4. Darbe etkisiyle abrasiv aşınma	9
Şekil 2. 5. Muhtelif malzemelerde aşınma katsayısının tipik değerleri	10
Şekil 4. 1. Su verme sıcaklığına bağlı olarak sertlik ilişkisi	17
Şekil 4. 2. Karbon ve manganezin Ms sıcaklığına müşterek etkisi	19
Şekil 4. 3. % 13 Mn.'lı çelikte karbonun ostenitte çözünürlüğü	19
Şekil 4. 4. Ostenitik manganez çelik dökümlerinin gerilme özelliği üzerinde manganez içeriğinin etkisi	21
Şekil 5. 1. Deney numunelerinin şekil ve boyutları	30
Şekil 5. 2. Darbe aparatı	31
Şekil 5. 3. Aşındırma aparatı kuvvet hesaplama şekli	33
Şekil 5. 4. Aşındırma aparatı	34
Şekil 6. 1. Darbe sayısı (enerjisiyle) ile tabaka kalınlığının değişimi	35

Şekil 6. 2.	Darbe sayısı (enerjisiyle) ile tabaka kalınlığının değişimi	36
Şekil 6. 3.	Darbe sayısı (enerjisiyle) ile sertliğin değişimi	37
Şekil 6. 4.	Darbe sayısı (enerjisiyle) ile sertliğin değişimi	37
Şekil 6. 5.	Mn= % 16,5 çelikte sertliğin martenzit tabakası kalınlığıyla değişimi	38
Şekil 6. 6.	Mn= % 14,5 çelikte sertliğin martenzit tabakası kalınlığıyla değişimi	39
Şekil 6. 7.	Mn= % 16,5 çelikte darbe sayısı ile aşınma miktarı ilişkisi	40
Şekil 6. 8.	Mn= % 14,5 çelikte darbe sayısı ile aşınma miktarı ilişkisi	41
Şekil 6. 9.	Mn= % 14,5 çelikte darbe sayısı ile aşınma miktarı ilişkisi	41
Şekil 6. 10.	Mn= % 14,5 çelikte darbe sayısı ile aşınma miktarı ilişkisi	42
Şekil 6. 11.	Mn= % 16,5 çelikte darbe sayısı ile aşınma miktarı ilişkisi	42
Şekil 6. 12.	Mn= % 14,5 çelikte darbe sayısı ile aşınma miktarı ilişkisi	43

TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Aşınma şekilleri ve mekanizmaları	11
Tablo 4.1. Ost.Mn. çeliğinin ısı işlem uygulandıktan sonraki mekanik özellikleri	20
Tablo 5.1. Deney numunelerinin analizi	30
Tablo 5.2. Numune kodları ve işlemleri	30

BÖLÜM: I

GİRİŞ

Aşınmaya maruz kalan makina parçalarının ömürlerinin kısa olması, yani çabuk aşınması, üretilen mamülün maliyetini artırdığı gibi, bundan onarım için geçen süre ve harcanan para da üretimi önemli ölçüde etkilemektedir. Bu soruna çözüm getirebilmek için aşınmaya maruz kalan makina parçalarının aşınma dirençli malzemelerden, doğru tesbiti yapılarak seçilmesi gerekir.

Endüstride kullanım alanlarına göre, aşınma dayanımları için tercih edilen malzemeler genellikle; martensitik çelikler, perlitik çelikler, ostenitik çelikler, küresel grafitli dökme demirler, kobalt, krom, molibden tungsten alaşımları ve kaplamalarıdır.

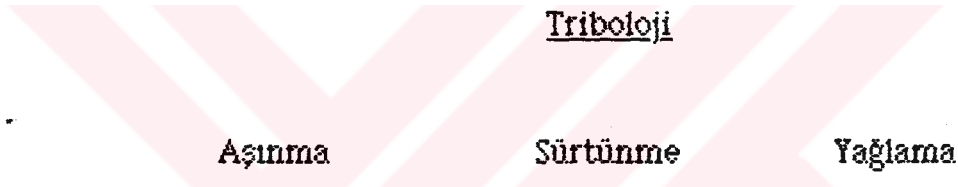
Bütün bu malzemeler, yüksek oranda aşınmanın söz konusu olduğu madencilik endüstrisinde, petrol sondaj teçhizatlarında hadde merdanelerinde, hafriyat makinalarında v.b. yerlerde kullanılmaktadır.

Aşınmaya dayanıklı malzemeler üretebilmek için dikkat edilecek önemli husus, malzemenin çalışma şartlarını ve aşınmasına etki eden faktörleri hassas bir şekilde incelemek ve değerlendirebilmektir. Çünkü her çeşit aşınma şartlarına karşı dirençli tek tip bir malzeme üretmek oldukça zordur. Örneğin; abrasiv aşınmanın hakim olduğu koşullarla, darbeli aşınmanın hakim olduğu koşullarda kullanılacak malzeme özellikleri farklılıklar gösterir. Aşınma direncini etkileyen en önemli faktör sertliktir.

Malzemenin sertliği arttıkça aşınma miktarı da düşmektedir. Sertliğin etki edebilecek derecede artırılabilmesi ise, karbon içeriğini arttırmak ve diğer alaşım elementlerinin ilave edilmesiyle gerçekleştirilebilir. Sertlikleri aynı olan farklı malzemelerin mikroyapıları farklı olduğundan, aşınma miktarları da farklıdır. Dolayısıyla ikinci önemli faktör de malzemenin mikroyapısıdır.

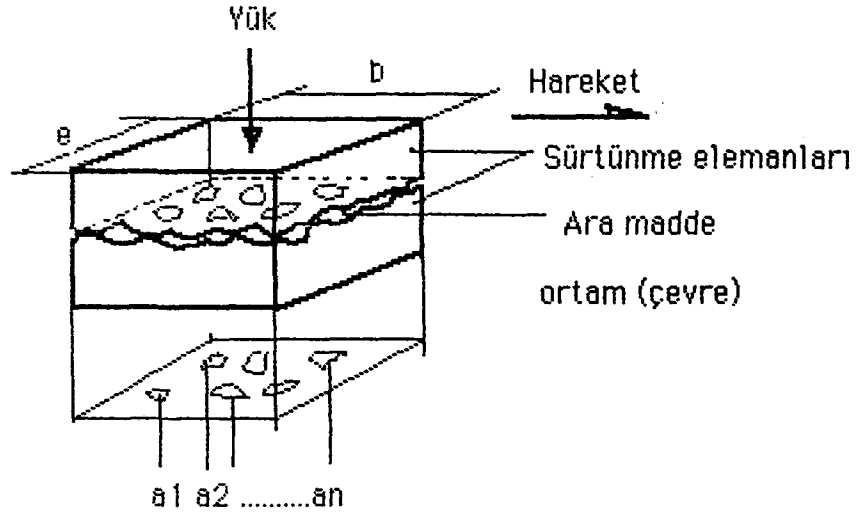
Abrasiv aşınma şartları söz konusu olduğunda, malzemenin sertliğindeki artış aşınmayı azaltacaktır. Ancak darbeli aşınma koşulları söz konusuysa, malzemenin sertleştirilip yapının gerilimlerinin giderilmesi gerekir. Bu ise ısıtılma tabii tutularak (temperleme) sertliğinden bir miktar azaltılıp, buna mukabil malzemeye darbe tokluğu kazandırılarak, malzemenin kırılıp parçalanmak suretiyle aşınması önlenir.

Sonuç olarak, aşınmayı en iyi önleme yönteminin, servis şartlarıyla uygunluk gösteren malzeme, sertlik ve mikroyapı bakımından optimumunu temin etmek olduğuna belirtilebilir. Bu ise çoğunlukla farklı sertlik ve mikroyapıdaki çeşitli tip malzemelerin gerçek çalışma ortamlarına en uygun şartlarda deneyler yapılarak elde edilebilir.

BÖLÜM: II**AŞINMA İLE İLGİLİ BİLGİLER****2.1. Aşınma Tipleri-Aşınmaya Etki Eden Büyüklükler**

Aşınma, tribolojinin ana bölümlerindendir. Triboloji aşağıdaki gibi ilk defa İngilizce'de şöyle tarif edilerek, hızlı bir şekilde dünyada kabul görmüştür. "Birbiriyle izafi hareket halinde etkileşen yüzeylerin ve bununla ilgili uygulamaların bilim ve teknolojisidir". Aşınma ve sürtünme yağlama sayesinde azaltılabilir. Aşınma genel olarak malzeme yüzeylerinin genel olarak daha ziyade mekanik zorlamalar nedeniyle, bazı hallerde kimyasal etkenlerle küçük parçacıkların ayrılması sonucu değişmesi şeklinde tanımlanabilir (Heinz Habig, 1980). Aşınma genellikle; yataklarda, frenlerde, pistonlarda, süpaplarda, tekerleklerde, kesici uç ve ağızlarda, dişlilerde, kırma ve öğütme değirmenlerinde, yol toprak ve ziraat makinelerinde, türbin kanatlarında, maden cevherleri üretim cihazlarında vb. yerlerde vukubulmaktadır.

Bir tribolojik sistemin elemanları

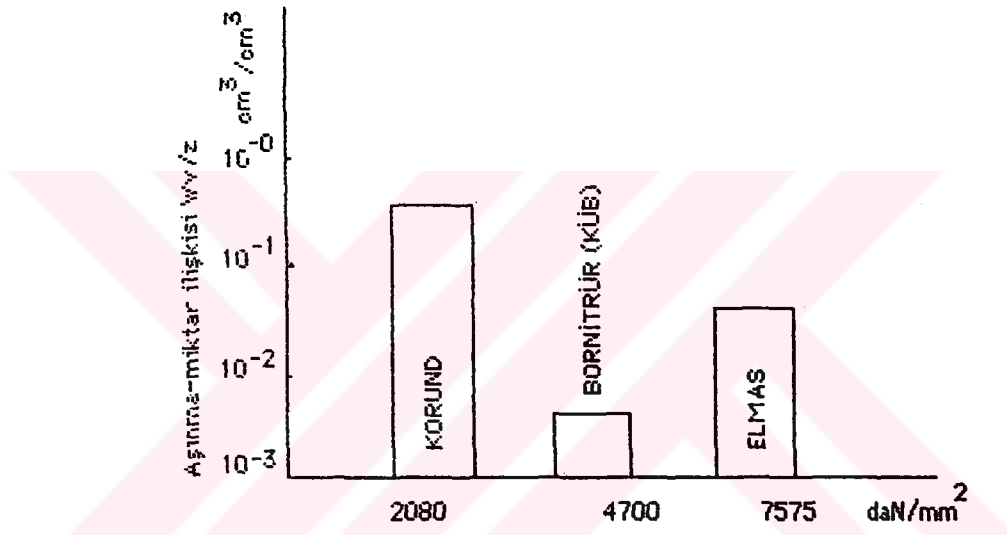


Şekil 2.1. Sürtünen iki cismin temas alanları ve aşınma temel unsurları.

Bir malzemenin yüksek aşınma dayanıklılığına dair vasfı sorulduğunda genellikle ilk akla gelen yüksek sertlik olur. Gerçekten de aşınma zorlanmalı elemanlar, parçalar ve takım aletleri çoğunlukla sert malzemedен imal edilirler. Hatta taşlama aleti için, en sert madde elmas ya da elmas sertliğine yakın malzemeler kullanılır. Sadece ekonomiktikten değil, özellikle teknik nedenlerden dolayı da, makina parçalarının büyük bir çoğunluğu biraz daha yumuşak malzemelerden imal edilebilirler. Sertliğinden dolayı, aşınma açısından, elmas diğer malzemelerden üstün değildir.

