

KÜTAHYA SEYİTÖMER LİNYİT İŞLETMELERİNDE KULLANILAN
KEPÇE DİŞLERİNE SERT DOLGU KAYNAĞI YAPILARAK
AŞINMALARININ İNCELENMESİ

Mustafa AYDIN

DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Makina Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Remzi GÜRLER

Şubat 1996

Mustafa AYDIN'ın YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı "Kütahya Seyitömer Linyit İşletmelerinde Kullanılan Kepçe Dişlerine Sert Dolgu Kaynağı Yapılarak Aşınmalarının İncelenmesi" Başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.18/3./1996

Üye: Doç. Dr. Remzi GÜRLER (Danışman)

Üye: Prof. Dr. Macit YAMAN

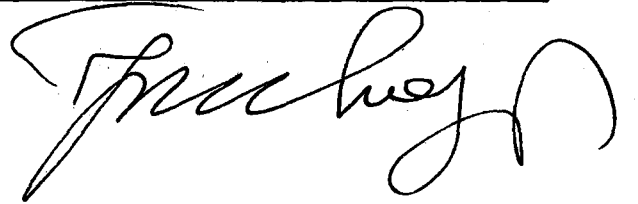
Üye: Doç. Dr. Orhan S. KOMAÇ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Nedret AYDINBEYLİ (Yedek).

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 14.103/1996 tarih ve ...05.7. sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Yrd. Doç. Dr. İlyas NUHOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



ÖZET

Günümüz madencilik endüstrisinde dragline, ekskavatör ve kazıcı kepçe uçları geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu makinaların uçlarında kullanılan kazıcı dişlerin aşınmaya dirençlerinin çok iyi olması gerekmektedir. Dişlerin çalışma ortamında ki kum, çakıl, toprak, kil, taş, kömür v.b. maddeler aşınmaya sebep olmaktadır. Bu dişlerde aşınmaya karşı genellikle Yüksek manganlı Östenitik Çelik malzeme kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, Kütahya Seyitömer Linyit Kömür İşletmelerindeki Caterpillar 992-C tipi kazıcı ve yükleyici kepçesinde kullanılan östenitik manganlı çelik dişlerin yüzeylerinin değişik elektrodlarla sert dolgu kaynağı yapılarak aşınmaları incelenmiştir. Bu amaçla da beş adet deney numunesi hazırlanmıştır. Deneysel çalışmalarda yüzey sert dolgusu için AS SD 60 örtülü, Castolin XHD 6710 sert dolgu ve Kobatek T 552 özlü tel elektrodları kullanılarak kaynak yapılan dişlerin gerçek çalışma ortamındaki aşınmaları ve sertlik değişimleri hiç kaynak edilmemiş diş ile birlikte periyodik olarak gözlenmiştir. Dişler sırası ile dekopaj, kömür yükleme, yanıkta, yeşil sert kil ve yol düzeltme gibi ortamlarda kullanılmıştır.

Farklı çalışma ortamlarında denenen dişlerden aşınmaya karşı en dayanıklı olanı castolin sert dolgu elektrodu ile kaynaklanan diş olduğu görülmüştür. En fazla aşınanında ,

hiç kaynak edilmemiş östenitik manganlı çelik diş olduğu tesbit edilmiştir.

Deneylerin sonucunda değişik çalışma ortamlarının aşınma üzerinde farklı etkileri olduğu gözlenmiştir. Ayrıca kaynak işlemi esnasında belirtilen şartlarda kaynak yapılmasının aşınmayı etkilediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler; Aşınma, sert dolgu kaynağı, östenitik mangan çeliği.



AN INVESTIGATION OF THE BEHAVIOUR OF HARD FILLED
LADLE JAGS USED IN KÜTAHTA SEYİTÖMER LIGNITE
COMPANY

(M. Sc. Thesis)

DUMLUPINAR UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
1996

SUMMARY

Nowadays, at the mining industry; dragline, excavator and excavator ladle jags have been used extensively. The abrasion strenght of the jags used on of these machines must be very well. In the working field sand, gravel, soil, stone, coal and etc. cause abrasion and generally high manganese austenitic steel as a abrasion resistat material is used.

In this study, the surfaceses of the jags of the Caterpillar 992-C type excavator's and loader's ladles are hard filled using AS SD 60, Castolin+Eutectic XHD 6710, Kobatek T 552 electrodes. For this purpose five samples are prepared. In the experimental studies four welded jags and one unwelded jags one used in different working field and their behaviour against wear and hardness variation are observed periodically.

The result showed that jags hard filled by castolin elektrosd have very resistant against wear, even in different working fields. The least wear resistant jag is the unwelded jag. The result also showed that during welding process welding conditions have a pronounced effect on the quality of welds.

Key Words; the wear, the hard filled weld, austenitic manganese steel.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım boyunca yapıcı ve uyarıcı desteklerini gördüğüm Danışmanım Sayın Doç.Dr. Remzi GÜRLER hocama, bu çalışmadaki değerli katkılarından dolayı şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmam süresince, uygulamalı deney çalışmalarımın yapılmasında her türlü imkanı sağlayan Seyitömer İşletmeleri Baş mühendisliğine, İmalat atelyesi ve Dozer grubu çalışanlarına teşekkür ederim. Bu tezde laboratuvar çalışmalarımda tüm imkanları sağlayan Tavşanlı Tunçbilek G.L.İ İşletmesine, Kalite Kontrol laboratuvarı çalışanlarına ve Metalurji Mühendisi Halil ERGÜN'e değerli bilgi ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
TEŞEKKÜR.....	VI
İÇİNDEKİLER.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. AŞINMA.....	2
2.1. Aşınma çeşitleri.....	3
2.1.1. Abrazif.....	4
2.1.1.1. Düşük gerilmeli abrazyon.....	7
2.1.1.2. Yüksek gerilmeli öğütme abrazyonu...	9
2.1.1.3. Oyma abrazyonu.....	10
2.1.2. Darbe aşınması.....	11
2.1.3. Adhezif aşınma (Metal-Metale).....	12
2.1.4. Kazıma aşınması.....	12
2.1.5. Korozyon aşınması.....	12
2.1.6. Yorulma aşınması.....	13
2.2 Aşınmayı Etkileyen Faktörler.....	13
2.2.1. Malzeme.....	14
2.2.2. Tasarım ve basınç.....	14
2.2.3. Çevre.....	15

İÇİNDEKİLER (devam)

2.2.4.	Çalışma ortamı.....	16
2.3.	Aşınma ve Malzeme Seçimi.....	16
2.4.	Aşınma Probleminin İncelenmesi.....	18
2.4.1.	Aşınmanın Ölçülmesi.....	21
2.5.	Aşınmanın Ekonomik Yönü.....	22
3.	ÖSTENİTİK MANGAN ÇELİĞİ	23
3.1.	Östenitik Mangan Çeliğinin Bileşimi.....	24
3.2.	Eldesi, Ergitme ve Bölümü.....	30
3.3.	Manganını çeliğe ve demir-karbon diyagramına etkisi.....	31
3.4.	Isıl İşlemi.....	33
3.5.	Gerilim Giderme Isıl İşlemi.....	37
3.6.	Mekanik Özellikler.....	39
3.7.	Çalışma Sertliği.....	42
3.8.	Yorulma Gerilmesi	45
3.9.	Kaynaklanabilirlik ve Talaşlı İşlem.....	46
3.10.	Aşınma Direnci.....	49
4.	SERT DOLGU KAYNAĞI.....	51
4.1.	Sert Dolgu Kaynağının Diğer Yöntemle Karşılaştırılması.....	52
4.2.	Sert Yüzeyleme Dolgu Alışımalarına Etkileyen Elementler.....	56
4.3.	Sert Dolgu Kaynağının Avantajları.....	58
4.4.	Sert Dolgu kaynağında Kullanılan Kaynak Yöntemleri.....	59
4.5.	Kullanılan Kaynak Makinaları.....	65

İÇİNDEKİLER (devam)

4.6. Çalışma Şartlarına Göre, Kepçe Dişlerinde	
Dolgu Kaynağı formlarının Seçimi.....	66
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	68
5.1. Giriş.....	68
5.2. Kepçe dişlerine servis öncesi	
uygulanan işlemler.....	68
5.3. Numune dişlere uygulanan işlemler.....	71
5.3.1 1 Nolu numune diş.....	72
5.3.2 2 Nolu numune diş.....	72
5.3.3 3 Nolu numune diş.....	74
5.3.4 4 Nolu numune diş.....	75
5.3.5 5 Nolu numune diş.....	75
6. SONUÇLAR ve TARTIŞMA.....	78
6.1 Dişlerin maliyat karşılaştırması.....	86
7. ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	88
EKLER	94

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

2.1. Mulhearn ve Samuels 220 grade silisyum karbürü kağıt üstünde çeliğin abrezif aşınması.....	5
2.2. Abrazif yüzeylerin aşınmadan önce ve sonra körlenmesi.....	5
2.3. Aşınma atıklarıyla tıkanmış abrazif yüzey.....	5
2.4. Sertlikle aşınma direncinin ilişkisi.....	6
2.5. Düşük gerilmeli abrazyon.....	6
2.6. Gaz ortamında erozyon oluşumu.....	8
2.7. Abrazyon oluşumu.....	9
2.8. Yüksek gerilmeli öğütme abrazyonu.....	10
2.9. Oyma abrazyonu.....	11
2.10. Darbe aşınması.	11
2.11. Aşınma Direncinin çelik iç yapısına bağımlı olarak değişimi.....	18
3.1. % 13 Manganolı C-Mn çelik diyagramı.....	26
3.2. Östenit Manganolı çeliğe Krom ve Nikel'in etkisi..	29
3.3. Östenit manganolı çeliklerde Molibden'in etkisi...	29
3.4. Çelik Manganolı yüzdesinin ötektoid yüzdesine ve ötektoid karbon yüzdesine etkisi.....	32
3.5. Karbon ve Manganolı'nın çelikteki etkisi.....	33
3.6. Keşit kalınlığına bağımlı olarak yüksek manganolı çeliklerdeki soğutma eğrileri.....	34
3.7. Karbon oranına göre tavlama sıcaklıkları.....	35
3.8. % 12,5 Mn lı östenitik manganolı çeliğinde, östenitime sıcaklığına karbon miktarının etkisi..	36

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

3.9. Karbon ve manganın Ms sıcaklığında çözünürlükleri.....	36
3.10. Isıl işleminin çekme mukavemeti ve yüzde uzama üzerine etkisi.....	38
3.11. Mangan ve diğer çeliklerin gerinim eğrileri.....	39
3.12. Ni, Cr ve Mo miktarının Hadfield çeliklerinin akma-çekme dayanımına etkisi.....	41
3.13. Östenitik mangan çeliğinin darbeyle sertleşmesi.	44
4.1. Aşınan parçaları orjinal ölçüsüne getirmek ve aşınmaya dayanım için yapılan dolgu.....	57
4.2. Aşınmaya karşı koruyucu dolgu kaynağı.....	58
4.3. Örtülü elektrod ile ark kaynağı.....	60
4.4. Özlü telin örtülü elektrodlara göre metal yapısına üstünlüğü ve verimi görülmektedir.....	62
4.5. Sürekli özlü tel ile kaynağın şeması görünümü....	63
4.6. Tozaltı kaynağının şeması.....	65
4.7. Sürekli özlü tel kaynağının şeması.....	66
5.1. Isıl işlem sonrası östenitik manganlı çelik.....	70
5.2. Eğme deneyinin yapılaş standardı.....	70
5.3. Eğme deneyinin yapıldığı cihaz.....	71
5.4. 2, 3, 4, 5 nolu numune dişlerinin sertlik değişimi grafikleri.....	73

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

5.5. 2 nolu numune dişe verilen dikiş formu.....	74
5.6. 5 nolu numuneye uygulanan kaynağın şematik durumu.....	76
6.1. Toplam ağırlıkça aşınma-zaman grafiği.....	80
6.2. Numune dişlerin sertlik değişim grafikleri.....	82



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

3.1.	Östenitik mangan çeliği için ASTM A 128 'de gösterilen standart kimyasal bileşimler.....	25
3.2.	Farklı kesit ve tane yapılarında %12 Mn - %1.1 C' lu çeliğe ait mekanik özellikler.....	40
3.3.	Östenitik mangan çeliğinin yorulma özellikleri	45
3.4.	Manganlı çeliklerin fiziksel özellikleri.....	49
3.5.	Islak kuartz kumuna göre bazı malzemelerin bağlı aşınma dirençleri.....	50
3.6.	Hadfield çeliklerinin aşınma dayanımının aşınma ortamı türüne göre değişimi.....	51
4.1.	Çeşitli doldurma yöntemleri ve karışım giderleri.....	54
5.1.	Kullanılan östenitik manganlı kepçe dişlerinin kimyasal analizi.....	69
5.2.	Nümuneye dişlere ait ölçülen değerler.....	77
5.3.	Kullanılan elektrodalara ait önemli veriler.....	77
5.4.	Kullanılan elektrodaların kimyasal analizi.....	77
6.1.	Dişlerin kepçe üzerindeki çalışma sıraları.....	78
6.2.	Çalışma süreleri sonunda aşınmayla dişlerin ağırlığındaki değişimi.....	79

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

6.3.	Numune dişlerin % aşınma değerleri.....	80
6.4.	Numune dişlerin çalışma esnasındaki sertlik değişimleri.....	81
6.5.	Numune dişlerin maliyeti.....	86



E K L E R

1. Çalışma Yerine Göre Diş Biçimleri
2. Aşınma Dirençli SAE/AISI Çelikleri
3. Diğer Aşınma Dirençli Çeliklerin Özellikleri ve
İç Yapıları
4. Tamir Bakım Elektrod Seçim Tablosu.



1. GİRİŞ

Ülkemiz madencilik sektörü açısından zengindir. Bu sektörde kullanılan iş makinalarının bir çok parçası aşınmaktadır. Bu sektörde kullanılan kazıcı ve yükleyici kepçelerin dişleri de aşınmaya maruz kalan parçalardır. Fakat bu makinaların çalışma ortamlarının farklı olmasıyla kepçe dişlerinde kullanılan malzemeler de farklı olmaktadır. Bu yüzden çalışma ortamına uygun malzeme seçilmesi önemlidir. Kömür işletmeciliğinde de darbeli bir ortamlar bulunduğundan darbe sertleşmeli östenitik manganlı malzeme kullanılmış ve bunların aşınmaları, yüzeye kaynak dolgu atılarak, aşınmaları periyodik olarak incelenmiştir.

Kepçede kullanılan dişlerin ortalama olarak iki ayda bir aşındığını ve bir kepçe üzerinde 9 adet bulunduğunu ve manganın da pahalı olduğunu düşünürsek, ekonomik açıdan ne kadar önemli olduğu ortadadır.

Bu çalışmada Kütahya SLİ kömür işletmesinde kazıcı ve yükleyici olarak kullanılan kepçe dişlerine ait laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Elde edilen bu değerlerde göz önünde bulundurularak, kaynak edilmiş ve hiç kaynaklanmamış numune dişlerin gerçek çalışma ortamındaki aşınma sertlik değişimleri incelenerek, aşınmaya en dayanıklı diş tesbit edilmeye çalışılmıştır.