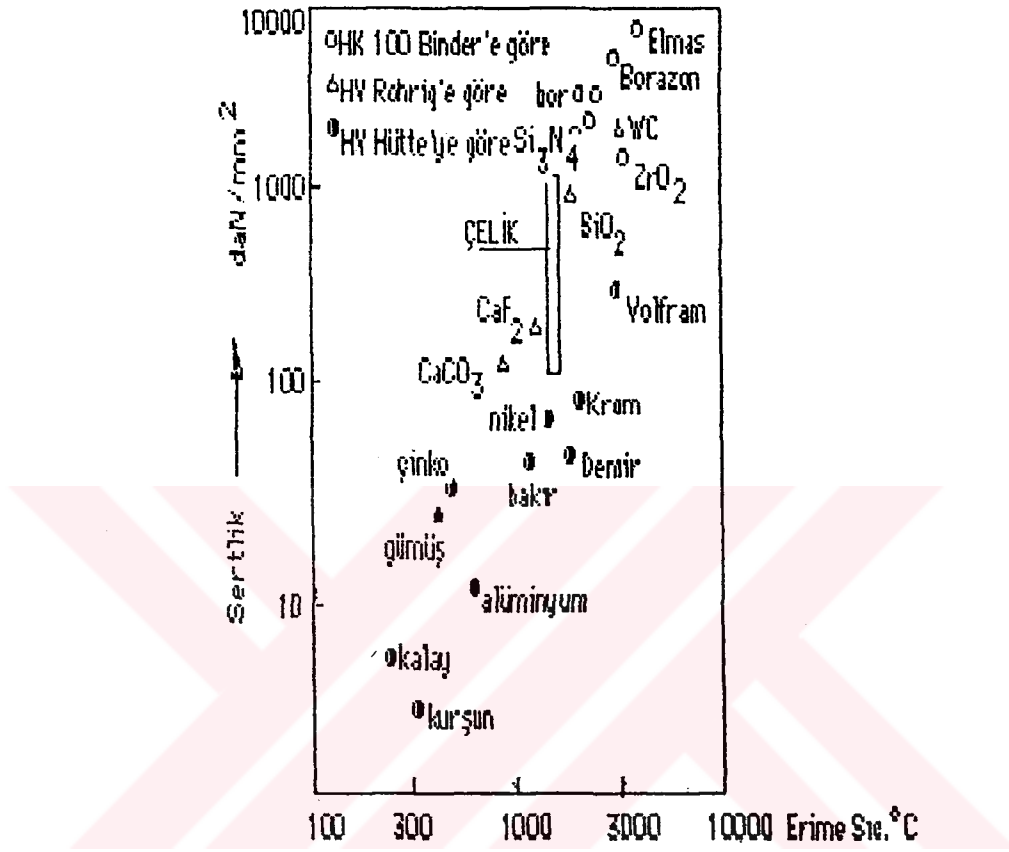
Örneğin korund düşük sertliğiyle elmas ve bornitrure kıyasla daha fazla aşınma gösteriyor. Ama sertlikte ondan sonra gelen kübik bornitrit belirgin bir şekilde elmastan daha az bir aşınma gösterir (Heinz Habig, 1980). Çeliklerde karbonun varlığı malumdur. Karbonlama yoluyla bu karbon konsantrasyonu yükseltilebilir. Taşlama esnasında bölgesel olarak o derece yüksek bir sıcaklığa ulaşır ki, elmasın karbonu, aynen karbonlamada olduğu gibi, çeliğin yüzey bölgesine geçişir. Bu nedenle elmas farkedilir şekilde

kütle kaybına uğrar ve aşınır. Bu şekildeki difüzyon süreciyle kübik bornitrür aşındırılmaz. Takım aletiyle işlenen iş parçasının atomlarının geçişi, aşınma çiftleri arasında, maddesel karşılıklı etkileşim olarak görülmektedir.



Sekil 2.2 Taşlama için kullanılan malzemelerin hız çeliklerinin taşlanmasıdaki aşınması (Habig, 1980).

Malzemelerin yüzey kısımları, aşınmadan dolayı hasar gördüğü için, sertlik; aşınmada mekanik-teknolojik tanım değeri olarak verilir. Basit bir düşünceden gidilerek aşınma parçacıklarının ayrılması atom bağlarının parçalanmasını gerektirdiğinden, sertlik önemli bir büyüklük olarak görülür. Çünkü malzemelerin büyük bir çoğunluğu birbirine bağ enerjisi ile bağlıdır.



Şekil 2.3. Malzemenin sertlik ve ergime sıcaklıkları (Habig,1980).

2.2. Aşınmaya Etki Eden Faktörler

A- Metalurjik Değişkenler:

- Sertlik,
- Tokluk,
- Mukavemet,
- Mikro yapı,
- Kimyasal bileşim.

B- Çalışmayla İlgili Değişkenler:

- a. Temas eden malzeme,
- b. Basınç ya da kuvvet,
- c. Hız,
- d. Sıcaklık,
- e. Yüzey düzgünlüğü.

C- Diğer Faktörler:

- a. Yağlama,
- b. Korozif etki.

Aşınma olayı esnasında, meydana gelen mekanik enerji ve bunun ısı enerjisine dönüşmesiyle malzemenin aşınma yüzeyinde, daha çok kimyasal ikincil reaksiyonlar meydana gelerek sınır tabakası çözünür. Aşınma nedeniyle ortaya çıkan hasar, daha çok parçanın şeklinin veya ölçülerinin değişmesi, ısınmadan mütevellit yüzeyinde yapı değişmesinin oluşması şeklindedir.

2.3. Aşınma Mekanizmaları**Hasarın Oluş Mekanizmalarına****Göre Sınıflandırılması:**

- a. Adhesiv Aşınma,
- b. Abrasiv Aşınma,
- c. Tabaka Aşınması,
- d. Titreşim (yorulma) Aşınması,
- e. Ablatif Aşınma.

Hasarın Fiziksel Görünüşüne**Göre Sınıflandırılması :**

1. Kayma Aşınması,
 - a. Taneli mineraller tarafından meydana getirilenler,
 - b. Metal-metal aşınması.
2. Püskürtme Aşınması,
3. Erozyon Aşınması,
4. Korozif Aşınma,
5. Yuvarlanma Aşınması.

Ayrıca aşınma, aldığı özel adlarla da sınıflandırılabilir:

1. Yorulma Aşınması,
2. Erozif (Erozyon) Aşınması,
3. Koritasyon Aşınması,
4. Ögütme Aşınması,
5. Darbe Aşınması,
6. Darbe Ögütme Aşınması.

a. Adhesiv Aşınma: Asıl ve karşı malzeme arasında atomar bağların oluşumu ve ayrılması (mikrokaynama) özellikle birbiriyle kayma sürütmesi yapan, metal-metal aşınma çiftinden meydana gelen kaynama olayının bir sonucudur. Bu tip aşınma genellikle iki adımda olur. Birincisinde partikül yerinde deformasyona uğrar, ikinci adımda yerinden kopar ve malzeme yüzeyinden ayrılır.

b. Abrasiv Aşınma: Karşı parçanın pürüzlü yüzey çıkıntısı veya aramaddenin partikülü vasıtasıyla asıl elemanda mikrobeyutlarda parçalanmalar ve çizilme görülmesidir.

Sert partiküller basınç altında yüzeyde kayar veya yuvarlanırken önce metal yüzeyine girerler ve sonra metalik partikülleri yerinden koparırlar. Abrasiv aşınma sertlik ve süratten kaynaklanan gerilim sonucu oluşur. Metal olmayan malzemelerin neden olduğu aşınma, genellikle çizilme şeklindedir.



Şekil 2.4. Darbe etkisiyle abrasiv aşınma.

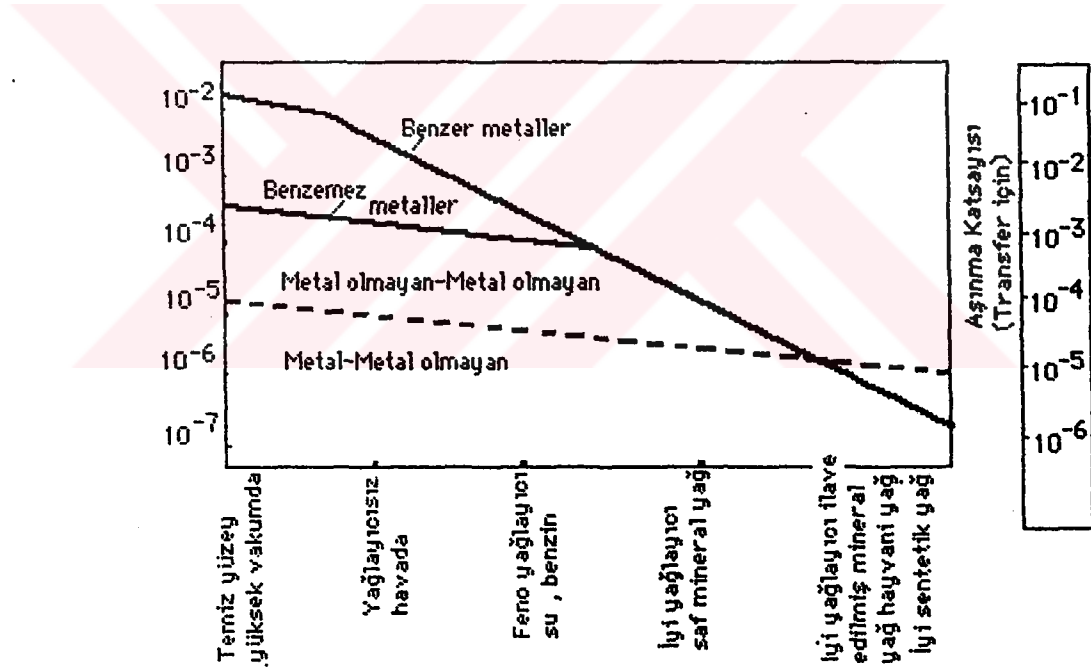
c. Tabaka Aşınması: Değişken mekanik gerilmelerin sonucu olarak ortaya çıkan yüzey aşınmasıdır. Bu aşınma genellikle çiziklerin meydana gelmesi ve büyümeleri şeklinde kendini gösterir, akabinde partiküllerin zorlanan yüzeyden ayrılmasına sebep olarak yerlerinde çukur ve delikler bırakır. Bu aşınma abrasiv aşınma gibi bütün malzemelerin yüzeyinde meydana gelir.

d. Yorulma Aşınması: Titreşim zorlamalarında yorulma kırılması hasarı olarak ortaya çıkar. Bu aşınmada, iç yapı tahribatı, çatlamlar, lokal ayrılmalar meydana gelir. Genellikle periyodik zorlanmalar dolayısıyla, yüzeylerden veya yüzeye yakın yerlerde iç yapının parçalanarak yırtılmalar meydana getirmesi sebebiyle yüzeyden kısmi çözülmelerin olmasıyla vukubulur.

e. Ablativ Aşınma: Bu aşınma sürtünme ısısının neticesinde yüzey bölgelerinde sıcaklığın yükselmesi halinde kendini gösterir. Bu ise atomlar veya moleküllerin çözülmesi şeklinde ortaya çıkar. Uçan bir tür parçanın

dünya atmosferine girişinde sürtünme ısısından dolayı çok yüksek sıcaklığa erişmesinden meydana gelen endoterm bir reaksiyondur. Bu sahada araştırmalar devam etmektedir.

Sürtünen malzemelerin özelliklerinin yanısıra, sürtünme koşulları, sınır yüzeyinin şekli, sıcaklık vb. birçok etken aşınmayı etkiler. Bununla beraber malzemelerde sertlik, tokluk, korozyona dayanıklılık ve yüksek ergime sıcaklığı çoğunlukla aşınma dayanımını artıran özellikler olarak bilinmektedir.



Şekil 2.5. Muhtelif malzemelerde aşınma katsayısının tipik değerleri (Durmuş, 1974).