2. A Ş I N M A

Aşınma, karşılıklı çalışan malzemeler arasındaki hareketin sonucu olarak tanımlanır (Metals Handbook, 1985). Çalışma esnasında aşınma ve sürtünme birlikte oluşmaktadır. Sürtünme, bir katı cismin bir başkasının yüzeyine göre teğetsel olarak hareket ettiğinde veya böyle bir hareketi hasıl etme girişiminde bulunduğu bu harekete karşı mevcut olan dirençtir (Oğuz, 1993). Aşınma ise, sürtünme sırasında meydana gelen mekanik olaylar sonucu küçük parçacıkların kopması ile yüzeyde oluşan arzu edilmeyen değişimlerdir.

Aşınmanın meydana gelebilmesi için özellikle esas yapı, karşı madde (=aşındırma çifti) ara madde ve de yük gibi başlangıç şartlarının mevcut olması gerekir (Anık, 1994). Yine de tipleri, ortamın değişkenlik arzemesinden dolayı yeterli olarak sınıflandırılmamaktadır.

Aşınmanın oluşumunda, aşınma direncinin sıcaklıkla ilgisi bakımından, yerel ve zamana bağlı olarak değişen sıcaklık, aşınan yüzey üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüzey sıcaklığının yüksek oluşu, metalik metalin ve sert yüzeyin kuru sürtünmesinde aşınma değerini arttırmaktadır.

Yüzeyin aşınma değerini belirleyen diğer bir etken de yüzeyin pürüzlülüğüdür. Kayma ve yuvarlanma şeklindeki aşınma hallerinde pürüzlü yüzeyler aşınmayı çoğaltan birinci etkiyi yapar.

Maddelerin aşınma dayanıklılığını açıklayacak bir sayı veya büyüklük yoktur. Ne sertlik ne iç yapı, ne dayanım ve ne de kimyasal bileşim malzeme aşınma direncinin belirlenmesinde bir esas oluşturmaz. Sadece malzemelerin pratikte maruz kalacağı aşınma türüne karşı davranışının deneysel olarak incelenmesi durumunda o malzemenin o aşınma türüne karşı dayanımı hakkında bir tahminde bulunulabilir (Anık, 1994).

2.1 Aşınma Çeşitleri

Metalik malzemelerin aşınması, metalin oksitlenmesi, sürtünme ortamında oluşu, çatlaması ve darbe altında olmasıyla oluşmaktadır. Deforme olmuş bir parça işlevini yerine getiremeyeceğinden, ya yenisiyle değiştirilmeli veya uygun bir doldurma usulüyle eski haline getirilmelidir. Aşınmanın incelenmesinde en önemli olay aşınma nedenlerinin belirlenmesidir.

Metal malzemelerin aşınması tek bir etki altında gerçekleşmiş olsaydı, doğru malzemenin seçimi ya da sebebi ortadan kaldırmak veya tamir-bakımı kolay olacaktı. Fakat genelde metalsel malzemeler iki yada daha çok aşınma tiplerine maruz kalarak aşınırlar. Bu da uygun malzeme seçimini, sert dolgu kaynak işlemini ve yüzey sertleştirme işlemlerini zorlaştırmaktadır.

Buna göre metal malzemelerin çalışma şartlarına göre

maruz kaldıkları aşınma çeşitlerini şu şekilde sıralarız;

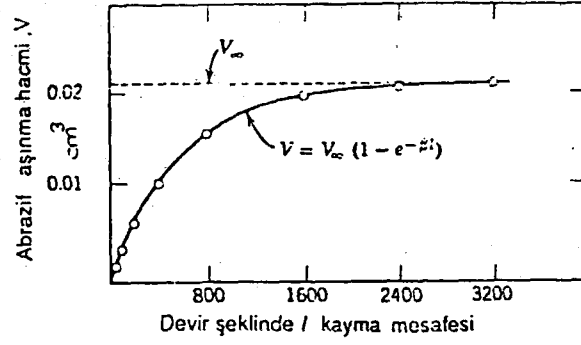
- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1-Abrazif aşınma. | 4- Kazıma aşınması. |
| 2- Darbe aşınması. | 5- Korozyon aşınması. |
| 3- Adhezif aşınma . | 6- Yorulma aşınması. |

2.1.1 Abrazif aşınma

Abrazif aşınma, yabancı malzemelerin, metalik malzemeleri sürtünme ve ovalama ile aşındırmasıdır. Bu aşamada aşınmanın derecesi, uygulanan yük ve kayma mesafesiyle doğru orantılı olduğu saptanmıştır. Abrazif aşınmanın kayma mesafesine bağımlılığı oldukça karmaşıktır. Kayan sistemin, kayma fiili sürdükçe tekrar tekrar abrazif aşınma oluştuğundan, kayma sürdükçe aşınma derecesi azalma eğilimindedir. Mulhearn ve Samuels (1962) çeliğin silisyum karbür kağıdı ile aşındırıldığında, aşınma derecesinin zamanının bir fonksiyonu olarak tetkik etmişler ve verilerin:

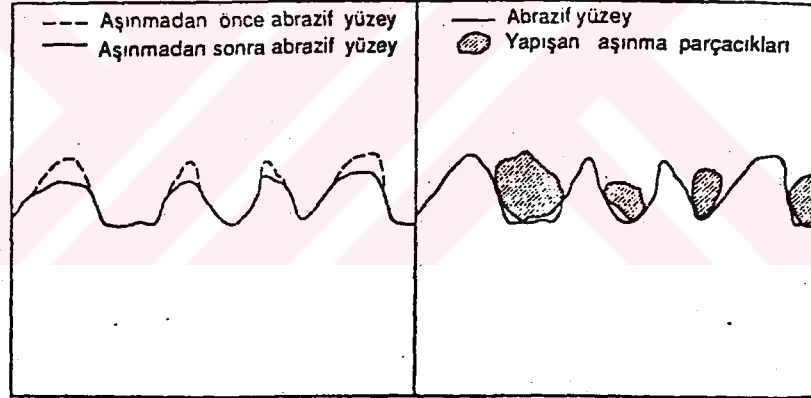
$$V = V_a . (1 - e^{-\beta l})$$

şeklinde bir denkleme uygunluğunu bulmuşlardır. Burada V; kaymanın sonsuza dek devam etmesi halinde abrazyon yoluyla kaldırılan toplam metal hacmi, β 'de bir sabit olur. Şekil 2.1'de Mulhearn ve Samuels'in verileri görülmektedir. Adı geçen bu çalışmada aşınmanın muhtemelen düşüşü abrazif taneciklerin körleşmesi ve aşındırılmış malzemedен çıkmış parçacıkların kağıdı tıkaamasından oluşacağı sonucuna varmışlardır (Oğuz, 1993).



Şekil 2.1 Mulhearn ve Samuels 220 grade silisyum karbürü kağıt üstünde çeliğin abrazif aşınması.

Adı geçen bu çalışmada aşınmanın düşüşüne abrazif taneciklerin körleşmesi ve aşındırılmış malzemeden çıkmış parçaçıkların kağıdı tıkaşından oluşacağı sonucuna varmışlardır(Oğuz, 1993).

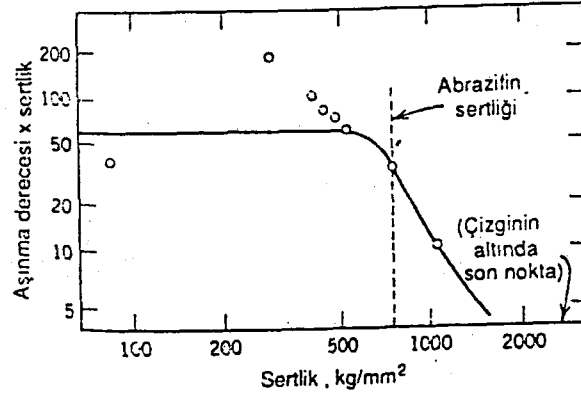


Şekil 2.2 Abrazif yüzeylerin aşınmadan önce ve sonra, körlenmeyi gösteren izafi görünüş

Şekil 2.3 Aşınma artıklarıyla tıkanmış varsayımsal abrazif yüzey.

Bu değerlerin malzemenin çalışma ortamında sabit çıkması mümkün değildir. Bizim ortamımızda aşınma değeri artan oranlarda devam edecektir.

Bir aşındırıcı kullanıldığında bir yüzeyin abrazif aşınma derecesi, yüzeyin sertliği ile ters orantılıdır.



Şekil 2.4 Sertlikle aşınma derecesinin ilişkisi (Oğuz, 1993).

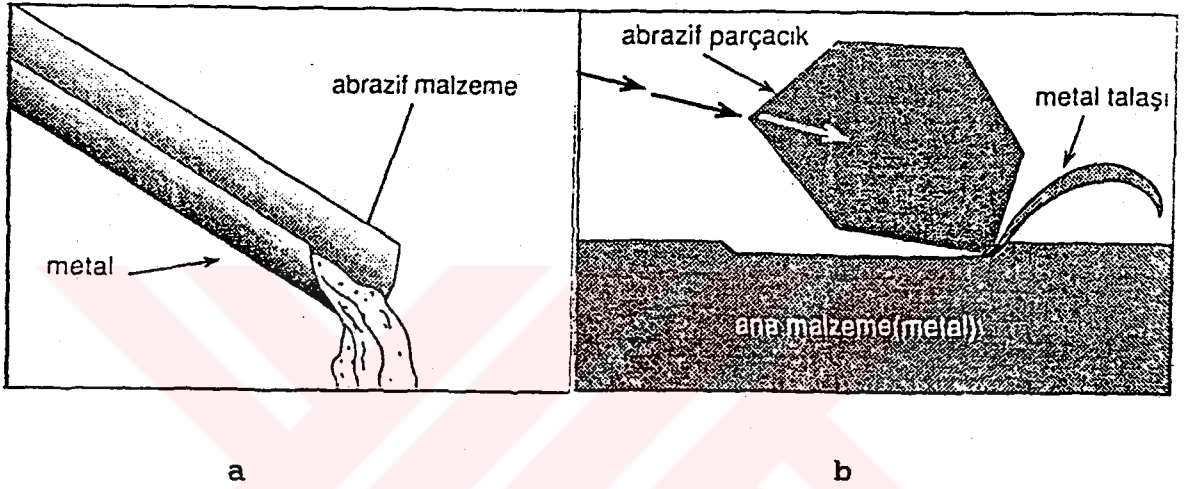
Abrazif aşınma derecesinin düştüğü sertlik değeri, abrezif ortamın sertliğine çok yakındır. Hiçbir abrazifin kendinden daha sert bir şeyi kesemeyeceği daima akılda tutulacaktır. Bu açıdan en belirgin aşındırıcının kum (SiO_2) olduğu hatırlanacaktır. En belirgin mühendislik malzemesi ise çelik olup değişik değerlerdedir. Bu itibarla çok sert bir çeliği kum aşındıramaz.

Bu aşınma türü endüstri kollarında parçaların % 50 -60'ını aşındırmaktadır. Bu aşınma şeklide üç ayrılır;

- a- Düşük gerilmeli abrazyon.
- b- Yüksek gerilmeli öğütme abrazyonu.
- c- Oyma abrazyonu.

2.1.1.1. Düşük gerilmeli abrazyon:

Şekil 2.5 a ve b'de de görüldüğü gibi abrazyif parçacık keskin kenarları ile ana malzemeyi aşındırmaktadır. Bu aşınma şekli abrazyif parçacığın hızına, büyüklüğüne, sertliğine ve kenarlarının keskinliğine bağlıdır.

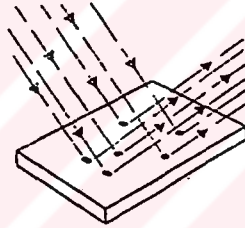


Şekil 2.5 (a) Kayan abrazyif malzemenin düşük gerilmeli olarak metal yüzeyi aşındırması. (b) Metal malzemedeki talaş kaldırma abrazyif parçacığının ve metal talaşının şematik görüntüsü.

Düşük gerilmeli abrazyonda aşındırma şekilleri :

Basınç	: Yok Az
Darbe	: Yüksek
Parçacık Hızı	: Yüksek
Ortam	: Gaz

Bu aşınma tipinde aşındırıcı parçacık küçük ve sert bir malzeme olup gaz ortamında çok yüksek hızda hareket edebilmektedir. Belirli bir açıyla oluşan bölgesel darbe hareketleri çok kısa zaman aralığında bu hareketleri yineleyerek bir bombardıman şeklini gösterecektir. Erezyon bir kez başlayınca çok hızlı bir büyüme gösterecektir. Bu nedenle malzemenin yüzey konumu çok önemli olup, olabildiğince düzgün ve kaygan olmalıdır. Özellikle, ziraat, çimento, elektrik üretim, dökümhaneler, sinterleme üniteleri gibi endüstrilerde sık rastlanmaktadır.



Şekil 2.6 Gaz ortamında erezyon oluşumu.

Düşük gerilmeli abrazyonda, çalışma ortamında basınç ve parça hızının düşük olduğu durumlarda da aşınma oluşmaktadır.

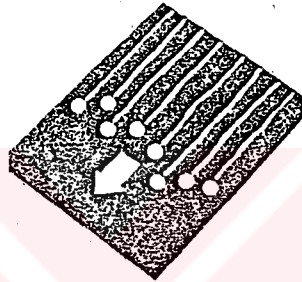
Basınç : Düşük

Darbe : Yok

Parçacık Hızı : Düşük

Bu aşınma çeşitinde, abrazyon oluşturan malzeme metal

ölmeyen parçacıklardır. Örneğin, sentetikler, mineraller, sebze vs parçacıklar gibi. Genelde aşınma son derece küçük olup metal yüzeyi üzerinde kayarlar. Aşınmış olan yüzey, parlak görüntüsü ve parçacık hareketleri doğrultusunda çok ince çizikler olarak tanımlanabilir. Özellikle, ziraat, tuğla, çimento, döküm, çakıl, çelik gibi endüstrilerde sık rastlanan bir aşınma çeşitidir.

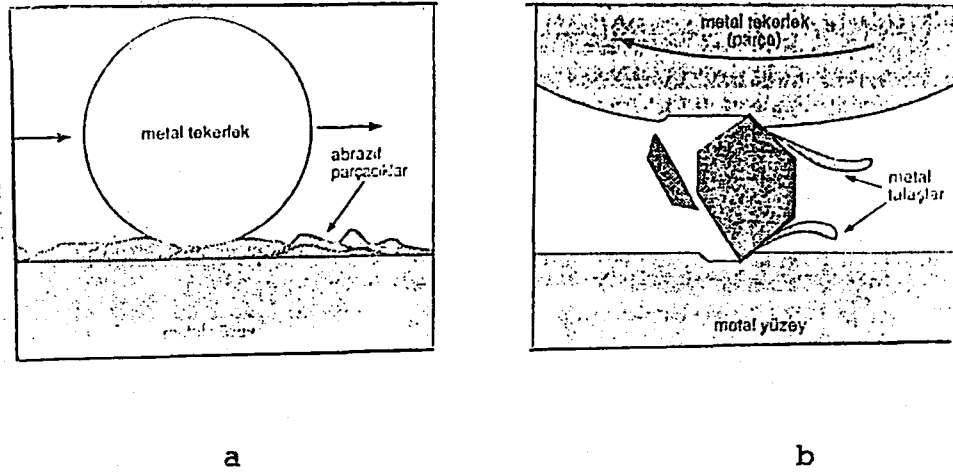


Şekil 2.7 Metal dışı aşındırıcıların sebep olduğu abrazyon oluşumu.

2.1.1.2 Yüksek gerilmeli öğütme abrazyonu

Bu aşınma türünde aşınmayı oluşturan malzeme ile (abrazif parçacık) aynı olup ilave olarak bir kuvvet gelerek oluşan aşınma türüdür. Bu aşınmada abrasif parçacık iki metal malzeme arasında kalıp sıkışarak öğütülmekte ve bu esnada metal yüzeyleri aşındırmaktadır.

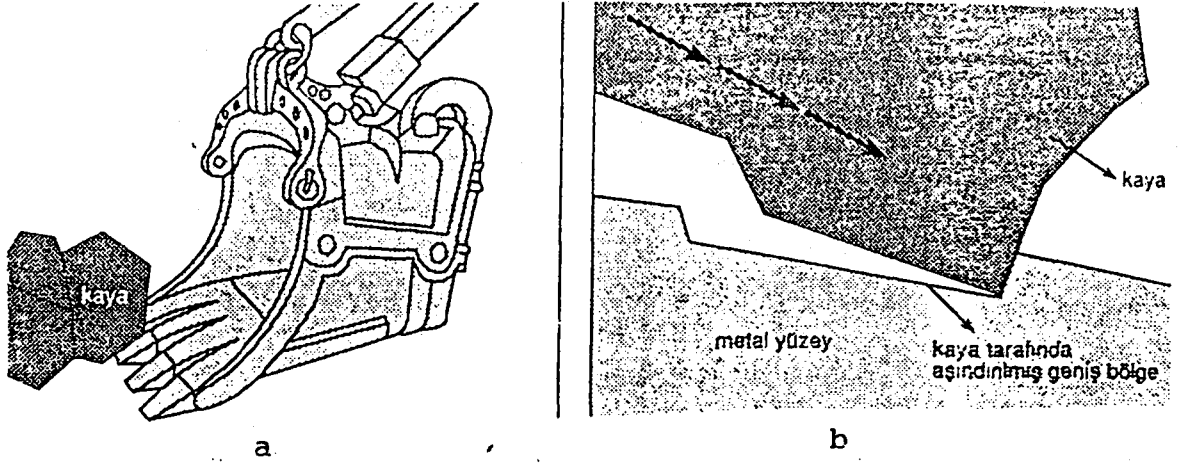
Bu tür aşınmalarda yüzey sertleştirme dolgu alaşımı olarak östenitik manganlı çelikler, martenzitik çelik ve bazı karbürlü alaşımlar kullanılır. Şekil 2.8'de yüksek gerilmeli öğütme abrazyonu şematik olarak görülmektedir.



Şekil 2.8 (a) İki metal parça arasında sıkışan abrazyif malzemenin orjinal malzemeyi aşındırması. (b) Metal komponent arasında sıkışarak ufalanan abrazyif parçacığın keskin kenarları ile iki malzemeden talaş kaldırması.

2.1.1.3 Oyma abrazyonu

Yüksek gerilmeli ve düşük gerilme abrazyonunun darbe ve ağırlık ile birleştiği zaman ortaya çıkan aşınma şeklidir. Bu tür aşınma özellikle kömür ve taş ocaklarında kullanılan kepçe dişlerinde rastlanmaktadır. Ağır kütleli abrazyif parça metal malzeme üzerine basınçla etki ederek ve metal malzemeyi oyarak aşındırır. Şekil 2.9'da abrazyif parça (kömür,taş,çakıl vb.) kepçe dişlerine darbe ve basınçla oyma aşındırması uygulanmaktadır.

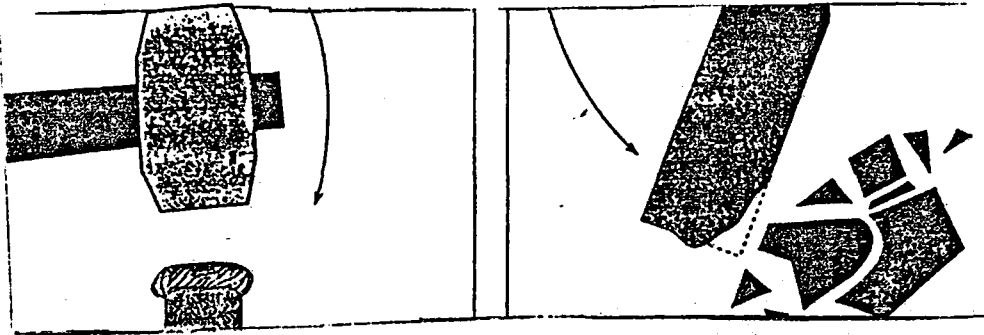


Şekil 2.9 (a) Düşük hız ve kuvvetle kaya ağırlığının metale darbesi ve kayanın metal yüzeyi oyarak aşındırması (b) Şekil 2.9 a'nın şematik detay görüntüsü.

Oyma abrazyonuna maruz kalan parçalar kazıcı kepçeler, ekskavatör kovaları, döner kaya kırıcıları, silindir kırıcılar, çeneli kırıcılardır.

2.1.2 Darbe aşınması

Darbeli ortamda ve genellikle sürekli darbe altında çalışan metallerin yüzeylerinde gerilmeler malzemenin elastik sınırını aştığında, yüzeyde deforme olan bölümler yayılırlar. Ve zaman içerisinde çatlayıp koparlar.



Şekil 2.10 Darbeyle aşınma görülmektedir.

Çok sert gevrek metal yüzeyler kuvvetli darbelerle

veya hafif sürekli darbeler sonucu deformasyona uğramazlar, fakat kırılırlar. Sünek metaller ise kırılmazlar fakat darbe altında ya mantar başı veya keskin kenarlı yuvarlanma eğilimi gösterir.

2.1.3 Adhezif aşınma (Metal - Metale)

Bu aşınma türü tüm aşınma çeşitlerinin % 15 'ini oluşturur. Adhezif aşınmada metal parçalarının yoğun olarak birbirine sürtünmesi ile oluşur. İki metal birbirine sürtünme esnasında, yüzlerde bulunan pürüzlerden yüksek olanı dağılır ve zayıf parçalar sürüklenir. Bu işlevin devam etmesi sonucu aşınan kısım kopan parçanın da yardımıyla daha çabuk aşınmaktadır.

2.1.4 Kazıma aşınması

Bu aşınma türü karşılıklı çalışan malzeme yüzeylerinden bir tanesinin yüzeyindeki sert bir çıkıntının veya yüzeyde bulunan sert bir taneciğin diğer malzeme yüzeyinde meydana getirmiş olduğu bozulma miktarıdır.

Bu aşınma şeklinin mekanizması bir abrazif taneciğin geçici olarak kayan yüzeylerden birine yapışıp yada onda yataklanıp öbüründe bir oluk açması şeklinde görülmektedir.

2.1.5 Korozyon aşınması

Metalik malzemelerin her biri korozyonun bir çok şekline maruz kalarak aşınmaya uğrarlar. Bu tip aşınmanın en yaygın olanı oksitlenmedir. Oksit tabakası zamanla

yüzeiden kalkarak orjinal metal kalınlığının azalmasına sebep olur. Korozyon aşınmada genelde ikinci faktör olarak belirlenir. Korozyon aşınmada oksit parçacığının aşınma dayanımı sıcaklık ve hız gibi değişkenlerin bir fonksiyonudur. Her ne kadar yüzey sertleştirme dolgu alaşımları korozyona karşı bir dayanım sağlarsada, korozyon miktarının sıfıra indirilmesi zordur.

Çelik su ile irtibat ettiği zaman küçük elektrik pilleri meydana gelir. Asitli nem (elektrolit) çeliğin yüzeyini etkilemeye başlar. Neticede yüzeyin oksite dönüşmesine sebep olur.

2.1.6 Yorulma Aşınması

Bu aşınma türü de, malzeme yüzeyine periyodik olarak tekrarlanan gerilmelerin uygulanması durumunda meydana gelir. Bunun sonucunda da malzeme yüzeyinde çatlamlar oluşur. Yüzeyde oluşan bu çatlakların birleşmesiyle aşınma parçaları meydana gelir. Yorulma aşınması, gerilme değişmesine bağlı olarak oluşur. Gerilmenin fazla olduğu yerlerde aşınma daha fazla meydana gelir.

2.2 Aşınmayı Etkileyen Faktörler

Endüstrinin her kolunda aşınma çok büyük bir problemdir. Bu problemin çözümüne ulaşabilmek için öncelikle aşınmayı gerçekleştiren etkenlerin belirlenmesi gerekir.

Bu etkenlerin tek tek veya birlikte oluşumu aşınmayı meydana getirmektedir. Aşınmayı etkileyen faktörler ise

malzeme, tasarım, basınç, çalışma ortamı ve de çevre diye sıralayabiliriz.

2.2.1 Malzeme

Kullanılacak malzemenin elastisite modülü (E), ısı iletkenliği, sertliği, tane boyutu, alaşım elementleri, kimyasal bileşimi gibi özellikleri bu faktörü oluşturmaktadır. Aynı malzeme için farklı mikro yapılarda ve tane boyutlarında değişik aşınma miktarları tesbit edilmiştir. (Özgüven, 1994). Malzemenin döküm özellikleri de etkili olduklarıdır. Dökümdeki boşlukları ve çuruf kalıntıları malzeme dayanımına etkili olmakta ve çentik etkisi yaparak kırılmada önemli etken olmaktadır. Isıl işlemlerde malzemenin döküm özelliklerindeki etkili olmasından dolayı malzeme faktörleri içerisinde saymak mümkündür. Burada aşınmaya karşı çalışacak bir malzemede, mukavemet özelliklerinin sabit kalması şartıyla sertliğinin artması, aşınma kayıplarını azaltıcı bir faktördür.

2.2.2 Tasarım ve basınç

Tasarımda kullanılacak parçanın şekli uygulanan yüklerin basınç şiddeti, yüzey pürüzlülüğü gibi özellikler tasarım değişkenlerini oluşturur. Malzemelerin aşınmasında, yükleme ve basınç şekli önemli bir etkendir.

Malzemeye gelen çarpma şeklindeki darbe ve yüklemeler, malzemenin plastik deformasyonuna sebep olabilir. Bu nedenle, bu tür uygulama alanlarında seçilecek malzemenin

darbeye mukavim bir yapıda olması aranılan bir özelliktir. Malzeme basma - akma gerilmesine mukavim bir yapıda olmalıdır. Ayrıca yüzeyin pürüzlü olmasında aşınmayı hızlandırıcı bir faktördür.

Bu nedenle de karşılıklı temas halindeki yüzeylerin mümkün olduğu kadar pürüzsüz olmasına dikkat edilmelidir. Yine malzemenin tasarımının keskin köşe ve çentik etkisi yapacak kısımların bu etkisini kaldıracak biçimde olmaları gerekir.

2.2.3 Çevre

Aşınmaya karşı çalışan malzemenin çalışma ortamındaki sıcaklık, aşırı nem, korozif atmosfer ve su gibi özellikler çevre değişkenlerini oluşturmaktadır. Aşırı nem ve korozif ortamlarda çalışan malzemelerin korozyon direncine sahip olması gerekir. Yeterli korozyon direncine sahip olmayan malzemelerin yüzeyindeki çatlaklar, kir ve tufal tabakaları altında, iç yapıdaki taneler arasında korozyon görülebilir. Endüstri ve kömürle ısıtmanın yoğun olduğu bölge ve kentlerde havayı kirleten kükürt bileşikleri akla gelen ilk örneklerdir (Doruk, 1982).

2.2.4 Çalışma Ortamı

Malzemenin çalıştığı ortamdaki değişken faktörler aşınmada etkilidir. Şöyle ki malzemenin, basınç ve darbeye dayançlı olmaması taş ve kaya gibi darbeli bir ortamda çalışmasını olumsuz kılar. Bu ve buna benzer şartlar malzemenin aşınmaya karşı mukavim olmasında seçtirici etkendir. Malzeme bu ortamların hepsinde çalışma gibi bir durumla karşı karşıya kalıyorsa hem sürtünmeye hem darbeye ve aşınmaya mukavim özellikte olmalıdır. Ayrıca malzemeyi kullananında malzemeyi çok iyi tanıyıp, çalışma esnasında bu faktörleri göz önünde bulundurması gereklidir. Bu amaçlada hem darbeye ve hem de sürtünme ile aşınmaya karşı SLİ işletmelerinde yüksek manganlı östenitik malzeme uygun görülmüştür. Bu malzeme çalışma esnasında darbeye sertleşme özelliği gösterdiğinden, aşınmaya ve darbeye mukavim bir özelliktedir.

2.3 Aşınma ve Malzeme Seçimi

Endüstride kullanım sahalarına göre aşınma türleride çok farklı olabilmektedir. Çok farklı davranışa ve çalışma şartlarına sahip farklı türden malzemeler söz konusudur. Bu malzemeler arasında seçim yapılması gerekmektedir. Bir alaşım grubu içerisinde az yada çok, birbirinden değişik tarzda üretilmiş ve değişik türde malzemeler vardır. Bu nedenle aşınmaya karşı en yüksek direnci sağlayacak malzemenin seçimi kolay bir tercih değildir. Belirli bir alaşım korozyona karşı çok iyi bir sonuç verirken, aşınmaya karşı aynı

iyi sonucu vermeyebilir. Yine başka bir alaşım ise, çok yüksek aşınma dayanımı gösterdiği halde, yüksek sıcaklıklarda bu özelliğini istenilen değerde gösteremeyebilir. Bu nedenle her uygulamanın kendi ortamı, koşulları göz önüne alınarak malzeme seçimi yapılmalıdır.

Sadece teknik açıdan bakılacak olursa, aşınma kontrolünde en kolay çözüm daha dayanıklı malzeme kullanılmasıdır. Bazı durumlarda bir çok aşınma problemine karşı iyi bir alternatiftir. Malzeme seçiminde sadece aşınmaya mukavim olmanın yanında diğer teknik özelliklerde (Mekanik dayanım, kaynaklanabilirlik özelliği vb.) olması ve bu özelliklerin ekonomik faktörlerle uyumasıdır.

Bir malzeme belirlenirken genelde üç aşamadan geçirilir:

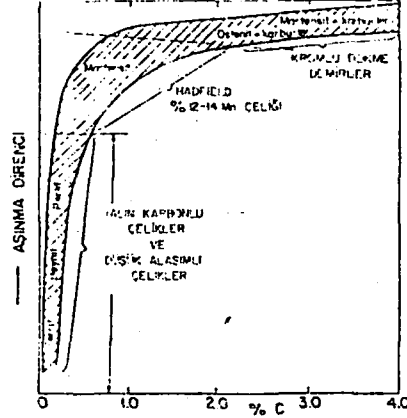
1. İhtiyaçların belirlenmesi
2. Aday malzemelerin belirlenmesi
3. En ekonomik malzemenin seçimi

Ayrıca malzemenin kullanım süresi sonunda tamir ve bakım işlemlerinin yapıyor olma özelliğide ekonomiklik açısından önem arz etmektedir.

Bir metalik malzemenin aşınma ve korozyon direnci; sertliğinin iç yapı durumunun, tokluğunun, kimyasal bileşiminin, oksitlenme dayanımının ve ısı şoklarına direncinin bir bileşimidir.

Bizim incelemeye aldığımız kepçe dişleri, mümkün

olduğu kadar sert, tokluğu iyi ve karbür içerikli olmalıdır.



Şekil 2.11 Aşınma direncinin çelik iç yapısına bağlılığı (Tekin, 1982).

Bir metalik malzemenin yıpranmaya direnci aşağıdaki faktörlerden etkilenir.