Tablo 2.1. Aşınma şekilleri ve mekanizmaları

İzafi Hareketin Adı	Şekli	Tribolojik Sistem Sürtünme Etkinlikleri	Aramadde	Aşınma Mekanizmaları						Yüzeyin Gözlemlenmesi
				Adhezyon	Abrasyon	Yüzey Yorulması	Tribolojik Oksidasyon	Abilativ	Yüzeyde Dalgalılık	
Kayma				++	++	+	++	+	Plastik Deformasyon ve Yeme	
Taneli Kayma				+	+++	++	+	+	Yarık Oyuk Çizgi	
Yuvarlanma				+	L	+	L	L	Soyulma	
Kaymalı Yuvarlanma				++	++	++	++	+	Plastik Deformasyon ve Yeme	
Çarpma				L	L	++	++	L	Plastik Deformasyon ve Kırılma	
Yüzeyin Salınım										
Hidro Aşınma										

İzafi Hareketlerin ve Aşınma Mekanizmalarının Kombinasyon Etkileri

Y A A Ö L A M A S I Z

Katkı/Sıvı

Pargacıklı veya Pargaciksiz

BÖLÜM: III**AŞINMAYA DİRENÇLİ MALZEMELER****3.1. Giriş**

Aşınmaya dayanıklı malzeme seçilerek aşınma sorunu çözümlenir. Genelde aşınmaya dayanıklı malzemeler; demir dışı malzemeler, demir ve çelik malzemeler sert kaplama alaşımları ve kobalt-krom-molibden-tungsten alaşımlardır. Aşınmaya dayanıklı demir ve çelik malzemeler içerisinde endüstride en çok kullanılanları;

1. Çelik malzemeler:

- a. Martensitik çelikler,
- b. Perlitik çelikler,
- c. Ostenitik çelikler (Hadfield çeliği)*.

2. Dökme demir malzemeler:

- a. Küresel grafitli dökme demirler,
- b. Beyaz ve kokil dökme demirler.

3.2. Aşınma Dirençli Martensitik, Perlitik ve Ostenitik Çelikler

Çeliklerin dayanaklılığı, ekonomikliğı ve özelliklede ısıı işlem durumu aşınma dirençli çeliklerin seçiminde göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çelikler genel durumlarıyla;

- a. Isıl işlem yapılmış, düşük karbon çelikleri (C20 çeliğı gibi),
- b. " " " , yüksek karbon çelikleri (C95 çeliğı gibi),
- c. Sertleştirilebilen karbon veya düşük alaşımli çelikler, alev ya da indüksiyonla yüzeyi ya da tamamı sertleştirilen çelikler.
- d. Karbürizasyon ya da karbonitrürasyon vasıtasıyla sertleştirilmiş düşük alaşımli ya da düşük karbonlu çelikler.
- e. Nitrürasyonla sertleştirilen orta karbonlu, krom veya krom alüminyum içeren çelikler.
- f. Direkt olarak sertleştirilen yüksek alaşımli çelikler.

BÖLÜM: IV**OSTENİTİK MANGANLI ÇELİKLERİN TANITILMASI****4.1. Giriş**

Ostenit: Demirin γ katı eriyiğidir. Osteniti oluşturan elementler; Ni dışında, Mn, C, Co, Cu ve N yüksek oranda (%10-14) manganez içeren ve döküldüğü zaman uygun soğuma şartlarında yapısı tamamiyle ostenitik kalabilen çeliğe, kasıfi Sir Robert Hadfield adına izafeten ostenitik manganez (hadfield) çeliği denmektedir. Bu çeliklerin en önemli özelliği mekanik tesirlerle yapısının ϵ -martensite dönüşebilecek şekilde bir sertleşme kabiliyetinin olmasıdır. Standart ostenitik manganez çelikleri normal olarak, %1.0 - 1.4 karbon, %10-14 Mn, max %0.1 fosfor, max %0.05 kükürt ve % 0.3-1.0 silisyum içerirler. Ayrıca %16-18 Mn'lı olanları da vardır. Su verilmiş halde tamamen ostenitik yapı gösteren, kimyasal bileşimi % 1,25 C, % 13 Mn. ve %0,5 Cr. olan Hadfield çeliğinin sertliği 220 HB dir. Ostenitik halde iken soğuk işlem uygulandığında ostenit martensite dönüşür ve sertlik 600 HB değerine çıkar. Schumann'a göre bu çelikte dönüşüm aşağıdaki sırayı takip eder.

Ostenit \rightarrow dislokasyonlar \rightarrow istif hataları $\rightarrow \epsilon$ -Martenzit $\rightarrow \alpha$ -Martensit.

%12-14 Mn ve %1.2-1.4 C içeren Hadfield çelikleri, su verme tavlama işlemi sonrası tamamen ostenitiktirler. Tamamiyle ostenitik bir yapı elde

edilmesi için, yeterli miktarda, manganez, nikel, krom, molibden içeriğinin yanısıra yüksek ostenitleme sıcaklığına ve tutulabilecek maksimum miktardaki karbonun eriyik içinde tutulması gerekir. Bu çeliklerin yüzeylerine soğuk işlem uygulamakla ostenitin martensite dönüşümü sağlanır ve bunun sonucu yüzey sertliğinde büyük bir artış meydana gelir. Schumann'a göre soğuk işlem, ϵ -Martensit (Heksegonal sıkı paket kristal yapılı) için çekirdek yerleri olan istif hatalarını meydana getiren dislokasyonların artışı sağlar. ϵ -martensit daha sonra α -martensite dönüşür. Manganeli çeliklerin sertliklerinin soğuk işlemle kasıtlı olarak artırılması için çelik üzerinde bir patlayıcının patlaması gerekir. Örneğin çelik bilyalarla yapılan kumlamayla yüzey sertliğinde büyük bir artış sağlanabilir. Bu durum da martensit oluşumunda hacim artışına neden olur.

4.2. Ostenitik Mn.'li Çeliklerin Tipleri

Ostenitik manganeli çeliklerin kararlı ve kararsız ostenite sahip olan tipleri vardır. Osteniti (stabil) kararlı yapan bir elementin ilavesi, kararsız osteniti, kararlı ostenit haline getirir. Yapılan deneyler, metastabil tipindeki az alaşımlı ostenitin çalışma sırasında kırılmaya ve parçalanmaya meyilli olduğunu ortaya çıkarmıştır (Norman, 1958). Sadece yüksek krom ve karbon içeren metastabil tipli ostenitler parçalanmadan çalışabilmektedirler. Bu konuda ümit veren bileşim dizileri, düşük alaşımlı ostenitik bileşimler metastabil bileşimler ve yüksek ölçüde stabilize edilmiş % 12-14 manganezli (Hadfield ostenitik manganez çeliği) çelik tiplerinin oluşturduğu çeliklerdir. Ostenitik çelik tiplerinde manganez-karbon dengesinin hassaslığının büyük önemi vardır.

4.3. Ost. Mn.'lı Çeliklerin Isıl İşlemi

Su verme tavlama: Yalnız ostenitik çelikler için uygulanan bu yöntem, gerçekte bir homojenleştirme tavlamasını veya bazı hallerde yeniden kristalleşme tavlamasını içerir. Ostenitik çeliklerde yavaş soğuma veya ısıtma karbürlerin çökmesine neden olur. Karbür çökme bölgeleri genel olarak tane sınırlarıdır. 18/8 türü ostenitik paslanmaz çeliklerde böyle bir çökme olayı, tane sınırlarında krom azalmasını ifade eder. Bu ise tane sınırlarının korozyona karşı direncini düşürür ve böylece taneler arası korozyonun başlaması kolay olur.

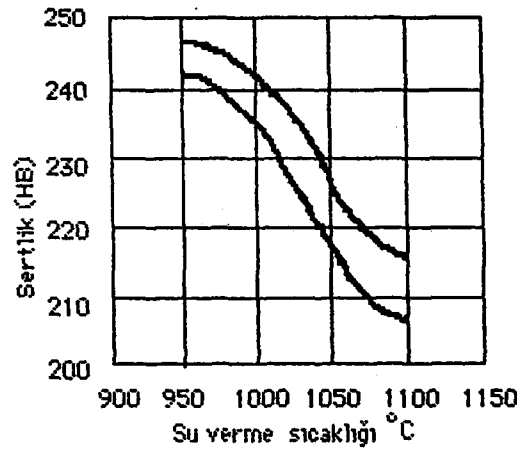
Karbür çökmesi, çeliğin 500-800 °C sıcaklıkları arasında ısıtılmasıyla da oluşabilir. Genellikle döküm parçalar olarak kullanılan ostenitik manganezli çeliklerin döküm sıcaklığından kalıp içinde soğumaları sırasında, çok aşırı karbür çökmesi olayı meydana gelir. Aşırı karbürü yapı düşük darbe mukavemeti özelliği sergiler.

Yukarıda açıklanan karbür çökmesi olayı, karbürlerin katı eriyik içerisine alınması ve daha sonra su vermek suretiyle (Örneğin, suda soğutmayla) önlenir. Bu işlem, çeliğin ostenitin homojenleşmesinin sağlandığı sıcaklıkta (1000-1100 °C) ısıtılması, yaklaşık 30 dakika süreyle bekletilip bunu takiben de çok hızlı soğutulması (su verilmesi) kademelerinden oluşur. Küçük parçalar için havada soğutma çeliğe arzulanan yapıyı vermeye yeterli olur. Bu çeliğin su verme sıcaklığına bağlı olarak şekil değişimi Şekil 4.1'de verilmektedir.

Bu çelikte en etkin ısıl işlem ostenitleme (çözeltiye alma) ve hemen arkasından suda soğutmaktır. Bu da normal çekme özelliklerinin ve

tokluğun sağlanmasını hedefler. Yüksek Mn'lı Hadfield çeliğinde ne soğutma, ne de ısıtma sırasında ostenitik yapının tane küçülmesine neden olacak herhangi bir faza dönüşümü mümkün değildir. Bu nedenle, katı eriyik içine alma işlemi dönüşüm olmadığından bir miktar tane kabalaşmasını ortada bırakmaktadır (Bofors, 1984). Ancak bunun çeliğin tokluğuna herhangi bir kötü etkisi yoktur. Katı eriyik oluşturma işlemi bunun aksine ostenitik Mn'lı çeliklerin tokluğunu büyük ölçüde artırır. Bu gelişme, yavaş soğuma durumunda çok fazla karbür çökmesinin meydana geldiği büyük boyutlu parçalar için çok daha belirgindir. Soğuk işlenmiş ostenitik çeliklere su verme tavlama uygulandığında, yeniden kristalleşme olayı meydana gelir. Yeniden kristalleşme çeliğe en düşük sertliği verir. Eğer bu çelikler kritik şekil değiştirmeye (deformasyona) tabi tutulursa, anormal tane büyümesi meydana gelir (Bofors, 1984).

Ostenitik çelikler ısıtma esnasında doku dönüşümüne uğramazlar ve bu nedenle hızlı soğutma ile sertleşmezler.



Şekil 4.1. Su verme sıcaklığına bağlı olarak sertlik ilişkisi (Bofors, 1984).

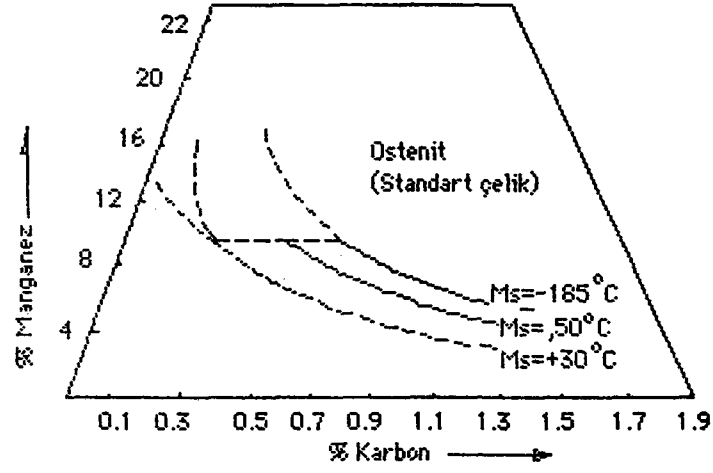
4.4. Alaşım Elementlerinin Etkileri

4.4.1. Karbon

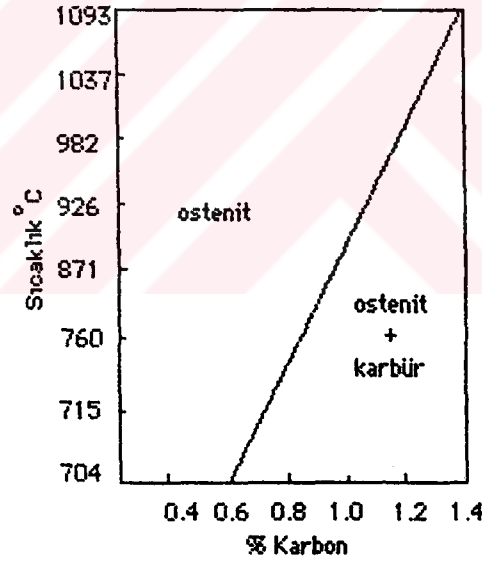
Genellikle bu çeliklerde kullanılan karbon oranı %1.0 -1.4 arasında değişir. Karbon oranı %1.10 ile %1.25 arasındaki çelik türlerinde ısıtım işlem sonucu, iyi aşınma direnci, süneklilik, çatlamaya oldukça az meyilli bir yapı elde edilir. Genel olarak aşınmaya dirençli dökümler için çeliğin sünekliliğine zarar vermeden karbon içeriğinden yüksek seviyede tutmak esastır. %1.10 - 1.25 arasındaki bu oran %1.25 den daha yüksek olursa tane sınırları etrafında $(Fe,Mn)_3 C$ tipi karbür şebekeler veya kristalografik düzlemler boyunca levha tipi karbürler oluşturarak çeliği gevrekleştirir. Bu gevrekleştirmeyi önleyici en büyük etken karbür tipini değiştirmektir.