Sertlik	-> Brinell, Vickers, Rockwell, birimlerinde
İç yapı Durumu	-> Yoğunluk, gözenek, ferrit, martenzitik, üsttenitik, karbürü, tek veya çift fazlı
Tokluk	-> Sıcak ve soğuk çentik darbe tokluğu
Kimyasal dayanımı	-> Sıvı ortamlara karşı
Pullanma	-> Gaz ortamlara karşı
Isıl şoklama	-> Ani sıcaklık değişimlerine karşı

2.4 Aşınma Probleminin İncelenmesi

Her aşınmanın ekonomik yönden etkilerini belirlemek ve kendi incelemelerimizi mümkün kılmak, aşınmanın sebep olduğu maddi zararları bulmak için uğraşılır (Anık, 1994).

Aşınma probleminin incelenmesinde, özel ve genel iki aşama vardır. Bir diğer grup ise organizasyon ve koordinasyon işleriyle uğraşır. Sayısız araştırmalarda elde edilen tanımları ve deneyimleri toplar. İşletme bazında aşınma problemleri üzerinde yapılan araştırmalarda çeşitli adımlar ortaya çıkmakta, ilerlemenin sağlanması için bir metodun belirlenmesi gerekmektedir. Çıkış noktası aşınma analizidir.

Yani aşınma tehlikesi olan bölgelerin, aşınma cinsinin, ve aşınma miktarının tesbit edilmesi gerekir. Burada, aşınmaya karşı yapılacak mücadelenin şekli belirlenir. Bu ön çalışmaları teknik tedbirler takip eder. Bunlar üç gruba ayrılırlar.

1. Esas yapının aşınma direncini yükseltmek,
2. Aşınma zararlarını azaltmak,
3. Aşınmalar tam ortadan kaldırılmasada sorunları azaltmak (Anık, 1989).

Ayrıca aşınma problemlerini inceleme aşamasında, yerinde inceleme en uygunu olmaktadır. Bu sebepten dolayı uygulama yerinde incelemede;

1. Hasara uğrayan kısmın mümkün olduğu kadar yanına gidilmeli,
2. Problemlerli bölgenin ve çevrenin fotoğrafı alınmalı,

3. Aşınan malzemenin fonksiyonu belirlenmeli,
4. Devreye alma, çalışma süresi, ortam koşullarındaki değişmelerle ilgili kayıtlar incelenmeli,
5. Orjinal malzemenin seçiminde hangi veriler ve deneyimlerden yararlanıldığı saptanmalı,
6. Bağlantı elemanlarının etkilerinin olup olmadığı araştırılmalı,
7. Ekipman tasarımı yapan kişi ve işletme bakım personelinin görüşleri alınmalı,
8. Deneyimsiz personelin önyargılı tahminlerine güvenmemeli,
9. Detaylı araştırma gerekiyorsa ani karar vermemeli,
10. Laboratuvar numunelerinin doğru bir şekilde alınmasına, numaralandırılmasına ve ambalajlanmasına dikkat edilmeli,
11. İlgili personele yapılan planın bir özeti verilmeli,
12. Bu bulgularla ilgili bir rapor hazırlanmalıdır. (Haliloğlu, 1986).

Bu incelemeler neticesinde, aşınan parçaların ömrünün uzatılması veya kullanım süresini arttırmak amacıyla ne gibi önlemler alınması gerektiği düşünülmelidir. Aşınmış parçaların yüzeylerinin kaplanması, tekrar yüzey sertleştirilmesi, kaynak dolgusu vb. işlemler yapılabilmektedir. Fakat aşınan parçaların nerede çalıştıkları ve ne gibi zorlayıcı etkenlere maruz kaldığı bilinmelidir. Bu etkenler

neticesinde, önce malzemeye ve daha sonrada uygun bir tamir ve bakım işlemine başvurulur.

Bu şartlar göz önünde bulundurularak, darbe ve aşınmanın birlikte olduğu yerde, malzeme tokluğu aranması, kaynak kabiliyetinin olması, arazi ve atelye şartlarında işlenebilirliğin kolay olması, sertlik değerinin yüksek olması ve döküm ile şekillendirmenin kolay olması gibi sebeplerden dolayı östenitik yüksek manganlı çelikler seçilmiştir.

Kütahya Seyitömer İşletmelerinde yüksek manganlı östenitik % 13,39 Mangan ve % 1,12 C 'lu malzeme kullanılmaktadır.

2.4.1 Aşınmanın Ölçülmesi

Ne tür bir aşınma deneyi uygulanırsa uygulansın, aşınma miktarı ya da aşınma hızı aşınma deneyi uygulanan parçanın hacmi ya da ağırlığının belirli koşullarda azalma miktarının ya da azalma hızının ölçümünü içerir.

Sürtünme aşınmalarında hacim azalması

$$V, \Rightarrow V = k * \frac{L * S}{3 H} \text{ eşitliği ile verilir.}$$

Burada L = uygulanan yük, S = sürtünme boyu, H = Wickers sertliği ve k = aşınma katsayısıdır.

Aşınmanın az olduğu durumlarda ;

$$k = 10^{-7} - 10^{-8}$$

Aşınmanın çok olduğu yerlerde ise ;

$$k = 10^{-4} - 10^{-3} \quad \text{değerlerini alır.}$$

Bazen aşınma, özgül aşınma olarak verilir. Bu d/PS oranına aittir. d = aşınma derinliği, P = uygulanan güç, S = sürtünme boyu

En önemli etmeni aşınma olan uygulamalarda, bazen kullanım ömründe aşınma özelliklerini karşılaştırmak amacıyla kullanılmaktadır (Tekin, 1991).

Aşınmanın etkisini en aza indirmek amacıyla yapılacak en iyi inceleme, malzemenin kendi çalışma ortamıdır.

2.5 Aşınmanın Ekonomik Yönü

Teorik yönlerin açıklandığı aşınma, tüm endüstri ve diğer kullanımlarda "sinsi" bir tehlike olarak karşımızda durup zamanında ve sistematik bir önlem alınmadığı takdirde çok pahalıya mal olabilecek sonuçlara götürebilir.

Konunun boyutları hakkında bir fikir vermiş olmak için sadece Federal Almanya'da aşınmanın 2 milyarını metalurji, 1,5 milyarını madencilik, 500 milyonu plastik imalat sanayiinde ve 1 milyarını da diğer sanayi kolları olmak üzere 5 milyar DM'lik maliyet yüklediğini söyleyelim (Oğuz, 1993).

Yine aşınmanın ekonomik yönünü vurgulamak için, Almanya'da paslanmadan dolayı meydana gelen arızaları gidermek için yıllık haddelenmiş çelik üretiminin 1/3 kadarı harcanmaktadır. Bir Amerikan istatistiğine göre makina arızalarının %11'i aşınma yüzünden meydana gelmekte.

Metal endüstrisinin tümünde bu oran %60 olmaktadır. Bu kayıpları önlemek için sistematik, hızlı ve çok esaslı bir çalışma gerekmektedir. Yine Amerikan istatistiklerine göre dünyada yıpranmanın neden olduğu kayıp yaklaşık 200 milyar DM 'dir (Anık, 1994).

3. ÖSTENİTİK MANGAN ÇELİĞİ

Standartlarda östenitik mangan çeliği, bileşimi yaklaşık %1.2 C ve %12 Mn olan ve Robert Hadfield tarafından 1882 yılında bulunmuş bir çeliktir diye tanımlanmaktadır. Bu yüzden "Hadfield" çeliği diye de adlandırılır. Yüksek tokluğa sahip olmalarının yanında, çok iyi aşınma direnci özelliğine de sahiptirler. Bu çeliğin en önemli özellikleri, ısıl işlem uygulanmış durumda yüksek tokluğa ve yüzeyde deformasyon etkisiyle 500 HB sertlik değerine kadar sertleşmesidir (Metals Handbook, , 1961). Yüksek gerilme karakterli, yüksek süneklilik ve yüksek aşınma dirençlidirler. Haddelenmiş şekilde ve döküm şeklinde, bir çok endüstri kolunda ağır darbe ve aşınmanın birlikte olduğu çalışma şartlarında kullanılmaktadır.

Robert Hadfield'in ilk alaşımı bulduğu 1882 yılından

beri yüzyılı aşkın bir zaman geçmiş olmasına rağmen, alaşım günümüzde de önemini korumaktadır. O zamandanberi aşınmaya dayanıklı başka alaşımlarda geliştirilmiş olmasına rağmen, bu alaşımların bir çoğu östenitik mangan çeliğinin tokluğuna erişememiştir. Bu nedenle çarpma ve abrazif aşınmanın (sürtünme, kesme, ve çizme etkisiyle oluşan aşınma) birlikte olduğu madencilik endüstrisi, taş ocakları çimento ve kil ürünleri vb üretimlerinde kullanılan çeşitli tipteki kırıcı ve kazıcıların vazgeçilmez malzemesidir. Aşınmaya dayanıklı uygulamalar yanında, paramagnetik olduğu için taşıyıcı magnetlerde, indüksiyon fırını parçası olarak ve elektrik aletlerinde de kullanılmaktadır.

Bir madencilik ülkesi olan yurdumuzda da geniş ölçüde tüketilen bu alaşımın üretiminin bilinçli bir şekilde yapılmasının ekonomik açıdan önemi inkar edilemez (Arslan, 1984).

3.1 Östenitik Mangan Çeliğinin Bileşimi

Optimum bileşiminde %1.2 C ve %12-13 Mn esas element olarak bulunur (şekil 3.1). Diğer bazı gösterimlerde ve ASTM 128'de ki belirtmede, standart alaşım içerisinde genellikle %1.0-1.4 C ve %10-14 Mn olmaktadır. % 12-13 Mn oranının altındaki değerler alaşımın özelliğini azaltmakta olup, daha üst sınırlarda da ekonomik bir avantaj sağlamaz.

Çizelge 3.1 Östenitik mangan çeliği için ASTM A 128'de gösterilen standart kimyasal bileşimler (Metals Handbook, 1985).

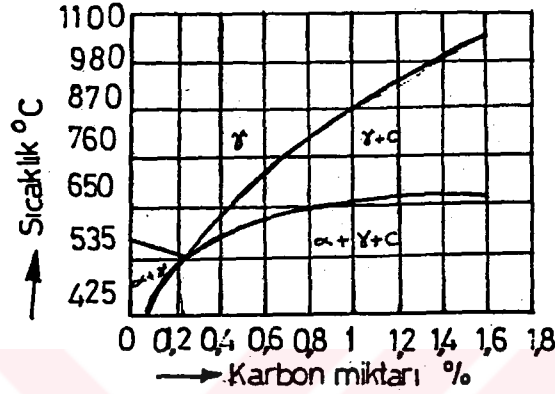
Kimyasal bileşim, % (Ağ)							
	C	Mn	Cr	Mo	Ni	Si (max)	P (max)
A	1.05-1.25	11.0 min	-	-	-	1.00	0.07
B-1	0.9 -1.05	11.5-14.0	-	-	-	1.00	0.07
B-2	1.05-1.2	11.5-14.0	-	-	-	1.00	0.07
B-3	1.12-1.28	11.5-14.0	-	-	-	1.00	0.07
B-4	1.2 -1.35	11.5-14.0	-	-	-	1.00	0.07
C	1.05-1.35	11.5-14.0	1.5-2.5	-	-	1.00	0.07
D	0.7-1.3	11.5-14.0	-	-	3.0-4.0	1.00	0.07
E-1	0.7-1.3	11.5-14.0	-	0.9-1.2	-	1.00	0.07
E-2	1.05-1.45	11.5-14.0	-	1.8-2.1	-	1.00	0.07
F	1.05-1.35	6.0-8.0	-	0.9-1.2	-	1.00	0.07

Karbon miktarının düşük olması dayanımda farklı sonuçlar verir. Karbon miktarının azaltılması akma mukavemetinde düşüğe neden olur. Fakat %1,15 civarında karbon miktarı bileşimde optimum olarak kabul edilir.

Düşük karbon miktarı soğutma esnasında, karbür çökmesinin gevremeye etkisinden kurtulmada etkili olmaktadır. Bu sebepten dolayı düşük karbon oranı, genellikle düşük alaşımlı çeliklerde kullanılır.

Elektrod ve diğer değişik kaynak türleri ile kaynak işlemi yapıldığında meydana gelen sıcaklıktan dolayı büyük parçaların aniden suya daldırma işlemi zor olmaktadır. Bu yüzden parçaların boyutları soğutma işleminde önemli bir faktör olmaktadır. Mangan çeliğinde de östenit dönüşümüne

soğutma hızı etki etmektedir. Bu çelik türüne mangan östenit dönüşümünü geciktirmede temel katkı elamanı olarak katılmaktadır. Bu nedenle çelikte en az yaklaşık % 1,15 oranında mangan mevcuttur.



Şekil: 3.1 % 13 Manganolu C-Mn çelik diyagramı.

Manganez çeliğinde izotermal dönüşümün başlaması yaklaşık 371°C'de olup, dönüşüm 15 saniyede olmaktadır. 200°C altında, faz değişimi ve karbür çökmesi yavaş olmasından dolayı, pratik uygulamalarda bu sıcaklığa kadar ki değerler ihmal edilebilir. Bileşim içerisinde mangan oranı % 10'u geçiyorsa dönüşüm gerçekleşmez. Bu çelikler yüksek mangan içerdiklerinden dolayı östenitik haldeyken soğuk işlem uygulandığında östenit martenzite dönüşür ve sertlik 200 HB'den 600 HB değerine ulaşır. Schumann'a göre bu çelikteki dönüşüm aşağıdaki sıraya takip eder.

Östenit --> Dislokasyonlar --> İstif hataları-->
 --> E-Martenzit --> . -Martenzit (Tekin, 1987).

Manganez alaşım içerisinde en az %10-14 olursa, akma mukavemetini etkilemez, fakat gerilme mukavemeti ve sünekliği arttırır. Bu özelliklerini belirgin hale getirmek için diğer katkı elementlerinin kontrollü katılması gerekir. Buna rağmen % 10 ile % 13 manganlı çelik arasında farklılıklar olmaktadır.

Darbeli kritik çalışma ortamları için bileşim içerisindeki mangan oranı % 10 olduğunda pek önemsenmesede, en az % 11 olarak istenir. Maksimum değerleri elde etmek gerektiği durumlarda ise mangan oranı % 20 olabilir. Fakat bu da maliyeti yükseltmektedir.

Silisyum amaçlı bir çelik yapmak için başlıca katkı elementidir. Her ne kadar silisyum oranı % 1 oranını nadiren aşıya da darbenin sürekli olduğu yerler de, % 2 silisyum oranıyla akma gerilmesinde ve plastik dirençte ölçülü bir artış görülür. % 2,2 Si oranı, süneklilik ve kesme mukavemetinin azalmasına sebep olmaktadır. (Metals Handbook, 1961).