Yapıdaki ostenit ve karbürlerin yanı sıra çok az da ferrit görülebilir. Soğuma hızının yüksek olduğu durumlarda (kokil döküm) yapı hemen hemen ostenitiktir. Yapının tamamının ostenitik olabilmesi çeliğin Ms sıcaklığıyla ilgilidir. Şekil-4.2'de karbon ve manganezin Ms sıcaklığına müştereken nasıl etki ettikleri görülmektedir.

Bu şartlarda oluşan ve oda sıcaklığında muhafaza edilen ostenit görüldüğü gibi, $-195^{\circ}C$ 'de martenzitik dönüşüme uğrayabilmektedir. Ostenitik manganez çeliklerinde, karbonun ostenit fazı içerisinde çözünürlüğü ostenitleme sıcaklığına bağlı olarak değişir. Şekil 4.2'de %13 Mn'lı bir çelikte, karbon çözünürlüğünün sıcaklıkla değişimi görülmektedir.



Şekil 4.2. Karbon ve manganezin Ms sıcaklığına müşterek etkisi (Dikeç, 1991).



Şekil 4.3. % 13 Mn'li çelikte karbonun ostenitte çözünürlüğü (Dikeç, 1991).

Bu çeliklerde yapılacak olan ostenitleme ısıl işleminin uygun bir şekilde tatbik edilmesiyle, karbürlerden aşınmış nisbeten küçük boyutlu ostenitik bir yapının olması sağlanır. Böylece mekanik özelliklerinin çok üstünde değerlere ulaştığı Tablo 4.1'de görülmektedir.

Tablo 4.1. Ost.Mn. çeliğinin ısıt işlem uygulandıktan sonraki mekanik özellikleri

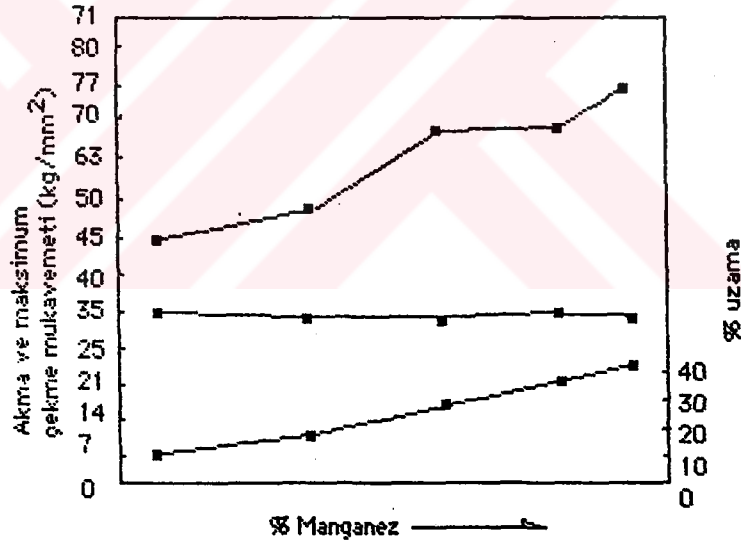
	Dökülmüş	Dökülmüş ve ısıt işlemli	Dökülmüş haddelenmiş ve ısıt işlemli
Kimyasal Bileşim (%)			
C	1.11	1.0-1.4	1.1-1.4
Mn	12.70	10-14	11-14
Si	0.54	0.2-1	0.2-0.6
Akma dayanımı (N/mm ²)	364	350-400	300-470
Çekme dayanımı (N/mm ²)	455	700-1000	900-1100
Uzama (%)	4.0	30-65	40-63
Kesit daralması	-	30-40	35-50
Sertlik (Brinell)	-	185-210	170-200
Darbe mukav. (J/cm ²)	-	122-300	-

Ostenitik manganez çeliklerinin kum ve kokil kalıplara dökülmesi, malzemenin soğuma hızı farkı ve karbür çökmesi nedeniyle mekanik özelliklerinde farklılıklar yapar. Bu malzemelerin sertlik ölçme sonuçları kokil kalıba dökümde 190-240 Brinell HB (hızlı soğuma). Kum kalıba dökümde 280-300 Brinell HB (yavaş soğumadan dolayı)'dır.

4.4.2. Manganez

Tam ostenitik bir yapı oluşturmak için, ostenitlenmiş ve su verilmiş yüksek karbonlu bir çeliğin manganez içeriği belli minimum bir düzeyin

üzerinde olması gerekir. Elde edilen ostenitik yapının yüksek süneklilik ve tokluk özelliklerine sahip olması, % 10'luk fazla bir manganez miktarına bağlıdır. Şekil 4.4'de, bir seri ostenitlenip su verilmiş, % 5.5 den 13'e kadar manganezli, % 1.2 karbon içeren çelikler üzerindeki çalışmalarda elde edilen gerilme özellikleri gösterilmiştir. % 1.14 -1.20 C, % 0.61 - 0.69 Si, % 0.045 - 0.058 P içeren ve 593°C'de perlitize edildikten sonra 982-1037°C den suda verilmiş, ostenitik manganez çelik dökümlerinin gerilme özelliği üzerinde manganez içeriğinin etkisi Şekil 4.4'de görülmektedir. Ekonomiklik için, maksimum manganez miktarı % 12-13 arasında tutulmalıdır.



Şekil 4.4. Ostenitik manganez çelik dökümlerinin gerilme özelliği üzerinde manganez içeriğinin etkisi (Norman vd., 1960).

4.4.3. Krom-Nikel-Molibden

Yüksek karbon oranlı ostenitik manganez çelik dökümler soğurken (ağır ve büyük parçalar) çatlamaya meylederler. Bunun nedeninin büyük oranda,

karbürlerin tane sınırlarında veya kristallografik düzlemler boyunca levhalar halinde çökmesinden ileri gelen gevrekleşme ile ilgili bağlantı olduğu kabul edilmektedir (Norman, vd. 1960). Krom ilavesi ise bu durumu artırıcı etki yapar. Diğer taraftan molibden % 1.5 den fazla miktarlarda mevcut olduğu zaman dendrit içinde erime sebebiyle oluşan küresel tipte bir karbür meydana getirir ve tane sınırlarında Fe_3C tipi karbürlerin oluşumunu mimimuma indirir. % 1.7 civarındaki karbon içeriklerinde M_6C tipi kompleks bir karbür oluştuğu kabul edilir (Norman, vd. 1960). Sade veya kromlu manganez çeliklerinde oluşan karbür $(Fe,Mn)_3C$ tipidir. %2 molibden katkılı çeliklerinde oluşturulan küresel tipde karbürler muhtemelen % 1.7'e kadar karbon içeriğine izin verirler.

Ayrıca % 2'ye kadar olan molibden katkıları, akma dayanımlarını, sünekliği veya çekme dayanımını azaltmadan arttırmaktadır. Nikel ise, kuvvetlendirici bir etki göstermez. Daha yavaş olmasına rağmen krom akma sınırını artırır, fakat süneklik ve çekme mukavemetini düşürür. Buna karşılık kromsuz çeliğin manganez miktarını azaltmakla, süneklikte kayıp olmadan aşınma direncinde artışlar elde edilir.

4.4.4. Silisyum

Silisyum normal olarak ostenitik manganez çeliğine dezoksidasyon amacıyla ilave edilir. Ancak Avery adlı bir araştırmacı akma dayanımında, %2'ye yakın silisyum ilavesinin orta derecede bir artış sağladığını kanıtlamıştır (Norman, vd. 1960). Ayrıca, daha yüksek silisyum

içeriklerinin, karbonu ya karbürler veya perlit olarak çökelterek ostenitdeki eriyiğin dışına çıkardığı tesbit edilmiştir. Ostenitdeki eriyik içinde bulunan karbon ve silisyum uygunsuzluğu diğer yüksek karbonlu çelik tiplerinde de gözlenmiştir. Burada artan silisyum içeriği, yapıdaki erimemiş karbürlerin miktarında arttırır. İyi bir aşınma direnci istendiğinde ostenitde yüksek karbon ve yüksek olmayan silisyum içeriğinin tercih edileceği söylenebilir.

4.4.5. Fosfor

Genellikle, ostenitik mangan çeliğinin mekanik özellikleri üzerindeki zararlı etkilerinden dolayı fosforu önemli bir parametre olarak saymak gerekir. Manganez çelik dökümler için fosfor % 0,10 civarında ilave edilir. Avery % 0,10'un üzerinde ilave edilen fosforun oda sıcaklığında sünekliliği ve çekme dayanımını hızla düşürdüğünü söylemiştir (Norman, vd. 1960).

Ayrıca ostenitik mangan çeliklerinde kaynak dolguları % 0,02'nin üzerindeki fosfor içeriğine karşı hassastır. %0,077'den %0,080'e kadar fosfor ihtiva eden dökümlere nazaran daha düşük çekme özelliklerine sahiptir. Fosfor içeriğindeki artışın, araştırılan bütün karbon içerikleri için, manganlı çeliğin sertliğine hiç bir etkisi yoktur. Daha yüksek ostenit yapısının varlığında fosfor içeriğinin % 0,02'den % 0,04'e artmasıyla akma direnci bir miktar artar, fakat daha fazla artış düşmesine sebep olur. Fosforun plastikiğe etkisi ise belirsizdir (Vinokur ve Durdyev, 1991).

4.4.6. Bor-Vanadyum

X ışını difraksiyometresi, karboborürlerin ortorombik kafese sahip bileşikler olduğunu göstermektedir $(Fe, Mn)_3(B,C)$. Bu ise Fe_3C ile izomorftur. Karboborürün sertliği 890 HV 0,01 \square 223 HV 0,01'e kadar uzanır. Sertlikteki büyük sapma değerleri büyük C/B homojenlik oranından kaynaklanmakta ve sertliğin kristalin yönüne bağlılığını göstermektedir. Bu nisbeten yumuşak yapıdan, yüksek abrasiv şartlarında, aşınma direnci beklenemez, çünkü bu sertlik değeri, soğuk işlenmiş ostenit matrisi ile aynıdır. Bu yüzden alaşımlandırma için Vanadyum kullanılmıştır. Vanadyumun çok sert tekil metal borürleri ve çift metalli borürler oluşturduğu bilinmektedir. Yine % 1-2 V (ağırlıkça) ilavesi ostenitik manganlı çelikte, V_4C_3 karbürlerinin üniform dağılımları sebebiyle, farkedilebilir bir dispersiyon (ayrışma) sertleşmesine yol açmaktadır (Wear, 1987).

Ham dökülmüş şartlarda % 1 vanadyum ilavesinin mikroyapıyı etkilemediği görülmüştür. Yalnız karboborürlerin sertliğinde gözle görünür bir artış belirlenmiştir. Hadfield çeliğinde (kararlı ostenit) vanadyum ile sertleştirilmiş karbobürürlerin sertliğinin 1411 HV 0,01'e ulaştığı, öte yandan metastabil bir matrise sahip alaşımda sertlik 2060 HV 0,01 \pm 248 HV 0,01 olarak ölçülmüştür. Vanadyumla alaşımlanmış numuneye uygulanan ısı işlem matrisin sertliğini artırıp parçacık sertliğini azaltmaktadır. Bunun sebebi, tane sınırı civarındaki çok ince karbürlerin çökmesidir. Metastabil östenitte karbür çökmesi tesbit edilmemiştir (Bu durumda C ve Mn oranı düşüktür). Bu, tane sınırlamada oldukça ince karbür

çökmesi gösteren bir Fe-0,8 C - 13 Mn- 1 V (% ağırlık) alaşımın bildirilen mikroyapısına ters gelmektedir.

4.5. Isıl İşlem Etkisi.

Standart hadfield veya özel olarak alaşımlandırılmış ostenitik manganez çeliklerinde ince karbür dağılımı elde etmenin yöntemi 1050-1100 °C'ye kadar ısıtma ve ard arda suda su verme değildir. Yapılan araştırmalar, % 2 molibden içeren ostenitik manganez çeliklerinde, önce ostenitin bir kısmının perlitte çevrilmesi, ardından sıcaklık kontrol edilerek yapılan tekrar ostenitleme işlemi yapılması, özel bir ısıl işlemle önce karbür dağılımının elde edildiğini göstermiştir (Farrar, 1963). Bu işlem perlitteki karbürlerin bir kısmını ve küresel karbürlerin çoğunu eritir. Böylece ostenit içinde ince bir küresel karbür dağılımı oluşur. Perlitize etme işlemini takip eden kontrollü tekrar ostenitleme işleminin yapıldığı en uygun sıcaklık aralığı 870-1050 °C'dir ve 870 °C'lik ostenitleme sıcaklığı 1050 °C'ye göre yapıda daha fazla küresel karbür bırakmaktadır.

Elde edilen bu ince yapı dispersiyon sertleştirilmesinin etkisiyle, sünekliliğin ve çekme mukavemetinin kontrolünde önemli bir rol oynar.

En yüksek akma sınırı, fakat düşük uzama 870 °C'de yapılan ostenitleme sonucunda elde edilmektedir. 930-1050 °C arasındaki ostenitleme sıcaklıkları akma mukavemetinde az bir azalma ile süneklilikte büyük oranda artış sağlamıştır. 1050 °C'de ostenitleme ise karbürlerin çoğunu erittiğinden, kırıcı astarlar gibi ağır işlev gören malzemeler için en iyi ostenitleme sıcaklığı 930-980 °C arasında olacağı kabul edilmektedir.

Yapılan araştırmalar, sade manganez çeliğinin 870 °C'de tekrar ostenitlendiği zaman daha iyi bir karbür dağılımı elde edilebileceğini, fakat tekrar ostenitleme sıcaklığının 930 °C veya daha fazla olduğu zaman tamamen erimenin olacağını göstermektedir (Farrar, 1963).

Kalın kesitli dökümlerde % 2'lik molibden çelikleri daha yüksek çekme ve akma mukavemetine ilaveten, sade manganez çeliklerinden daha üstün süneklilik özellikleri gösterir.

Düşük manganez içeriği ise, 590 °C'de tutma süresi esnasında daha büyük derecede perlitleşmeye izin verir ve bu da, çeliklerde 870-980 °C'den tekrar ostenitlenip soğutulmalarında daha fazla tane inceliğiyle beraber daha düzenli karbür dağılımı oluştururken; mikroyapılarında, düşük mekanik özellikler ve tokluk görülür.

Aşınma direncini artıran en etkili koşullardan biri de karbon içeriğini yükseltmektir. Sade % 12 manganez çeliğinde artan karbon miktarı akma mukavemetini ve aşınma direncini etkili bir biçimde artırır.

Aynı şekilde % 1,25'in üzerindeki karbon oranları, ısıl işlem ve dökümün işlenmesi sırasında zorluğa yol açar. Bu nedenle karbon oranı yaklaşık %1,2 ile sınırlandırılmalıdır. Sürekli tane sınırlarında karbür şebekelerinin oluşmasını önlemede molibden, gevreklikle karşılaşmadan karbon oranının artırabilmesini mümkün kılar. % 2 molibdenli dispersiyonla sertleştirilmiş çeliklerin ısıl işlemi sırasında karbonun artması 590 °C'deki perlitize etme işlemi sırasında oluşan perlit miktarında arttırmaktadır. Bu ise çelikler tekrar ostenitlendiği ve su verildiği zaman daha fazla tane inceliği meydana getirir.

4.6. Aşınmaya Karşı Direnç

Şiddetli darbe ve öğütme aşınmasına maruz uygulamalar için Hadfield mangenez çeliği en uygun olanıdır. Bu şartlarda, % 12 mangenez, % 2 molibden modifikasyonu en iyi randımanı verir.

Isıl işlemi yapılmış % 2 molibdenli mangenez çeliği 665 saat, % 2 kromlu mangenez çeliği 484 saat ile 505 saatlik bir ömre sahiptir. % 12 mangenez, % 2 molibden çeliği, Hadfield mangenez çeliğinden ortalama % 40 daha fazla ömre sahiptir (Iron ve Steel Technical Comitte, 1965).

Yüksek gerilmeli aşınmalı koşullarda, karbonun karbürler halinde bulunmasından ziyade ergiyik içinde bulunması arzu edilir.

Ostenitik çeliklerde uygun tokluk elde etmek, gevrekliği önlemek için normal oda ve atmosfer sıcaklığının oldukça altındaki Ms sıcaklıklarına sahip olmalarıyla mümkün olmaktadır. İstenen tüm bu özellikler ise tamamen ostenitik yapıda tutulabilen yüksek karbonlu, az alaşımli çelik bileşimlerinin elde edilmesiyle gerçekleştirilir.

Yapılan birtakım deneyler sonucu % 1,2 ile 1,5 arasındaki karbon içerikleriyle tamamen ostenitik bir yapı elde etmek için küçük kesitli dökümlerde muhtemelen minimum % 45 manganeze gerek duyulacağı, kalın kesitli parçaların dökümünde ise alaşım elementlerinin segregasyon etkilerinden dolayı daha yüksek mangenez miktarının gerekli olduğu ileri sürülmüştür (Metalls Handbook, 1961).

Yani, ostenitik manganeze çeliğinde en iyi aşınma direnci manganezin minimum sınırlarda olduğu zaman elde edilmektedir. Bununla birlikte karbon, ergiyik içinde tutulacak en yüksek düzeyde bulunmalıdır. Düşük

gerilme koşullarında, öğütme ve aşınmasında olduğu gibi yapıdaki erimemiş karbürler direnci artırır.

Ayrışma yoluyla sertleştirilen düşük alaşımlı bir ostenitik manganez çeliğinde, iyi bir tokluk elde etmek için karbonun en azından % 1,3 manganezinde en az % 8'e yükseltilmesi gereklidir.

Çelikteki karbon içeriğinin artışı ile dayanım artmakta, fakat karbürlerin çökmesi sonucu plastiklik ve darbe dayanımı azalmaktadır. % 0,2 karbonlu çeliğin α martenzitin sertleşmesinden kaynaklanan, yüksek sertliğe darbe dayanımına ve dayanıklılığa sahip olduğu görülür. Çelikteki karbon oranının artmasıyla daha zayıf ve daha plastik bir faz olan ϵ martenzit yapıda gözükür. Çeliğin yapısındaki α martenzitin azalmasıyla birlikte ostenit miktarında göre artış olur. Bu da sertlikte azalmaya plastiklik ve darbe dayanımında ise artmaya sebep olur. Karbon içeriğinin % 0,5'e artması daha kuvvetli bir martenzit oluşumuna neden olur ve çeliğin dayanımını artırır. Ostenit deformasyon sertleşmesi kapasitesini belirler (Vinokur Durdyev, 1991).

4.7. Kullanılma Alanları

Bu çeliklerin yer altı çalışmalarında kullanılan teçhizatlardan, öğütücü değirmen astarları gibi büyük derecede aşınaya maruz kalan yerlerde dayanıklı alaşımlar olarak geniş ölçüde kullanılır. Bu vesileyle yüksek derecede aşınma direnci, orta derecede süneklik veya mukavemetin

arandığı yerlerde Hadfield çelikleri başarıyla kullanılmaktadır. Bu kullanılma yerleri ekseriya şöyle sıralanabilir:

- a. Maden işleme ve öğütme değirmenleri teçhizatlarında,
- b. Su pompası millerinde,
- c. Zincir ve dişlilerde (düz+helisel),
- d. Piston pimlerinde,
- e. Süpap ve kam millerinde,
- f. Piston segmanlarında ,
- g. Traktör dingil millerinde ve grayder bıçaklarında,
- h. Sarsıntılı eleklerde,
- i. Cam kesici disklerde,
- j. Değirmen astarları bilyalarında ve ızgaralarda,
- k. Vida klavuzlarında,
- l. Vites kutularında,
- m. Oto transmiyon, kam mili dişlilerinde,
- n. Yay makara imalat vb. alanlarda,
- o. Petrol kuyusu arama teçhizatlarında,
- p. Vagon, aşınma plaka ve pabuçlar vb. gibi alanlarda.

BÖLÜM: V

DENEY ÇALIŞMALARI

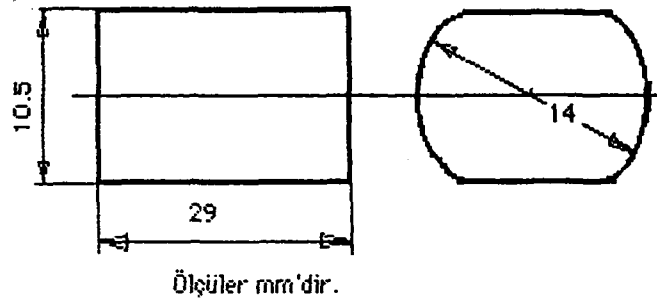
5.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Deney çalışmalarında kullanılan malzemelerin analizleri Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Deney numunelerinin analizi.

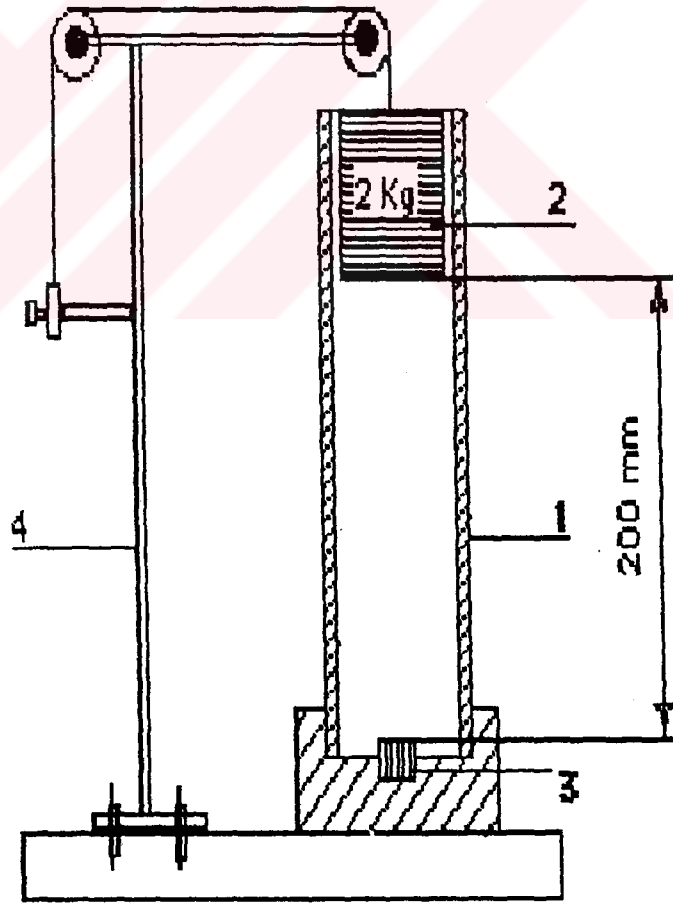
Numune	Alaşım Elementi %				
	C	Mn	Si	P	S
1	1,2	14,5	0,53	0,031	0,03
2	1,3	16,5	0,60	0,035	0,03

Numuneler Şekil 5.1'de verilen modellerin kalıplanması ile dökülerek elde edilmiştir.



Şekil 5.1. Deney numunelerinin şekil ve boyutları.