Kükürt, % 13 Manganlı çeliklerde önemsiz bir elementtir. Ergitme esnasında, gaz olarak önceden çıkar. Kükürt alışılmış oranlarda, düşük alaşımlı çeliklerde bulunur. Ergitme esnasında kükürt curuf tarafından elimine edilir. Böylece mangan, kükürtü zararsız hale getirir. Normal

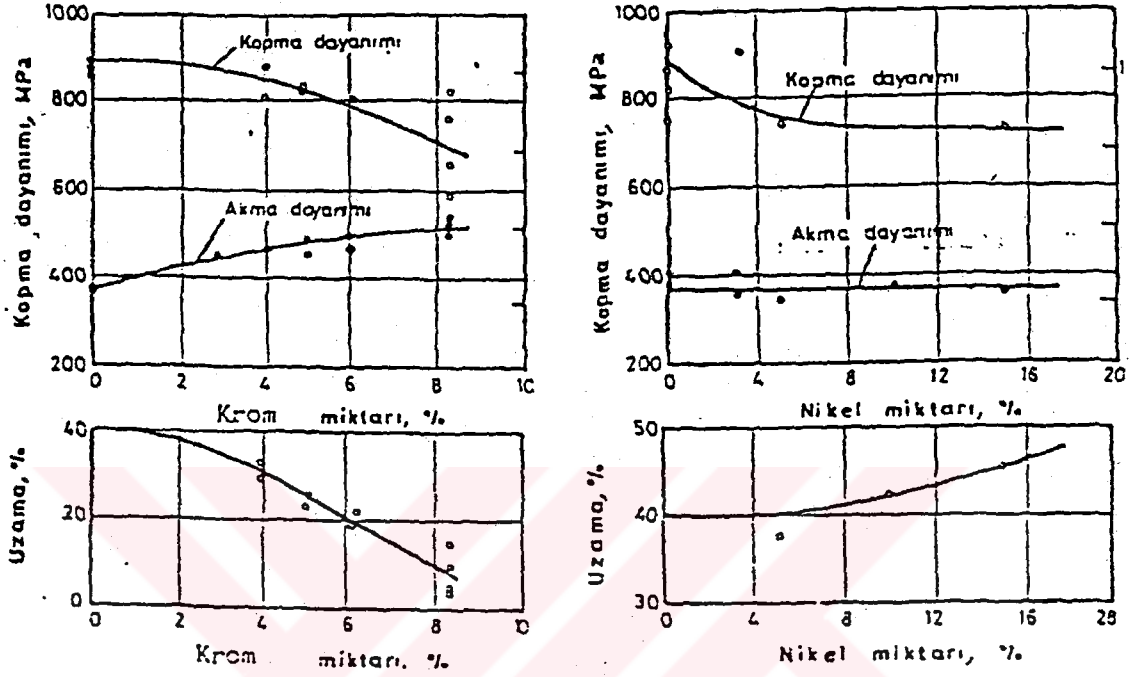
şartlarda %0,10 kükürt yeterlidir. Yine kükürtte % 0,2'yi geçmesi halinde, çeliği kızıl halde tavlı iken bile kırıl-gan yapar.

Fosfor, manganlı çeliklerin içeriğın de seyrek olarak %0,06-%0,07 değerini aşmaktadır. Normal şartlarda fosfor çeliği gevrekleştirip, kırıl-gan yapar. Çeliğe katılan her %0,01 fosfor, çeliğın' çekme dayanıklılığını arttırır. Döküm esnasında çeliğın akışkan olmasını sağlar. Bu avantajlarına karşılık, çelikte % 0,08'in üstünde fosfor bulunursa, düşük sıcaklıklarda çeliği kırıl-gan yapar. Çelik içerisindeki fosfor oranı %0,002-0,035 olabilirse de umumiyetle % 0,02-0,2 arasında değişir (Ersümer, 1987).

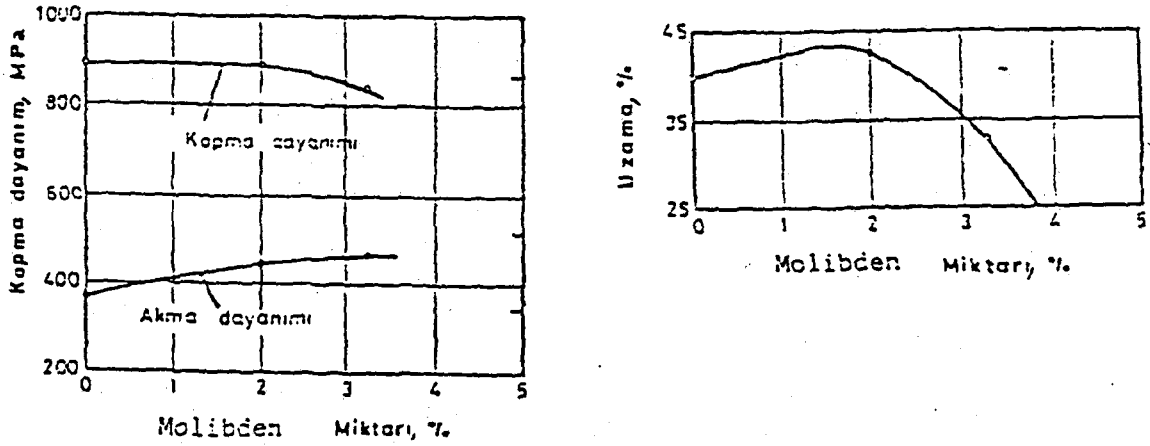
Diğer elementlerden nikel, molibden, bakır ve vanad-yum standart manganezli çeliklerde kullanıldıklarında akma mukavemetini yükseltir, işlenebilirliğini geliştirir ve kaynak eğilimindeki düşük karbonu denetlemek için katılırlar. Bu alaşım elementleri yavaş soğuma esnasında kırıl-gan lığını azaltırlar. Bir çok alaşımlara krom ilavesiyle, alaşımın çekilme ve yayılma özelliğini, çentik darbesine dayanıklılığını az miktarda düşürmesine rağmen, çekme dayanımını, uzama miktarını ve sertleşme özelliğini arttırır. Yüksek alaşımli çelikler ısıya, asitlere ve korozyona karşı dayanıklıdırlar (şekil 3.2).

Manganlı çeliklere Nikel ilavesiyle, sertleşme ve mikroyapı iyileştirilir, çatlama tehlikesi azaltılır. Nikel ve molibden ilavesiyle elektrod kaynağına elverişli-

lik artar. Büyük döküm işlerinde molibden etkilidir (şekil, 3.3) (Metals Handbook, 1961).



Şekil 3.2 Östenit manganlı çeliğe Krom ve Nikel'in etkisi.



Şekil 3.3 Östenitik manganlı çeliklerde molibden'in etkisi.

3.2 Eldesi, Ergitme ve Dökümü

Yeryüzünde demirden sonra en fazla rastlanılan ağır metaldir. Manganın en önemli cevherlerinden MnO_2 (kahverengi), demir karbonat cevheri ile karışık olan manganspat $MnCO_3$ 'den demir üretimi sırasında parlak demir olarak Ferro-Mangan üretilir. Cevherin en çok üretildiği ülkeler arasında Rusya, Hindistan, G.Afrika, Brazilya, Küba ve Türkiye gelmektedir.

Kavrulmuş haldeki MnO_2 ve Alüminyum artıklarından, aluminotermiden istifade ederek %96-80 saflıkta Ferro-Mangan üretilir. Alaşımli çelik üretiminde büyük bir kullanım alanı olan Ferro alaşımlar, yüksek fırında %5-20 Mn'lı parlak demir veya elektrik ark ocaklarında %25-80 Mn bileşimli ferro-mangan olarak da elde edilir (Anık, 1994).

Mangan çeliğinin ergitilmesin de bazik astarlı fırınlar kullanılmaktadır. Çünkü asit refrakterdeki SiO_2 Mangan tarafından redüklenerek ve mangan silikatlar oluşturularak astar hızla aşınmaktadır.

Şarj malzemesi olarak temiz hurdanın yanında dökümhane hurdası olarakta en çok %40 oranında hurda kullanılabilir. Dökümde düşük fosforlu, yüksek karbonlu ferro-mangan kullanılır. Curuf yapıcı olarak ton başına 15 kg olmak üzere kalsine kireç taşı katılır. Curufu deokside etmek için kireç taşının üçte biri kadar 18 mm'nin altında kırılmış kok tozu katılır. Curufun akışkanlığını arttırmak

için CaF_2 'de katılabilir.

Ergitme esnasında karbon oranını ayarlamak için düşük fosforlu pikdemir ilavesi yapılabilir. Sıvı metale potada ton başına 1 kg kadar Al katılması ile kalın kesitli parça dökümünde gözeneksiz bir iç yapı elde edilmesini sağlamaktadır.

Manganez çeliğinin dökümünde sıcaklığın önemi büyüktür. Yüksek döküm sıcaklıkları iri taneli ve segregasyonlu bir iç yapı oluşturarak süneklik ve mukavemeti kötü yönde etkiler. Kalın kesitlerde ve yüksek karbon oranıyla bu kötü etki daha da artar. Döküm sıcaklığının yüksek olması halinde yüksek fosfor içeren bileşimlerde sıcak yırtılma meydana gelmektedir.

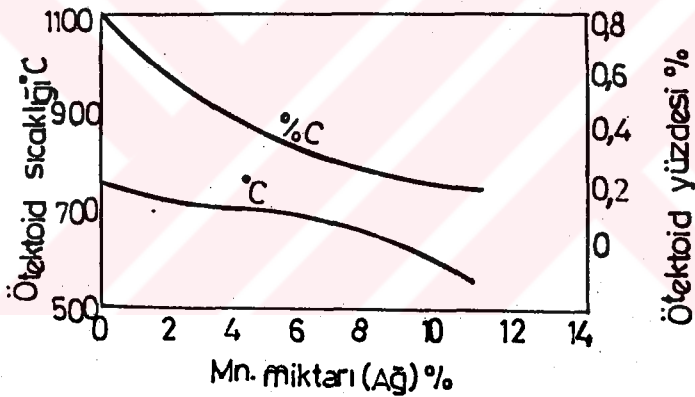
Döküm için kullanılacak potaların yüksek kalitede alümina refrakterle astarlanmış ve alttan boşaltmalı olması daha düşük döküm sıcaklıklarının kullanılmasını mümkün kılar. Manganez çeliğinin katılma aralığı $1343-1400^\circ\text{C}$ dir. Dökümün Liküdüs üzerinde 120°C fazla ısıtılmasıyla özellikleri kötü yönde etkilenir. Manganez çeliği %2.5 oranında katılma çekmesi göstermekte ve boşluksuz bir döküm elde etmek için uygun boyutlarda yolluk ve çıkıcı kullanılması gerekmektedir.

3.3. Manganez Çeliğe ve Demir-Karbon Diyagramına Etkisi

Mangan genel olarak bütün çeliklerde bulunan bir elementtir. Kükürdün fazlasını bağlamak ve deokside etmek

amaçlı ile %0,10-0,25 arasında kullanılır. Çelik yapısında kısmen ferrit yapıda çözünen ve kısmen de sementit (FeMn)₃C şeklinde bulunan bir elementtir.

Az miktarda mangan içeren bir çelikte ötektoid sıcaklığı yaklaşık olarak 735°C iken, %10 Mn ilave edilmiş bir çelikte bu sıcaklık 620°C dir. Şekil 3.4'de çok az mangan içeren bir çelikte ötektoid karbon miktarı % 0,8 olurken, % 4 Mn'lı çelikte bu ötektoid karbon miktarı %0.5 civarında olmaktadır.

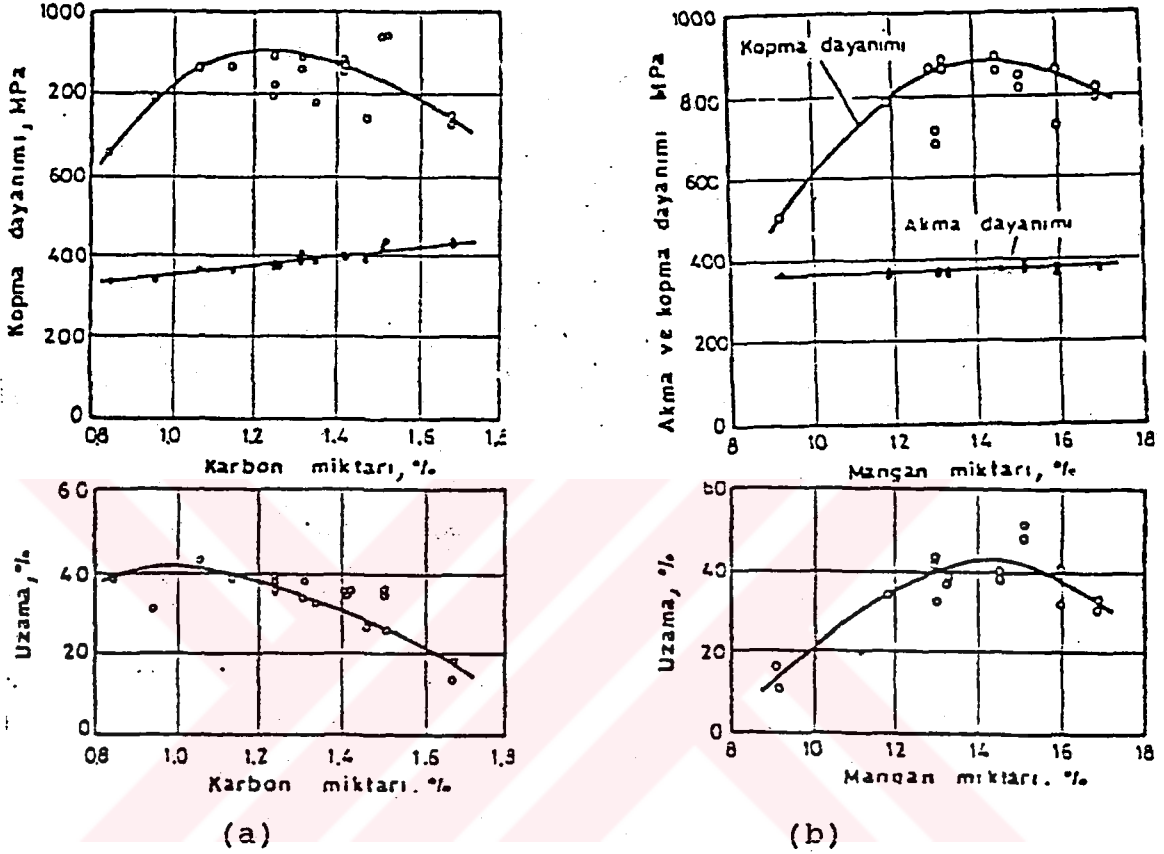


Şekil 3.4. Çelikteki Mn yüzdesinin ötektoid yüzdesine ve ötektoid karbon yüzdesine etkisi (Atçakan, 1978).

Ayrıca Hadfield çeliğinin esas elementleri olan karbon ve manganın etkileri Şekil 3.5 a ve b'de verilmiştir. verilmiştir.

Karbon miktarı açısından % uzama için en uygun karbon miktarı % 1,0 , değeridir. Akma, çekme ve diğer özellikler için en uygun mangan miktarı % 14'dür. Daha

düşük veya daha yüksek mangan miktarı mekanik özellikleri olumsuz yönde etkiler. Akma değerleri için mangan miktarının fazla bir etkisi yoktur (Metals Handbook, 1978).

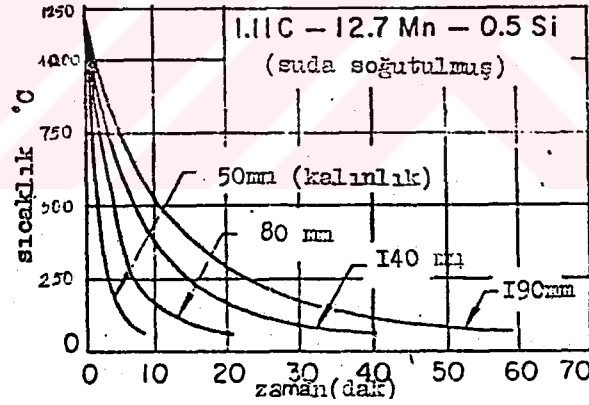


Şekil 3.5. (a) % 13 Mn'li Çelikte karbonun etkisi (b) %1,15 C'lu Hadfield çeliğinde manganın etkisi.

3.4 Isıl İşlemi

Yüksek manganlı östenitik çelikler döküldüklerinde veya haddelendiklerinde karbürler yapıya dağılır ve diğer dönüşümlerin oluşumuyla da yapıda bir gevreklik gözlenir. Manganlı çeliğin dökülmüş durumda özelliklerini en çok etkileyen tane sınırlarında sürekli karbür çökelmelerinin oluşmasıdır. Aslında bu çeliğe uygulanan ısıl işlem bir

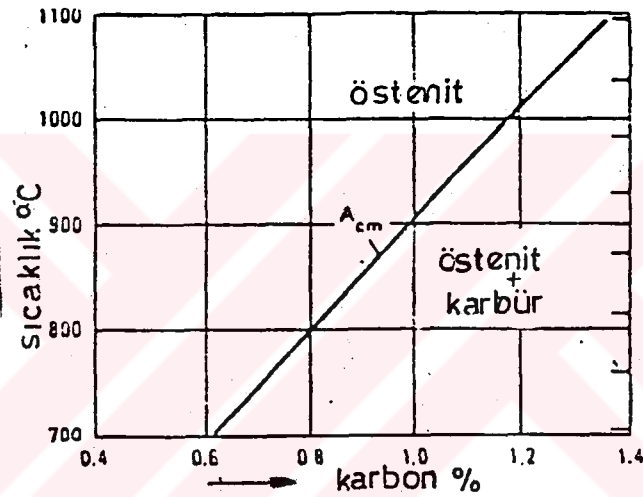
çözündürme işlemidir. Belirli sıcaklıkta karbürler tamamen çözündürülüp östenitik yapı elde edildikten sonra suda soğutma yapılır. Bu ısıl işlemde sonra çelik %30-65 uzama gösterir (Arslan, 1984). Malzemeyi sıcaklıkta tutma zamanı ise parçanın boyutlarına göre belirlenmektedir. Sıcaklık 1000°C altında tutulduğunda, istenilen karbür çözünmesi 20-30 dakika da oluşur. Kalın kesitli parçalarda ise ısıtma zamanı için bir tolerans verilmesi gerekmektedir. Her ne kadar soğutma suyu devir-daim yapsa da, yüzeyin ısı absorbesi için daldırma hızı da önemlidir. Eğer dikkat edilmez ise kalın kesitli merkezinde daha düşük mekanik özellikler verir. Kesit kalınlığına göre sıcaklık-zaman grafiği Şekil 3.6'de verilmiştir.



Şekil 3.6 : Kesit kalınlığına bağlı olarak yüksek manganlı çeliklerdeki soğutma eğrileri (MetalsHandbook, 1985).

Isıl işlem yapılması esnasında en önemli nokta soğutmadan önce tamamen östenitik bir yapı elde edilmesidir. Isıl işlem fırınında sıcaklık dağılımının üniform

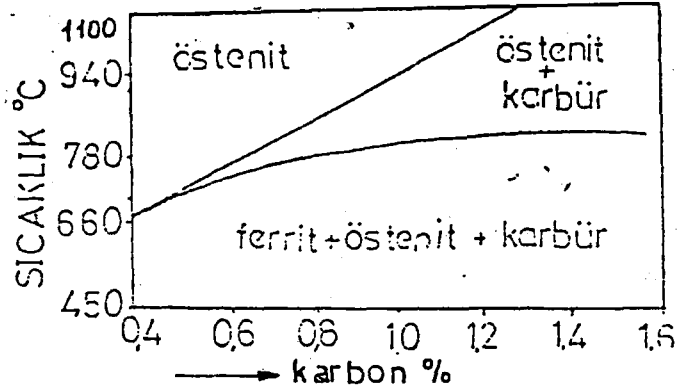
olmasına dikkat edilmelidir. %13 Mn 'lı çelikte karbonun çözünürlük sınırı (A_{cm}) eğrisi şekil 3.7'de görülmektedir. Karbon oranına göre tavlama A_{cm} çizgisinin 10-40°C üzerinde yapılmalıdır. Mangane çeliğinin ısıl iletkenliği düşük, ısıl genleşmesi büyük olduğundan çatlamayı önlemek için karmaşık şekilli parçaların yavaş ısıtılması gerekir. Isımanın A_{cm} sıcaklığına kadar kademeli olarak yapılması çatlamaları engelleyecektir.



Şekil 3.7. Karbon oranına göre tavlama sıcaklığı.

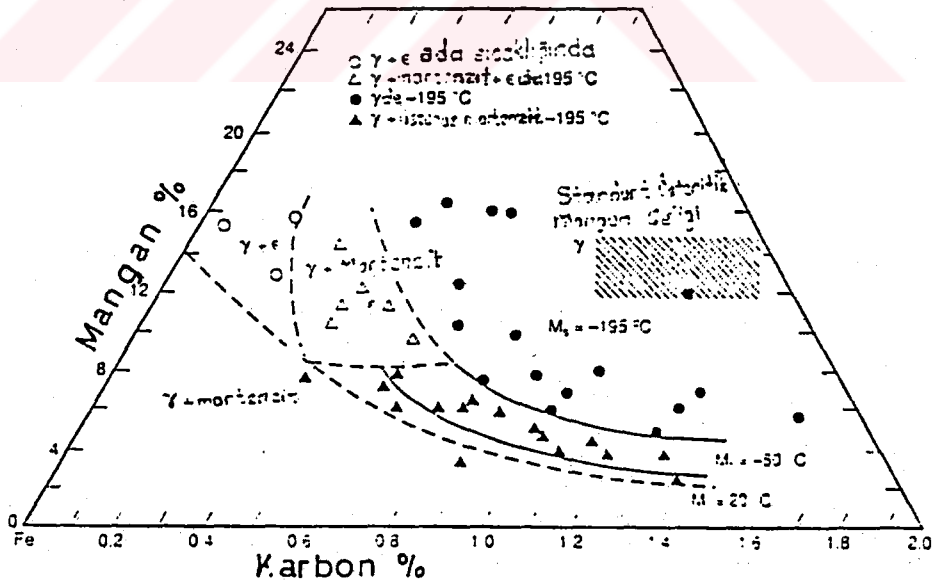
Yüksek östenitleme sıcaklıklarında fırın gazları ve bir çok kayıplar, yüzeyde karbon azalmasına sebep olmasından dolayı, mangan alaşımları yüksek karbon içerirler. Ayrıca karbonu azaltıcı etkinin az olduğu ortamlarda ısıl işlem yapılmalıdır. Uygulama da yüksek manganlı çelikten nonmagnetik bir özellik istenmesinden dolayı, ısıl işlemin itina ile yapılması gerekir (Metals Handbook, 1961).

Yüksek manganlı çeliklerde yapının tamamen östenitik olması için gerekli olan sıcaklığın karbon miktarına göre değişimi Şekil 3.8'de görülmektedir.



Şekil 3.8. % 12.5 Mn'lı Östenitik mangan çeliğinde, östenitleme sıcaklığına karbon miktarının etkisi (Özgüven, 1994).

Manganlı çeliklerde esas alaşım elementi olan karbon ve manganın Ms sıcaklığında değişimleri ise Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.9: Karbon ve manganın Ms sıcaklığında çözünürlükleri (Metals Handbook, 1985).

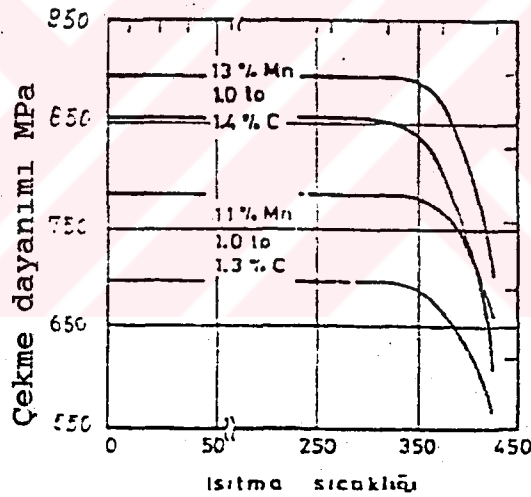
Standart östenitik manganlı çelik şekilde de görüldüğü gibi taralı alana rastlamakta ve tam bir östenitik yapı olduğu görülmektedir. Burada karbon miktarına göre östenitleme sıcaklığı belirlenmekte ve östenitik yapı oluşturulmaya çalışılmaktadır. Östenitik yapıyı oluşturduktan sonra da parçalar oda sıcaklığında suya daldırılarak, yüksek sıcaklıklarda östenit fazı oda sıcaklığında da korunmuş olmaktadır. Isıl işlem sonucu perlit oluşumunu önleyebilmek için soğutma işleminin mümkün olduğu kadar hızlı yapılması gereklidir. Suyu daldırmadan önceki sıcaklık en az 950 ile 1100 °C olmalı, hiç bir zaman da bu değerin altına düşülmemelidir. Kesit kalınlıklarına göre de parçalar 1-2 saat fırın da bekletilmelidir. Ayrıca suya daldırma esnasında mümkünse suyun sıcaklığı 17 °C ve devir daim yapıyor özellikle olması ısıl işlem açısından avantajlıdır. Malzemenin bu değerler dikkate alınması neticesinde istenilen özelliklerde olup olmadığı ise; karbürlerin tane sınırlarında değil de tane içerisinde tamamen çözüldürülüp, dağılmış olmasına bağlıdır. Eğer tane sınırlarında karbürler mevcutsa, istenilen şartlara uygun ısıl işlem yapılmamıştır. Bu da ya östenitin oluşma sıcaklığına çıkılmadığını ya da soğutmadan önce parça sıcaklıklarının belirtilen sıcaklıkların altına düştüğünü gösterir.

3.5 Gerilim Giderme Isıl İşlemi

Yüksek sıcaklıkta östenit oluşturulduktan sonra

aniden suya atılması neticesinde malzeme içerisinde gerilmeler oluşmaktadır. Ayrıca mukavemet özelliklerinin de artırılması istenmektedir. Bu amaçla gerilim giderme ısıl işlemi yapılmaktadır.

Bu tür çelikler, gerilim giderme ve mukavemeti arttırmak amacıyla 260°C 'de ısıl işleme tabi tutulurlar. Bu işlem 260°C 'nin üzerinde yapılırsa mekanik özellikler üzerine olumsuz etki yapar. Bu sıcaklığın üzerinde yapılan ısıl işlemin çekme mukavemeti ve % uzama üzerine etkisi şekil 3.10'da belirtilmiştir.

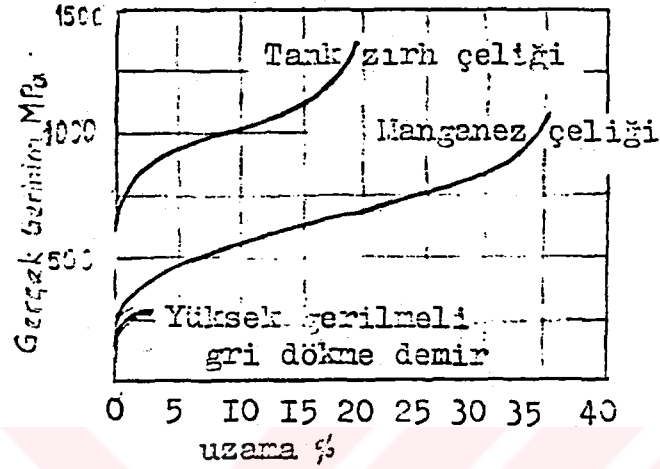


(Belirtilen sıcaklıkta 48 saat tutma), °C

Şekil 3.10: Isıl işlemin çekme mukavemeti ve yüzde uzama üzerine etkisi.

Ayrıca mangan çeliğinin diğer çeliklere (tank zırh çeliği, yüksek gerilmeli gri dökme demir) nazaran mühen-

dislik gerilme eğrileri de şekil 3.11' da bize manganlı çelikler hakkında bir bilgi vermiş olacaktır.



Şekil 3.11 : Mangan ve diğer çeliklerin gerinim eğrileri ve bileşimleri (Metals Handbook, 1961).

3.6 Mekanik Özellikler

Yüksek manganlı östenitik çeliklerin mekanik özellikleri ısıtma ve soğutma şartlarıyla mikro yapı ve alaşım elementleri ile değişiklik arzeder. % 12 Mn -%1,1 C çeliğe ait, çeşitli kesitlerdeki ve tane yapılarındaki mekanik özellikler Çizelge 3.2'de verilmiştir

Yüksek manganlı çeliklerde, karbon miktarı %1,2 sınırı kadar çekme mukavemetine olumlu etki yapar. Bu değerlerin üzerindeki karbon çekme mukavemeti değerlerinin düşüşüne sebep olur. Akma mukavemeti değerleri ise artan karbon miktarına bağlı olarak artmaktadır.

Çizelge 3.2. Farklı kesit ve tane yapılarındaki %12 Mn-
%1.1C'lu çeliğe ait mekanik özellikler.
(Metals Handbook, 1985).

Kesit Kalınlığı (mm)	Tane Yapısı	Çekme Day. MPa	% Uzama	% Kesit	Çarpma Day. J
50	Kaba tane	630	37,0	35,7	137
	İnce tane	820	45,5	37,4	134
83	Kaba tane	620	25,0	34,5	133
	İnce tane	765	36,0	33,0	115
140	Kaba tane	545	22,5	25,6	115
	İnce tane	705	32,0	28,3	100
190	Kaba tane	455	18,0	25,1	77
	İnce tane	725	33,5	29,3	66

Esas itibariyle ısıtılmış numuneler de kesitin artışı mangan çeliğinde gerilme mukavemetinin ve sünekliliğin düşüşüne sebep olur. Bu düşüşün meydana gelişinin sebebi ise numunelerin dökümü esnasında, döküm kalıpta yeteri kadar hızlı katılaşmamasından meydana gelir ve iri taneli bir yapı oluşur.

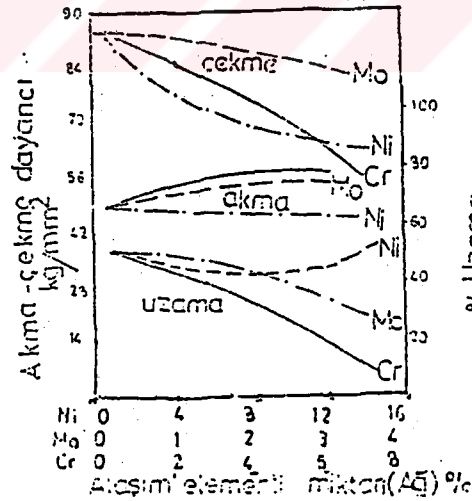
Mekanik özelliklerin numunelerin boyutlarına ve kesitlerine göre değiştiğini belirtmiştik. Gerilme mukavemeti, gerilme uzaması, alan daralması ve darbe mukavemeti değerleri 25-100 mm'ye kadar olan numuneler üzerinde verilmiştir. Çünkü 100-150 mm arasındaki numune dökümleri imalatta sık sık karşılaşılan dökümler değildir. Bu dökümler özel tedbirler alınarak dökülmesi gereken kesit kalınlıklarıdır.

Alaşımın yüksek mangan oranlarında ve düşük karbon değerlerinde üretilmiş olmasıyla, her ne kadar gevreklik olursada, görünürdeki bu gevreklik hidrojen gevrekliğidir.

Bu nedenle çatlak yayılma direnci düşük olmaktadır.