Numuneler dökümden sonra 1050 °C'ye ısıtılıp suda hızlı soğutularak homojenleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Aşındırmadan önce Şekil 5.2'de verilen dövme aparatı ile numunelerin yüzeyi sırasıyla 10-20-40-60-80-100 darbe yapılarak dövülmüşlerdir. Her darbe için 6 adet numune hazırlanmış numunelerin 5 tanesi aşınmaya tabi tutulup 1 tanesi yüzey sertliğini ölçme ve sertleşme derinliğini tespit etmek amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 5.2. Darbe aparatı.

5.2. Darbe Tesisatı

Hadfield çeliğinin yumuşak olan ostenitik yapısını darbeyle sertleştirerek, farklı sertliklere getirebilmek için Şekil 5.2'de gösterilen şematik görünüşü ve ölçüleri verilen darbe tesisatı imal edilmiştir. Bu tesisat, darbe yapan ağırlığa kılavuz vazifesi gören, iç yüzeyi hassas işlenmiş sac bir boru (1), iki kg gelen silindirik ağırlık (2), numunenin oturtulabildiği rijit bir yuva (3), ağırlığın kaldırılıp indirilmesi ve numune üzerine düzgün darbe yapabilmesi için sabit makaralı bir ayak sisteminden (4) oluşmuştur.

Geliştirilen bu sistemde, ağırlığı 2 kg olan silindirik kütleyi, aynı yükseklikten tesbit edilmiş numune yüzeyine farklı sayılarda dūrürerek, Hadfield çeliğinde darbe sayısıyla sertlik artışı ve oluşan martensit tabakası kalınlığının ortalama değerlerini tespit etmek mümkün olmuştur. Numunelerin kodları ve gördükleri darbe sayısı Tablo 5.2'de verilmiştir.

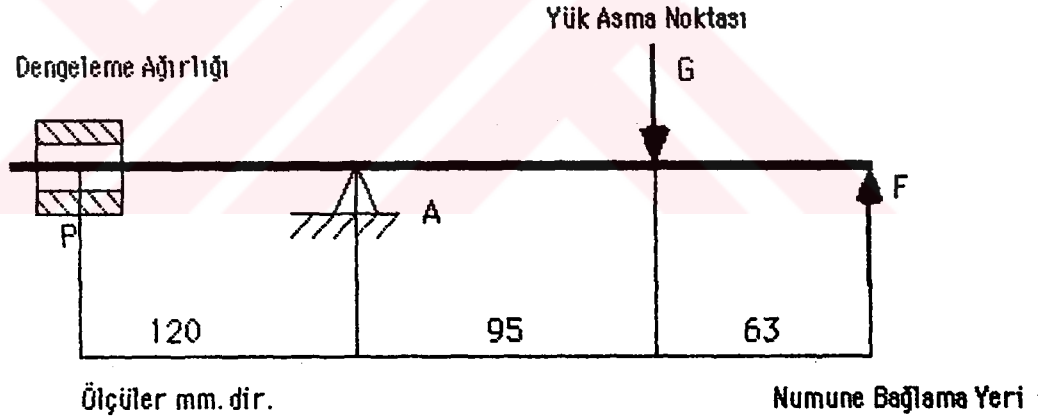
Tablo 5.2. Numune kodları ve işlemleri

<u>Numune</u>	<u>Darbe Sayısı</u>	<u>Darbe Enerjisi</u>	<u>Adet</u>
1A	10	x40 Nm.	6
1B	20	x40 Nm.	6
1C	40	x40 Nm.	6
1D	60	x40 Nm.	6
1G	80	x40 Nm.	6
1F	100	x40 Nm.	6
2A	10	x40 Nm.	6
2B	20	x40 Nm.	6
2C	40	x40 Nm.	6
2D	60	x40 Nm.	6
2E	80	x40 Nm.	6
2F	100	x40 Nm.	6

Dövülen numunelerden yüzey sertliğini ölçme ve setleşme derinliğinin tespit edildiği numunelerden darbe doğrultusuna dik yüzey parlatılarak nital ile dağlanılarak setleşme derinliği mikroskop altında ölçülmüştür.

5.3. Numunelere Uygulanan Kuvvetlerin Hesaplanması

Aşınan numunenin temas halinde bulunduğu aşındırıcıya belirli bir kuvvet uygulanması için şekilde görülen yük asma noktasına ağırlıklar asılarak uygulanan kuvvetlerin değerleri aşağıdaki gibi hesaplandı.



Şekil 5.3. Aşındırma aparatı kuvvet hesaplama şekli.

Moment formülünden hareketle; $\Sigma M=0$

$$A: -F \cdot 158 + G \cdot 95 - P \cdot 120 = 0 \quad \text{Buna göre;} \quad P = 440 \text{ gr.}$$

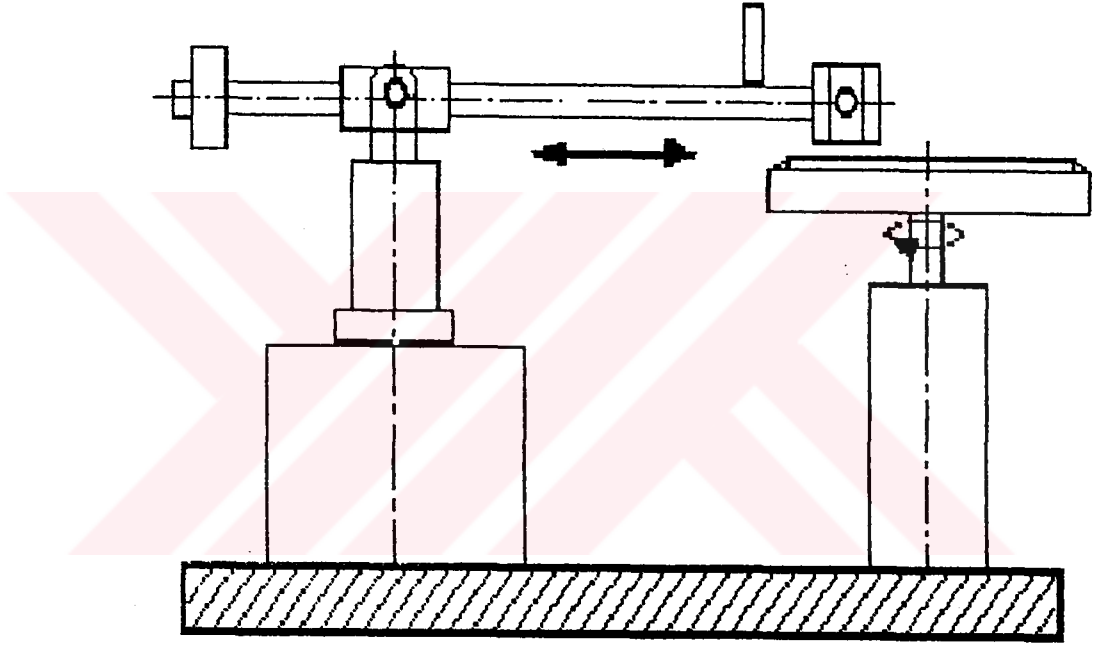
$$F_1 = 0,0185 \text{ kg} \approx 0,1850 \text{ N} \quad G_1 = 586,5 \text{ gr.}$$

$$F_2 = 0,1418 \text{ kg} \approx 1,4180 \text{ N} \quad G_2 = 791,6 \text{ gr.}$$

$$F_3 = 0,6218 \text{ kg} \approx 6,2180 \text{ N} \quad G_3 = 1590,1 \text{ gr.}$$

5.4. DeneYlerin Yapılışı

Aşındırma deneyleri Şekil 5.4'de verilen aparatta üç farklı ağırlık kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



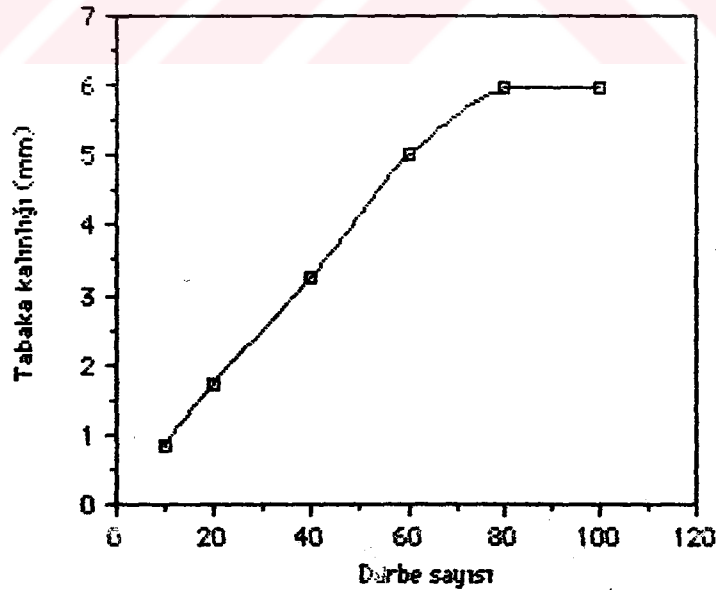
Şekil 5.4 Aşındırma aparatu.

Aşındırma deney aparatının devri sabit tutulmuştur. 1/dak. Aşındırıcı olarak 240 numaralı su zımparası kullanıldı. Aşınma kuru olarak gerçekleştirildi. Aşındırıcılar her numunenin aşındırılmasında yenilendi. Aşınma yolu bütün numuneler için 90 metrede sabit tutuldu.

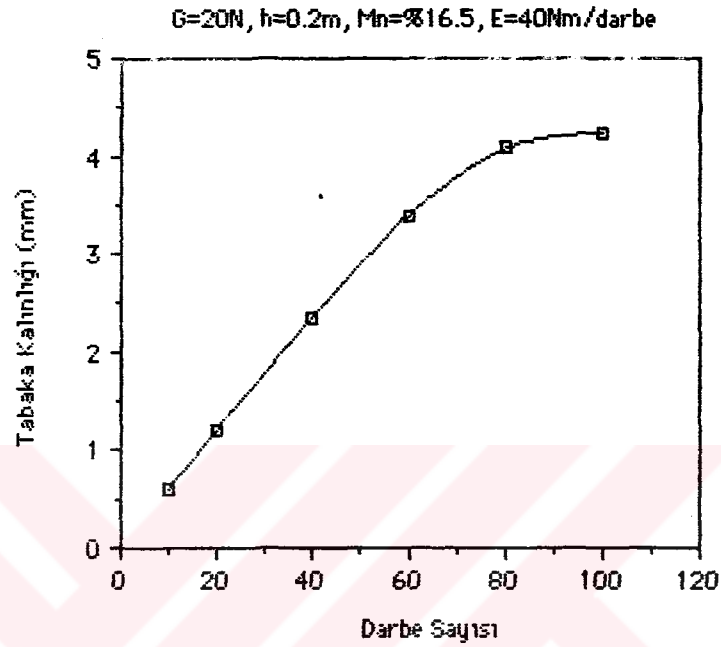
BÖLÜM: VI**DENEY SONUÇLARI ve İRDELENMESİ****6.1. Darbe Sayısı, Sertlik; Sertlik, Tabaka Derinliği**

Darbe sayısı ile sertleşen tabaka kalınlığı her iki deney numuneleri için Şekil 6'da verilmiştir. Şekilde de görüleceği gibi 80 darbeye kadar tabaka kalınlığında hızlı bir artış görülürken, 80 darbeden sonra tabaka kalınlığındaki artış hızı azalmaktadır.

$G=20\text{ N}$ $h=0.20\text{ m}$ $M_n=9\%14.5$ $E=40\text{ Nm/darbee}$



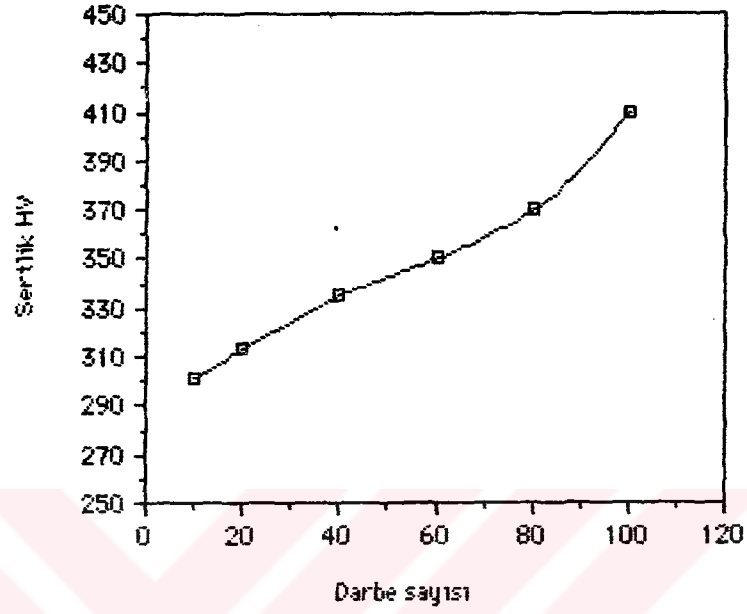
Şekil 6.1. Darbe sayısı ile (enerjisiyle) tabaka kalınlığının değişimi.



Şekil 6.2. Darbe sayısı (enerjisi) ile tabaka kalınlığının değişimi

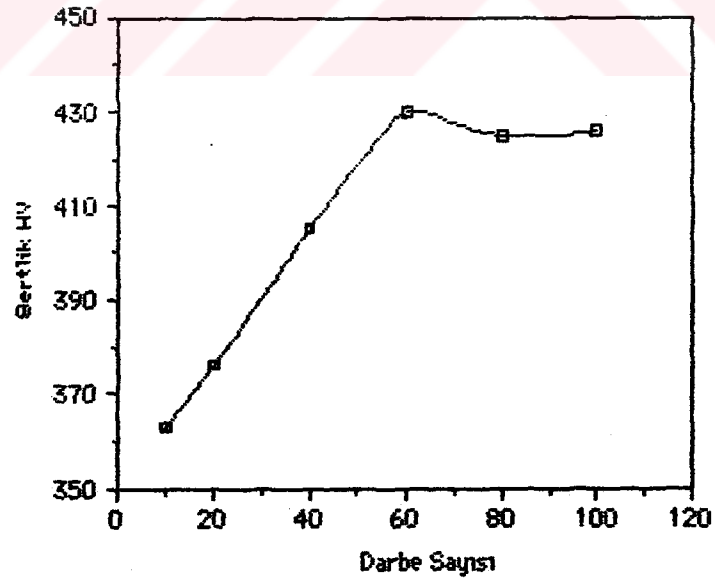
Darbe sayısı ile nununenin yüzey sertliği arasındaki ilişki Şekil 6.3'de % 16,5 Mn., Şekil 6.4'de % 14,5 Mn.'lı çelik için verilmektedir. Bu sonuçlara göre % 16,5 Mn.'lı çelikte darbe sayısına bağlı olarak sertlikte sürekli bir artma gözlenmesine karşılık % 14,5 Mn.'lı çelikte 60 darbeye kadar sertlik artmakta 60 darbeden sonra sertlik artışı durmaktadır.

$G=20\text{ N}$, $h=0.2\text{m}$, $Mn = \%16.5$, $E= 40\text{Nm/darbe}$



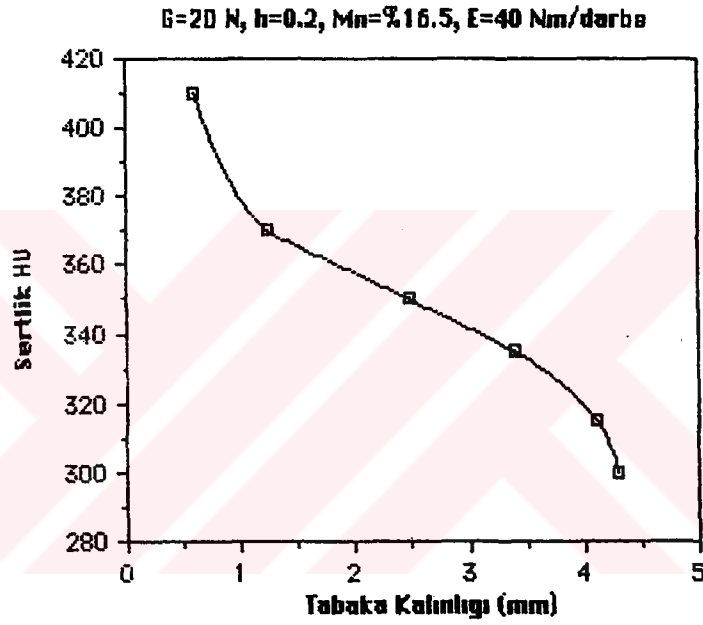
Şekil 6.3. Darbe sayısı (enerjisi) ile sertliğin değişimi

$G=20\text{N}$, $h=0.2\text{m}$, $Mn = \%14.5$, $E= 40\text{ Nm/darbe}$

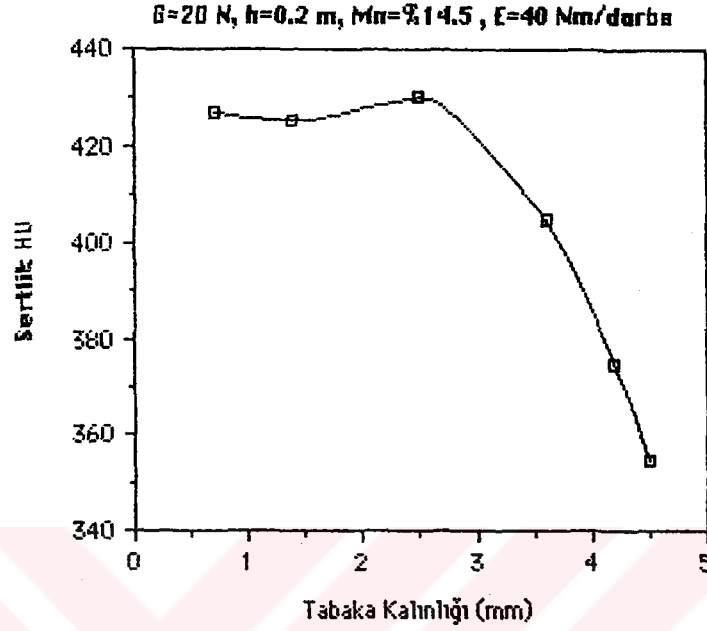


Şekil 6.4. Darbe sayısı (enerjisi) ile sertliğin değişimi

Tabaka kalınlığı ile sertlik arasındaki ilişki Şekil 6.5, Şekil 6.6'da verilmiştir. Buradaki sonuçlara göre % 14,5 Mn.'lı çelikte sertlik 3,5 mm kalınlıktan sonra sabit kalmaktadır. Ancak % 16,5 Mn.'lı çelikte 4 mm kalınlıktan sonra sertlikte hızlı bir artış görülmektedir.



Şekil 6.5. Mn= % 16.5 çelikte sertliğin martenzit tabakası kalınlığıyla değişimi



Şekil 6.6. Mn= % 14,5 çelikte sertliğin martenzit tabakası kalınlığıyla değişimi

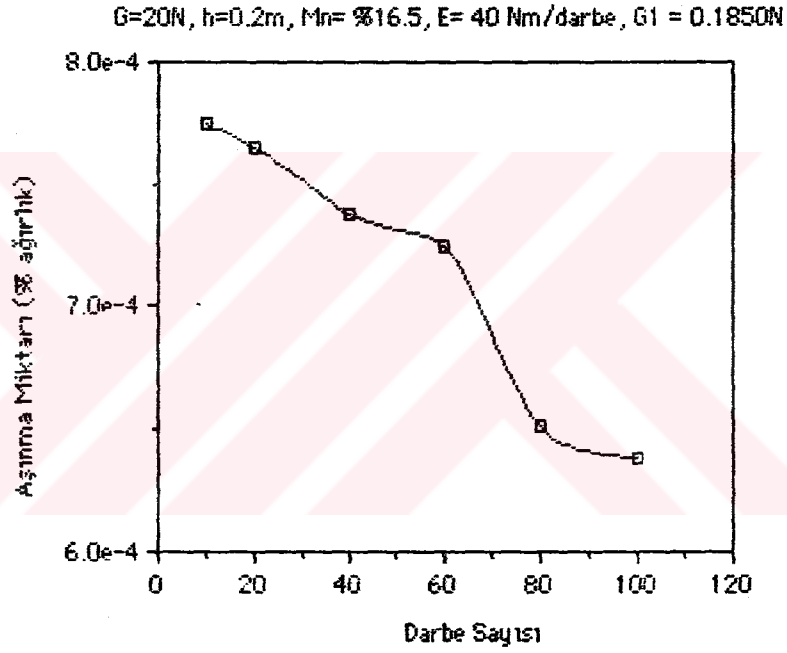
6.2. Darbe Sayısı, Aşınma Miktarı İlişkisi.

Darbe sayısı ile aşınma miktarı % ağırlık kaybı olarak tespit edilmiştir. % 16,5 mn. ve % 14,5 Mn.'lı çelikler için uygulanan ağırlığa bağlı olarak elde edilen değerler Şekil 6.7 - 6.12'de verilmektedir. Her iki numunede G_1 ağırlığının uygulanması ile ağırlık kaybı arasındaki ilişki 60 darbeye kadar ağırlık kaybı azalacak şekilde süreklilik gerektirirken, 60 darbeden sonra ağırlık kaybının ani bir düşüş göstererek değiştiği görülmektedir. Bu da her iki numunede de darbenin aşınma direncine etkisinin 80 darbeden sonra aşınma direncini yüksek mertebede artırdığını göstermektedir.

Her iki numune karşılaştırıldığında görülecektir ki % 14,5 Mn.'lı çeliğin

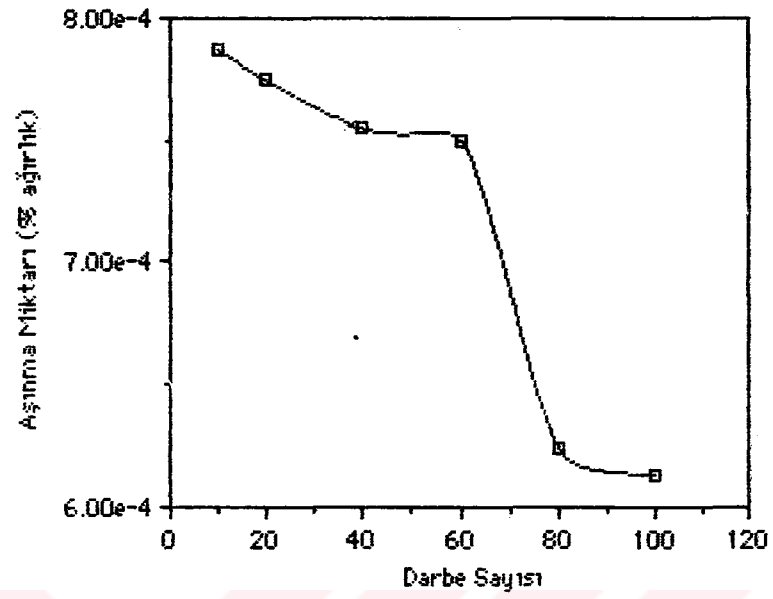
aşınma direnci daha fazladır. Ancak darbe sayısı ile sertlik değerlerine bakıldığı zaman % 16,5 Mn.'lı çeliğin üstünlüğü görülmektedir. Çünkü daha fazla darbe uygulandığında % 16,5 Mn.'lı çeliğin daha iyi sonuç verebileceği söylenebilir.

G_2 ve G_3 ağırlıklarının uygulanması ile elde edilen aşınma miktarı sonuçlarına göre ağırlığın artması ile aşınma miktarı ilişkilerindeki değişme süreklilik arz etmektedir. Ayrıca ağırlık kaybının arttığıda görülmektedir.