Manganlı çeliklerden yapılmış parçalar da küçük kesit kalınlıkları akma mukavemetine ve sertliğe önemsiz değerlerde etkilemektedir. Fakat işlenebilirlik ve aşınma direnci için önemli olmaktadır. Tavlayarak çözündürme ve suya daldırma sonrasında, malzemedeki sertlik en fazla 220 HB değerine ulaşmaktadır. Fakat bu östenitik manganlı çeliklerde makina ile işleme esnasında ilk gelen kalem darbesiyle alttaki doku da bir sertleşme olmakta ve pratikte işlenebilirliği zorlaştırmaktadır.

Nikel, krom ve molibden'in yüksek manganlı östenitik çeliklerin çekme özellikleri üzerindeki etkileri Şekil 3.12 verilmektedir. Nikel, az miktarda uzama ve ihmal edilmeyecek kadar çekme mukavemeti artışı sağlar. Krom ve Molibden ilavesi akma mukavemeti ve süneklilik üzerinde zararlı bir etki yapar (Özgüven, 1994).



Şekil 3.12. Ni, Cr ve Mo miktarının Hadfield çeliklerinin akma-çekme dayanımına etkisi (Maratray, 1971).

3.7 Çalışma Sertliği.

Aynı üretim tarzıyla üretilmiş farklı bir çok çelikler, ısıl işlem uygulanarak, yaklaşık aynı özelliklere ulaştırılabilir. Gerilme testi, çalışma sertliği ve uzama özelliklerini ortak olarak iyileştirmek mümkündür.

Manganlı çelikler tokluğun yanında çalışma ve darbeyle sertleşmesi özelliğinden dolayı, diğer malzemelerden farklılık arz etmektedir. Östenitik manganlı çeliklerde % kesit daralması ve sertlik artması aynı anda meydana gelebilmektedir. Çünkü çalışma sertleşmesiyle, en büyük deformasyon, en uç noktada meydana gelmektedir. Esasen eşit olarak yapılan numunelerin sertliğinde meydana gelen artış ve uzamayla meydana gelen deformasyon, soğuk çalışma ortamındaki kuvvete uygun olarak değişiklik gösterir (Metals Handbook, 1985).

Manganlı çeliklerin emsalsiz bir çalışma sertleşmesi özelliği vardır. Mesela, %1,0-1,4 C ve %10-14 Mn içeren mangan çeliğinde ilk başta 220 HV sertliğinden, çalışma ve darbe sertleşmesiyle bu değer 900 HV değerine ulaşmaktadır.

Bu malzemenin kullanıldığı demiryolu çalışma şartlarında yüzeydeki aşınma sertlikleri 495'den 535 HB sertliklerine kadar ulaşmaktadır (Metals Handbook, 1985).

Bu malzeme bazen çalışma durumlarına göre malzeme mikroyapısı maksimum sertliğe ulaşmadan önce metal yüzeyinde aşınma meydana gelmektedir. Manganlı malzemenin

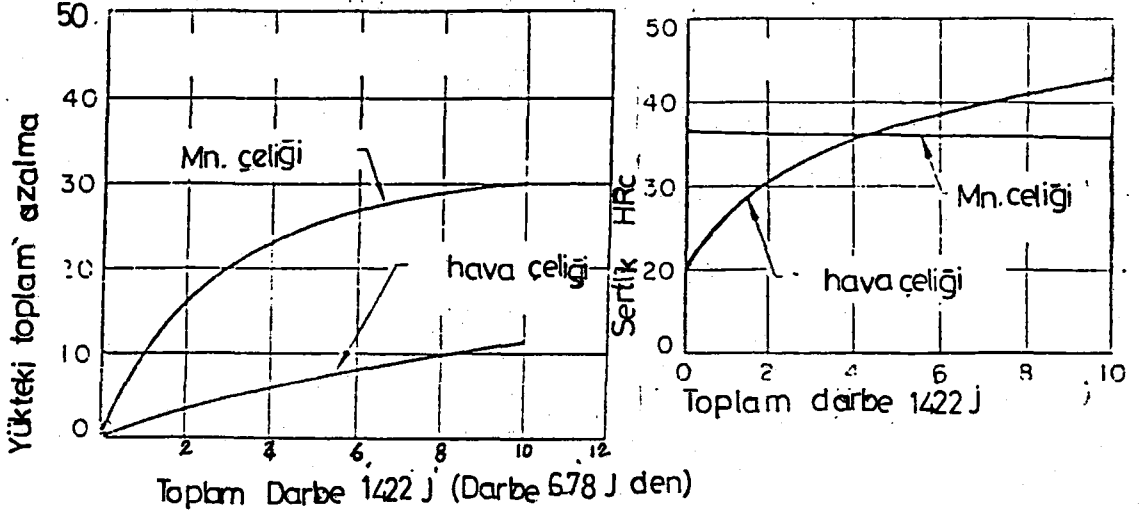
darbeyle sertleştiğini belirtmiştik. İşte yapının yeterli sertliğe ulaşmadan aşınması ilk önceleri darbeli bir ortamda çalışmadığını gösterir. Sırf çarpma nedeniyle ve daha çok vuruş darbeleriyle plastik deformasyonun olduğu yerde, elastik limitin yükselmesiyle çalışma sertliği artmaktadır.

Bazen düşük akma gerilmeli mangan çeliğinde servis şartlarında kusurlar oluşabilmektedir. Mesela demiryolu raylarında darbeden dolayı plastik deformasyon oluşmakta ve kopma meydana gelmektedir.

Aynı manganlı malzemenin kullanıldığı paletli iş makinalarında, düz olmayan, sarsıntı oluşturabilecek bölgelerde çalışılmasıyla, darbe alan bölgelerde küçük noktalar halinde kritik çatlaklar oluşmaktadır. Bu nedenle de kaynakla tamir ihtiyacı doğmaktadır (Metals Handbook, 1985).

Mangan çeliğinin darbeyle sertleşmesi özelliğini daha iyi tesbit edebilmek amacıyla değişik çalışma sertleşmesi metodları uygulanmaktadır. Bu da genellikle çekiçe vurarak yapay darbe oluşturup, sertlik artışı sağlamaktır. Şekil 3.13'de ki grafik, ortak darbe altında değişik malzemelerin akma değerlerini göstermektedir.

Burada mangan çeliğinin bileşimi % 1.17 C, %12.8 Mn, %0.46 Si olup suda soğutulmuştur. Hava çeliğinin ise bileşimi %0.74 C, % 0.88 Mn, % 0.30 Si, % 0.75 Ni, %1.40 Cr içermiş olup havada setleştirilmiştir.



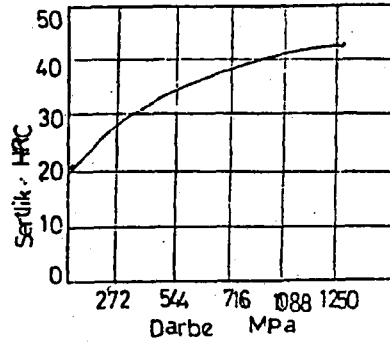
Şekil 3.13. Ortak darbe altında %12 Mn ile havada sertleştirilmiş çeliğe ait (a) uzama ve (b) sertlik değerlerindeki değişim görülmektedir

Bu grafikler de bize mangan çeliğinin aşınmaya karşı kendini çalışma sertliği ile koruyabileceğini göstermekte.

Mangan çeliğindeki çalışmadan önceki düşük sertlik ve düşük akma gerilmesi bir çok metodlarla arttırılabilir. Malzeme de kullanımdan önce deformasyon sertleştirilmesi istenebilir. Bu işlem genellikle özel çekiçleme ekipmanlarıyla veya pres kullanılarak yapay sertlik oluşturularak yapılır. Bu çekiçleme ile de sertlik genellikle yüzeyden 25 mm derinliğe kadar oluşturulabilmektedir.

Manganlı çelikler de alaşım içerisine katılan elementlerden Vanadyum, Krom, Silisyum ve Molibden akma

gerilmesinin yükselmesinde etkili olur. Fakat vanadyum ve krom sünekliliği düşürürler.



Şekil 3.14. Östenitik mangan çeliğinin darbeye sertleşmesi.

Manganlı çelikler de sertleşen yüzey tabakasının kalınlığı darbenin şiddetiyle oranlıdır ve sertliği 50 HRC kadar çıkabilmektedir. Şekil 3.14 bu artışı göstermektedir

3.8 Yorulma Gerilmesi

Östenitik mangan çeliğinin yorulma limiti 1069,62 MPa da rapor edilmiştir. Son yapılan deney çalışmalarının sonuçları ise çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Östenitik mangan çeliğinin yorulma özellikleri (Metals Handbook, 1961)

Bileşim				Gerilme kuvveti MPa	Uzama %	Gerilme MPa	Yorulma
C	Mn	Si	P				
1,17	12,8	0,34	0,046	Parlatılmış		1097	4071500
1,17	12,8	0,34	0,046	Oksitli		1097	806000
1,13	12,8	0,55	0,056	2859	34,5	1330	294800
1,13	12,8	0,55	0,056	2818	30,0	1097	853900
1,13	12,8	0,55	0,056	2838	35,0	1042	12663600
1,13	12,8	0,55	0,056	2989	39,1	987	30600000

3.9 Kaynaklanabilirlik ve Talaşlı İşleme

Manganez çeliklerinin kaynaklanabilirliği iyi değildir. Fakat bir çok durumlarda kaynak yapmak zorunlu olmaktadır. Oksi-asetilen ve TIG kaynak yöntemlerinde ısı girdisi fazla olacağından dolayı, bu kaynak yöntemleri uygulanamaz. Uygun şartlarda elektrik ark kaynağı yapılması gereklidir.

Elektrik ark kaynağı ile kaynak esnasında östenitik manganlı malzemenin sıcaklığının dönüşüm noktası olan 260°C üzerine yükselmemesine dikkat edilmeli ve ona göre kaynak işlemi yapılmalıdır. Bu nedenle kaynak esnasında şu hususlara dikkat edilmesi gerekir:

- a) Isıl işlem öncesi kaynak yapılmamalıdır.
- b) Kaynak yeri temiz olmalı, deformasyonla sertleşen vb kısımlar kaldırılmalıdır.
- c) Ön ısıtmadan kesinlikle kaçınılmalıdır.
- d) En az ısı birikimi olacak şekilde kaynak yapılmalıdır. Bunun için küçük çaplı elektrod kullanılmalı, akım en az ve ark boyu kısa tutulmalıdır. Sürekli dikiş yerine kısa pasolarla zaman aralığı ile kaynak yapılmalıdır. Kaynak sırasında mümkünse parça soğutulmalıdır (su banyosunda kaynak veya sürekli kaynak pasolarının üzerine su serpilmesi gibi).

e) Elektroda hareket verilmeyip dar dikiş çekilmeli.

f) Yaklaşık 100 mm 'lik bir kaynak pasosundan sonra kaynağa ara verilir ve tekrar devam edilirken, kaynak yerinin elle dokunulabilir sıcaklığa kadar soğuması beklenir veya kaynağa başka yerden başlanır (Anık, 1994).

Manganlı östenitik sert çelikler, östenitik yapılarından ötürü ısı iletkenliklerinin çok az ve ısıl genleşmelerinin çok yüksek olmasına rağmen bazı önlemler alınarak kolayca kaynak edilebilirler.

Önceden de belirtildiği gibi bu tür çelikler uzunca bir süre 400-800°C arasında tutulduklarında karbür oluşması nedeni ile gevrekleşir ve çatlama eğilimleri artar. Bu bakımdan bu çelikler yalnız eriyen elektrod ile elektrik ark kaynağı ile, mümkün olduğu kadar az ısı girdisi uygulanarak kaynak edilir.

Bu tür çeliklerin kaynağı için günümüzde özlü tel, dolu tel elektrodlar ile örtülü çubuk elektrodlar üretilmektedir. Bunlar gerek aşınmış parçaların doldurulmasında ve gerekse de kırılmış parçaların birleştirilmesinde kullanılır. Bazı elektrodların bileşimi içerisinde %0,020'den fazla fosfor bulunur, bu tür elektrodlar sadece doldurma işlemi için geliştirilmiştir. Özlü tel ile kaynağın uygulanmasında bir koruyucu gazı gerek yoktur. Östenitik manganlı elektrodların yanı sıra bu tür çelikler için Mn-Cr-Ni alaşımlı elektrodlar da geliştirilmiştir.

Karbonlu çeliklere nazaran manganlı malzemeler de yüksek ısı genleşmeleri ve düşük ısıl iletkenlikleri sonucu şiddetli çarpılma ve değişimler ortaya çıkar. Her ne kadar kaynak işlemi esnasında ki soğutma bu olayın şiddetini azaltsa da, soğutmayı takiben kaynak dikişinin çekişlenmesi, gerek iç gerilmelerin azaltılması ve gerekse de şekil değişimi sertleşmesi ile parçanın aşınma direncinin arttırılması açısından çok faydalıdır.

Bu tür çeliklerin kaynağında mümkün olan en küçük akım şiddeti uygulanır. Kaynak esnasında paso çekişlendikten bir dakika sonra ITAB sıcaklığı 300°C 'yi aşmamalıdır; pasolar arasında gerektiğinde ara verilmeli ve dikişe 15 cm uzaklıkta olan bölge el yanmadan tutulabilir bir sıcaklık derecesine düştükten sonra paso çekilmelidir. Pasolar kısa ve yön değiştirerek çekilmeli ve her paso soğuduktan sonra çekişlenmelidir.

Kaynak işlemi açısından önemli fiziksel özellikler Çizelge 3.4'de verilmiştir. Bu çeliğin de ısıl ve elektriksel özellikleri diğer östenitik çeliklere yakındır. Kaynak esnasında bu çeliğin ısıl genleşmesi az alaşımli çeliklerin takriben 1,5 katıdır. Karbürlerin ayrışması ve perlit dönüşümü $400-800^{\circ}\text{C}$ arasındaki özellikleri etkiler. Bu çeliğin ısıl iletkenliği oda sıcaklığında az alaşımli çeliklerin % 25'i kadardır, bu da kaynak esnasında dikişte ısı birikimi oluşmasına neden olur (Anık, 1993).

Çizelge 3.4 : Manganlı Çeliklerin Fiziksel Özellikleri

Özellik	Birim	Değeri
Erime sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$	1396
Yoğunluk	Mg/m^3	7,92
Özgül ısı (Oda sıcaklığında)	$\text{Kj}/\text{Kg}^{\circ}\text{K}$	0,5
Elektrik Direnci (" ")	$\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{K}$	13,4
Isıl İletkenlik (" ")	u.n.m	0,68
Isıl Genleşme Katsayısı (0-300 $^{\circ}\text{C}$)	$\text{um}/\text{m}^{\circ}\text{K}$	20,7

Mangan çeliğinin tokluğu yüksek ve kesme ucunda deformasyon sertleşmesi olduğundan ticari olarak talaşlı işlenemez olarak sınıflandırılır. Bu çeliklerin ticari bitirme şekli taşlamadır. Fakat zorunlu olduğunda karbür veya kobalt içeren yüksek hız takım çelikleri kesme ucu kullanılarak işlenebilir. Talaşlı işleme düşük kesme hızlarında (30-40 m/dak) ve iyi kalite de sülfür içeren kesme yağı kullanarak yapılmalıdır. Takımlar keskin olmalı, negatif 7 $^{\circ}$ veya pozitif 6 $^{\circ}$ talaş açılı yan kesme kalemi kullanılmalıdır. Frezelemeye uygun değildir.