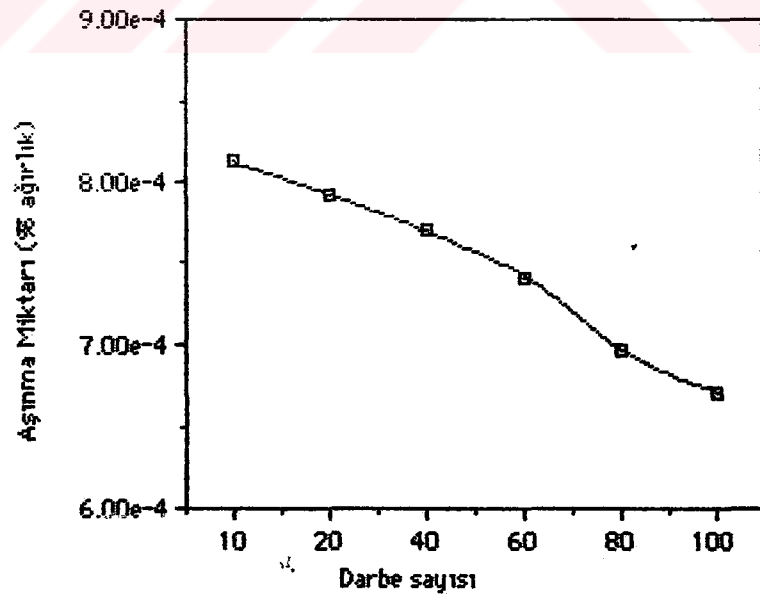
Şekil 6.7. Mn = %16.5 çelikte darbe sayısı ile aşınma miktarı ilişkisi

$G = 20N$, $h = 0.2m$, $Mn = \%14.5$, $E = 40Nm/darbe$ $G1 = 0.1850N$



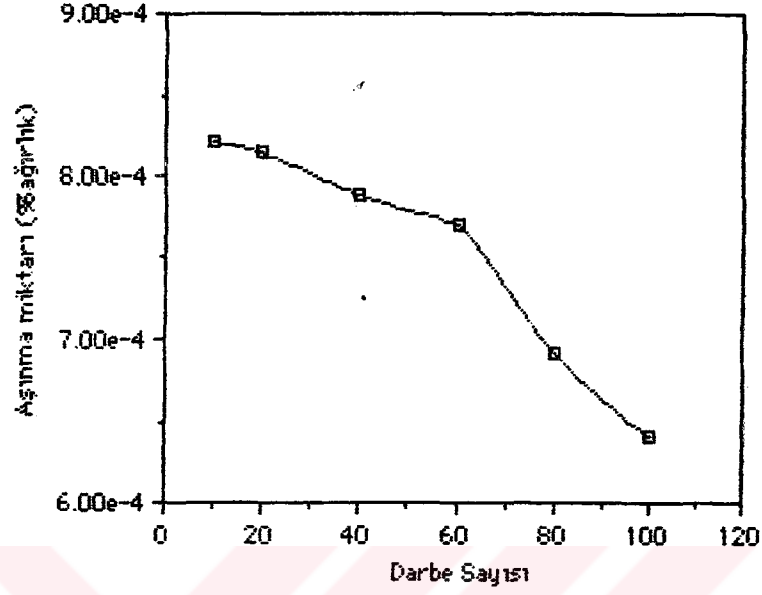
Şekil 6.8. $Mn = \%14.5$ çelikte darbe sayısı ile aşınma miktarı ilişkisi

$G = 20N$, $h = 0.2m$, $Mn = \%16.5$, $E = 40Nm/darbe$, $G2 = 1.4180N$



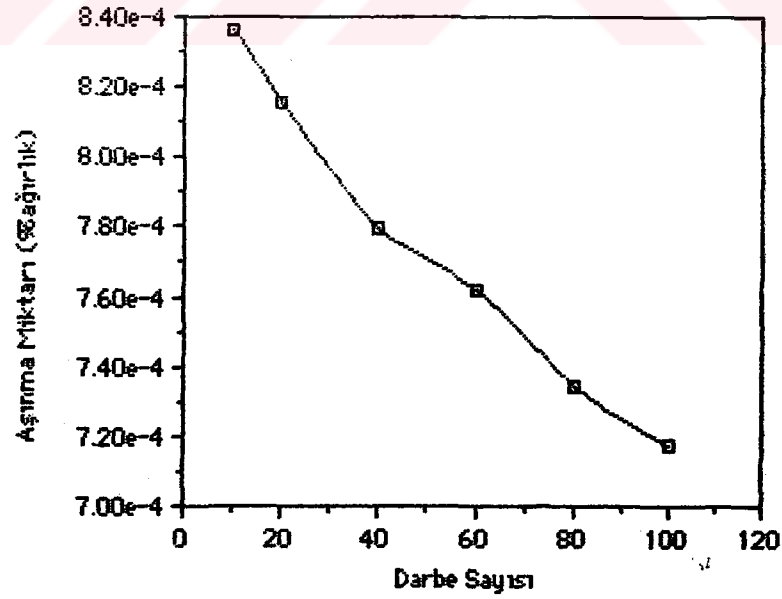
Şekil 6.9. $Mn = \%16.5$ çelikte darbe sayısı ile aşınma miktarı ilişkisi

$G = 20\text{ N}$, $h = 0.2\text{ m}$, $Mn = \%14.5$, $E = 40\text{ Nm/darbe}$, $G2 = 1.4180\text{ N}$

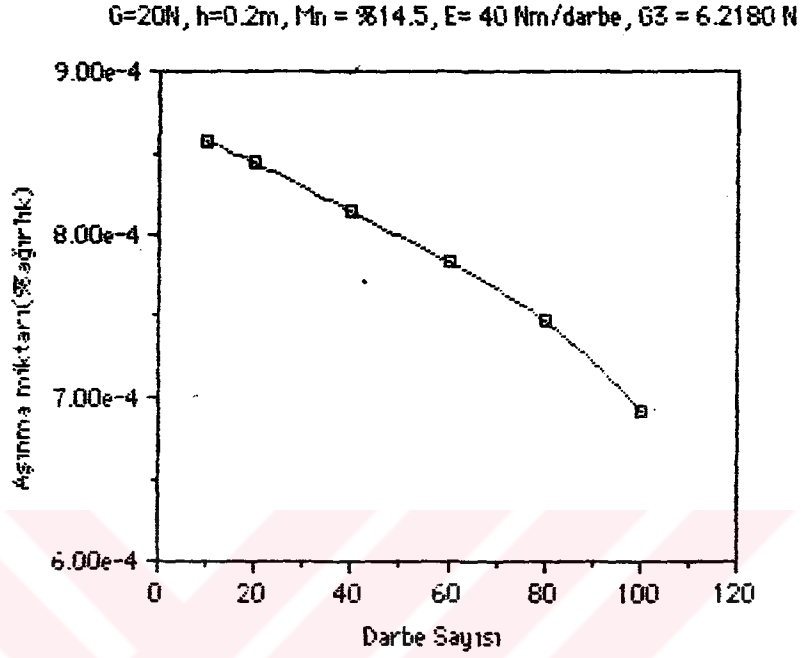


Şekil 6.10. $Mn = \%14.5$ çelikte darbe sayısı ile aşınma miktarı ilişkisi

$G = 20\text{ N}$, $h = 0.2\text{ m}$, $Mn = \%16.5$, $E = 40\text{ Nm/darbe}$, $G3 = 6.2180\text{ N}$



Şekil 6.11. $Mn = \%16.5$ çelikte darbe sayısı ile aşınma miktarı ilişkisi



Şekil 6.12 . Mn = %14.5 çelikte darbe sayısı ile aşınma miktarı ilişkisi

6.3. Genel Değerlendirme

Yapılan çalışmaların değerlendirilmesi neticesinde;

1. Her iki numunede darbe sayısına bağlı olarak sertleşen tabaka kalınlığı artmaktadır. Ancak, 80 darbeden sonra tabaka kalınlığındaki artışın çok düşük oranlarda olduğu görülmektedir.
2. Darbe sayısına bağlı olarak yüzey sertliğindeki değişim % 16,5 Mn'lı numunede sürekli artma gösterirken % 14,5 Mn'lı numunede 60 darbeye en yüksek sertliğe ulaşmıştır. Darbe sayısının artmasıyla sertlikte büyük bir değişim gözlenmemiştir.

3. Tabaka kalınlığına bağlı olarak sertlik değişimi % 16,5 Mn.'lı çelikte sürekli arma gösterirken, % 14,5 Mn.'lı numunde sertlik en yüksek değerini 3,5 mm. kalınlıkta kazanmış, ancak daha fazla kalınlıkta sertlikte değişiklik gözlenmemiştir.
4. Darbe sayısına bağlı olarak her iki numunedeki aşınma direnci artma göstermektedir.
5. Darbe sayısına bağlı olarak aşınma direncindeki artış % 16,5 Mn.'lı çelikte lineer olarak gözlenmiştir. Ancak % 14,5 Mn.'lı numunde 60 darbeye kadar lineer bir artma gözlenirken 80 darbede ani bir değişme göstermiştir.

Sonuç olarak % 16,5 Mn.'lı numunenin darbe sayısı artırılarak % 14,5 Mn.'lı numuneye karşılık daha iyi bir sonuç alınabileceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

ATASOY, Ö.A., (1984). Effect of Alloying Elements and Heat Treatment on the Structure and Properties of Hadfields Austenitic Mangeneze Steel. **Z. Metallkunde Bd. 75. H6.**

Avilov, B.I., Ochkina, L.N., Nikolaeva, T.V., Saltykova, Z.A. and chigrinov, V.F., (1988). "Structure and Properties of Metastable Mangeneze Steels" **Translated from Metallovedenie Thermicheskaya Obrabotka Metallov, No. 5, P.P. 33-36.**

BERNS, H., FRANKE, H.-G., (1988). "Influence of Alloy Content on the Thermomechanical Treatment of Austenitic Mangeneze Steels." **Pract. Met. 25.**

Bofors El Kitabı, (1984). THELNING, K.E. (Çev. TEKİN, A.)

C.W. FARRAR, (1963). **Melting Practice, Heat Treatment and Properties of Hadfield Mangeneze Steel.**

ÇELİK, H., (1991). Doktora Tezi. İTÜ, Makina Fakültesi.

DİKEÇ, F. Ostenitik Mangenez Çelikleri. İTÜ, Metalurji Fakültesi.

DURMUŞ, A., (1974). **Malzeme Bilgisi. Cilt 2, Güven Kitabevi, İstanbul.**

GAUZZI, F., PRINCIPI, G., VERDINI, B., AND ZHANG, P., (1990). Microstructural Features of Headfuld Steel Work-Hardening. **Z. Metallkunde** Bd. 81.

HE, Z.M., JIANG, Q.C., FU, S.B. and XIE, J.P., (1987). Improved Work-Hardening Ability and Wear Resistance of Austenitic Mangeneze Steel under Non-severe Impact-Loading Conditions. **Wear**, 120 PP. 305-319.

INEGBENEBOR, A.D., JONES, R.D., and RALPH, B., (1989). Mechanical Properties and Strain-Induced Phase Transformations of some High-Strength Mangeneze Steels. **Journal of Materials Science** 24 P.P., 3529-3535.

IRON and STEEL TECHNICAL COMITTE, (1965). Abrasive Wear. **Climax Molybden Company**, 1270 Avenue, of the American, Nev York, 10020.

KAPLAN, M., YILDIRIM, M.M. (1989). **Sert Mangan Çeliğinin Üretiminde Karşılaşılan Problemler**. 3. Denizli Malzeme Sempozyumu.

KARL-HEINZ HABIE, (1980). **Verschleiß and Härte von Werkstoffen**. Carl Hanses Verlag München Wien.

Metalls Handbook, American Society for Metalls (1961). 8 th Edition, Vold: 1. Metalls Park, Ohio.

NORMAN, T.E., DOANE D.V, SOLOMOM, A. (1960). Austenitic Mangeneze Steels some Metallurgical Factors Influence **Climax Molybdenum Company**, 1270 Avenue of American, New York 20 N.Y. 10020.

NORMAN, T.E., (1958). Fackors Influencing the Resistance of Steel Castings to High Stress Abrasion **Climax Molybdenum Company**, 1270 Avenue of American. Newyork, NY.10020.

SANT, S.B., SMITH, R.W., (1987). A. Study in the Work-Hardening behaviour of Austenitic Mangeneze Steels. **Journal of Materials Science** 22 P.P., 1808-1814.

VINOKUR, B.B., and DURDYEV, B.D., (1991). Mutual Influence of the Mechanical Properties of Mangeneze Steel on the Wear Resistance of Alug-pru Pair." **Plenum Publishing Corporation**.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON BİRİMİ