3.10 Aşınma Direnci

%12 Mangan çeliği düzgün aşınma direncine karşı en iyi olan metaldir. Fakat bu her yerde ve her zaman uygulanamaz. Manganlı çelik aşındırma şartları için düşünüldüğü zaman direnci değil, tokluğu veya sertliği seçim de etkili olmalıdır. Eğer çarpma ve darbe yok ise bir demir alaşımı daha iyi bir seçim olacaktır. Eğer sıcaklık ve normal bir darbe ortamı var ise sert bir çeliğin seçimi daha anlamlıdır. Çalışma yerinde çarpma bekleniyor ise Hadfield çelikleri mantıklı bir seçim olacaktır (Metals Handbook, 1961).

Çizelge 3.5. Islak kuartz kumuna göre bazı malzemelerin
bağıl aşınma dirençleri (Metals Handbook, 1961)

Malzeme	Brinell Sertlik	Abrazif Faktör
Sementit tungsten Karbür	....	0,17
Martenzitik D.D. (Ni-Hard)	550-750	0,25-0,60
Martenzit (4150 çeliği)	715	0,60
Beynit (4150 çeliği)	512	0,75
Östenit (%12 Mn çeliği)	200	0,75-0,85
Perlit (%0,85 C çeliği)	220-350	0,75-0,85
Alaşımli B.D.D.	400-600	0,70-1,00
Alaşımsız B.D.D.	400	0,90-1,00
1020 çeliği	107	1
Gri D.D.	200	1-1,50
Ferrit (Ingot döküm)	90	1,40

Yapılan açıklamalar sonucunda bir örnek verecek olursak, mangan çeliğinden yapılmış bir istikamet tekeri, döküm karbon çeliğinden iki kat daha uzun ömürlü olduğu görülmüştür. Yine maden cevheri taşıma bidonlarında ki aşınma kaplamaları 5,5 yıl sonra yenisi gibi rapor edilmiştir. Fakat diğer tüm döküm çelikler, 3 yıl gibi bir sürede aşınmış ve yenisi ile değiştirilmek zorunda kalmıştır (Metals Handbook, 1961).

Hadfield çeliklerinden daha üstün aşınma dayanımı istendiği durumlarda martenzitik çeliklerin kullanılması tercih edilse de gerek süneklilik ve darbe dayanımlarının düşük değerde olması, gerekse üretim sırasında büyük ve karmaşık parçaların problem yaratması kullanımlarını sınırlar. Hadfield çeliklerinin aşınma dayanımı, aşınma ortamının durumuna göre değişir ve çizelge 3.6'de ki gibi sınıflandırılır (Ersümer, 1992).

Çizelge 3.6. Hadfield çeliklerinin aşınma dayanımının, aşınma ortamının türüne göre değişimi.

Metal-Metal aşınması (Vinç dekavil tekerlekleri).....	Mükemmel dayanım
Çok yüksek sitresli sürtünme (Kaya kırıcılar, pitmanlar).....	Çok iyi dayanım
Yüksek sitresli sürtünme (Bilyalı ve çubuklu değirmenler).....	İyi dayanım
Düşük sitresli sürtünme (Kum ve çemur nakli).....	Oldukça düşük dayanım

4. SERT DOLGU KAYNAĞI

Sanayinin karşılaştığı en büyük, üretim kaybına yol açan makina arızalarıdır. Çalışma süresi boyunca zamanından önce aşınan veya kırılan makina parçalarının toplam değeri çok büyük rakamlara ulaştığını "Aşınmanın ekonomik yönü" bölümünde örneklerle belirtmiştik. Oysaki aynı parçalar, çeşitli kaynak yöntemleriyle tamir edilebilir veya koruyucu önlemlerle zamanından önce aşınma ve malzeme yorulmaları geciktirilebilir. Aşınmanın olduğu yerleri özellikle takip edip, zamanında önlem alınarak, aşınma geciktirilebilir. Aşınmanın olduğu yerleri özellikle takip edip, zamanında önlem alınarak, aşınma geciktirilip, malzeme ömrü uzatılabilir. Böylece işletme giderleri de azaltılmış olur. Endüstride kaynak yoluyla doldurma, bakım ve tamirdè büyük bir öneme sahiptir. Uygulamada az bir masrafla yapılabilen bir doldurma işlemi sonunda, çalışma ömrü uzatılan sayısız parça mevcuttur.

Kaynak işlemi, sert dolgu kaynağı abrazyon, erozyon, korozyon, ısı veya bunlardan birkaçına karşı dayanımı

arttırmak için bir parçanın tüm yüzeyini, kenarını veya herhangi bir bölgenin kaynakla metal kaplanması işlemidir. (Kosgeb, 1992).

Sert dolgu kaynağı en fazla petrol kuyularının delme takımları, tarım ve iş makinaları, maden-kömür iş makinaları, motor valfleri, kırıcılar, rafineriler ve kimyasal işlem ekipmanları gibi abrazyon aşınmasına karşı yağlamanın yapılamadığı yerlerde kullanılır.

4.1 Sert Dolgu Kaynağının Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması

Sert Dolgu Kaynağını diğer sert ve aşınmaya dayanıklı yüzey elde etme yöntemleri ile karşılaştırmak gereksizdir. Çünkü sert dolgu kaynağı ile elde edilen yüzeyler, genellikle aşınmaya, ısıya ve korozyona karşı indüksiyon sertleştirilmesi, alev sertleşmesi, semantasyon ve nitrasyon gibi diğer yüzey sertleştirme yöntemleri ile elde edilen yüzeylerden daha ayrıntılıdır (Kosgeb, 1992). Hatta çoğunlukla yüzeyleri aşınmaya karşı, yağlama ile elde edilenden daha dayanıklı hale getirir. Isıl işlem ile sertleştirilmesi zor veya mümkün olmayan büyük parçaların sert yüzey istenen kritik bölgeleri de sert dolgu ile toplanabilir. Diğer taraftan sert dolgu bir kaynak işlemi olmasından dolayı, tamir edilecek makina parçalarının sökülmeden yerinde işlenmesine de olanak vermektedir.

Doldurma malzemesinden kullanım yerine göre de bazı özellikleri sağlanması istenir. Doldurma işleminde, doldurma malzemesi büyük bir önem taşır ve doldurma malzemesinden de genel olarak şu özellikler istenir;

- a- Sertlik,
- b- Sıcaktaki sertlik,
- c- Abrazyona karşı dayanıklılık,
- d- Aşınmaya karşı dayanıklılık,
- e- Korozyona dayanıklılık,
- f- Sıcak haldeki oksidasyona dayanıklılık,
- g- Darbelere karşı dayanıklılık.

Bu şartlardan bir çoğunun, birlikte istendiği durumlarda olmaktadır. Böyle durumlarda doldurma malzemesinin, bunlara tekamül eden özelliklerine aynı anda sahip olması gerekir. Burada, bütün özelliklere haiz bir malzemenin de varlığını kabul etmek mümkün değildir. Fakat uygulamada istenen şartlara yakın özellikleri taşıyan doldurma malzemelerini de bulmak imkanı vardır.

Sert tabaka dolgu kaynağı, birçok metal veya alaşımının aşınma direncini arttıran hızlı ve ekonomik bir yöntemdir. Karşılaşılan aşınma problemlerinin çözümünde, en uygun alaşımı sağlamak için, yüzde fazla alaşım arasında bir seçim yapılmasına rağmen, sonuçlar tahmin edildiği gibi olmayabilir (Anık, 1993).

Doldurma işleminin ne zaman ark ile, ne zaman üfleç

veya püskürtme ile yapılmasının gerekliliğine karar verilmesi, uygulama bakımından oldukça faydalıdır. Ark kaynağı ile birim zamanda daha çok miktarda metal yığılır. Dolayısıyla da bu yöntem büyük yüzeylerin kaplanması için daha elverişlidir.

Ark ile yapılan doldurmada yığılan ilk tabakanın bileşimi hissedilir bir şekilde esas metalle karışması dolayısıyla değişir. Bu nedenle çoğunlukla birkaç tabakadan oluşan doldurma metali yığmak gerekir (Anık, 1993).

Çizelge 4.1. Çeşitli Doldurma Yöntemleri ve karışım giderleri

Yöntemler	Karışım % 0 10 20 30 40 50 60	Gerekli doldurma tabakası	
		Tabaka Kalınlık sayısı (mm.)	
Gas kaynağı	0-10	1-3	3
Gas-faz kaynağı	0-10	1-2	0,1-2
Elektrik ark kaynağı	10-30	2-4	3-6
Ozlu elektroda kaynağı (kuruyucu gazsız)	10-30	2-3	4-8
TIG-kaynağı	0-10	1-3	3
MIG-Kaynağı	10-30	2-4	6
İmpulsu MIG-kaynağı	10-30	2-3	4-8
Sofuk telli MIG-kaynağı	0-10	1-2	4-8
MAG-kaynağı	10-30	3-5	6
Tek telli tozaltı kaynağı	10-30	3-4	10
Çok telli tozaltı kaynağı	10-30	2-3	6
İlan elektroda tozaltı kaynağı	0-10	1-3	4-6
Plazma kaynağı	0-10	1-3	4-6
Sıcak telli plazma doldurma kaynağı	10-30	1-3	2-7,5
Plazma püskürtme-Plazma ark kaynağı	0-10	1	0,25-5
El. Erozyon band doldurma kaynağı	0-10	1-2	4-5

Doldurulması gereken yüzeyler tercihen, taş veya talaş kaldırma ile temizlenmelidir. Çok sert esas metal üzerine sert dolgu yapılması durumunda, dolgu tabakası ve esas metal arasında bir tampon tabaka kullanmak gerekir. Bu tampon tabakasının malzemesinin seçimi, çok önemlidir. Tampon tabakası, yatak vazifesi görür ve çatlamaya mani olur.

Ark ile yapılan doldurmada kuru elektrod kullanılır. Mümkün olduğu kadar düşük akım şiddetinde, kısa ark boyu ile ve elektrod dik tutularak doldurma yapılır. İyi doldurma elektrodları, düşük kaynak akımında kolayca erirler ve geniş dikiş verirler.

Yüksek manganlı östenitik çelikler (%1.2 C ve % 12) soğuk olarak doldurulmalıdır ve bazı hallerde doldurma işlemi su içerisinde yapılmalıdır. Parça işlemden sonra mümkün olduğu kadar yüksek hızla soğutulmalıdır. Böylece mangan karbürlerin çökmesiyle meydana gelen çatlama tehlikesine ve C ile Mn miktarlarının azalmasından dolayı östenitik yapının martenzite dönüşmesine engel olunur

Dolgu kaynağında alaşım elemanları, yüzeyin sertliğine en fazla etki eden elemanlarıdır. Dolgu kaynağında, bu alaşım elemanlarının oda sıcaklığında dahi östenitik olmaları sebebiyle bu adla anılırlar. Bu alaşım elemanları, temiz yüzey elde edilmesi istenen dolgularda ve karbürülü alaşımlarla doldurularak östenitik manganlı çeliklerde tampo tabaka olarak kullanılır.

Östenitik dolgu alaşımları oldukça toktur ve soğuk sertleşme gösterirler. Aynı zamanda mükemmel darbe, orta abrazyon dayanımı ve gerilim çatlakları oluşturmama özellikleri vardır. Bu tip alaşımlar 50 HRC' ye kadar darbe ile sertleşirler, bu durum onlara iyi bir abrazyon dayanımı sağlar. Östenitik dolgu alaşımlarında aynı östenitik manganez ana malzemesi gibi 260°C tın üzerinde bulunmamalıdır aksi halde gevreleşme hassasiyeti artar ve kırılırlar. Bu açıklamalar neticesinde, günümüzde bir çok kişi en sert malzemenin en iyi abrazyon dayanımı sağladığını zanneder. Fakat doğru değildir. Çünkü değişik alaşımlar aynı sertliğe sahip olmalarına karşın abrazif dayanımları açısından büyük değişiklikler gösterebilirler.

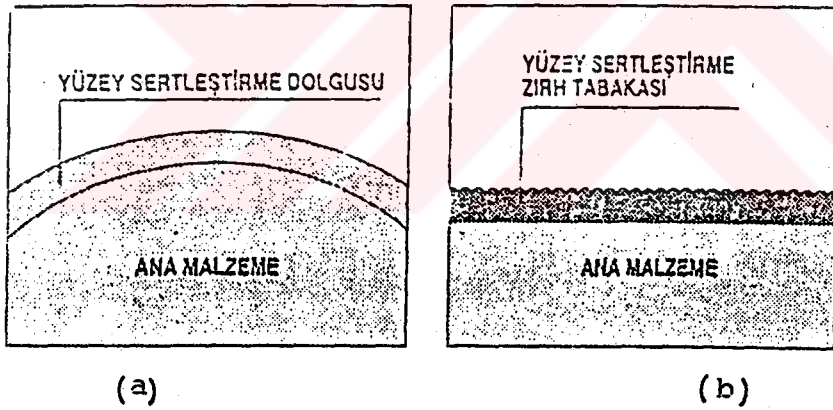
4.2 Sert Yüzeyleme Dolgu Alaşımlarına Etkilenen Elementler

Element	Iyileştirici etki
C- Karbon	Sertlik, dayanıklılık
Cr- Krom	Sertlik aşınma, korozyon dayanımı.
Co- Kobalt	Korozyon dayanımı sıcakta sertlik.
Fe- Demir	Ana alaşım.
Mn- Mangan	Tokluk, soğuk deformasyon sertliği.
Mo- Molibden	Dayanıklılık, sertlik aşınma dayanımı.
Ni- Nikel	Tokluk, korozyon dayanımı.
Si- Silisyum	Sertlik, aşınma dayanımı.
Ti- Titanyum	Sertlik aşınma dayanımı.
W- Wolfram	Sertlik, aşınma dayanımı.
V- Vanadyum	Tokluk, aşınma dayanımı.

Sert dolgu kaynağında kullanılacak elektrodun secimi hasara uğrayan (aşınan) veya aşınmaya karşı korunacak malzemenin kullanılacağı ortama bağlıdır. Ana malzemenin bileşimi eldeki kaynak donanımı, dolgunun düzgünlüğü ve kaynak sonrası uygulanacak mekanik işlemler, secimi etkileyen diğer faktörler olarak sayılabilir.

Sert dolgu kaynağı iki amaçla kullanılmaktadır,

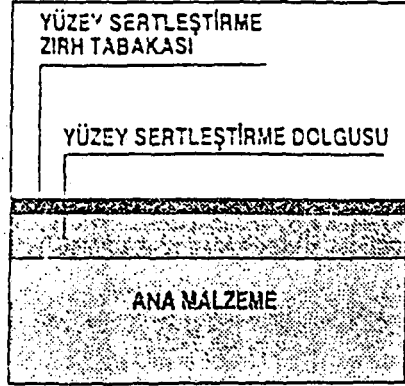
1) Aşınan parçaları orjinal seviyelerine getirmek için uygulanır. Bu işlem yüzey sertleştirme dolgu kaynağı veya yüzey sertleştirme dolgu kaynağı+ yüzey sertleştirme zırh tabakası olarak yapılır şekil 4.1(a-b) (Arkmagazin, 1995).



Şekil 4.1(a-b). Aşınan parçaları orjinal ölçüsüne getirmek ve aşınmaya dayanım için yapılan dolgu.

2) Yeni metal parçaların veya aşınmaya hassas makina parçalarının fazla aşınmasını önlemek için uygulanır. Bu yöntem ile parçaların ömrü iki ya da daha fazla kez uzatılmış olur. Her ne kadar sertleştirme malzemesi parçaların maliyetini artıracak yönde etki etsede ana

malzemenin ucuz seçilmesi suretiyle bu maliyet düşürülebilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Aşınmaya karşı koruyucu dolgu kaynağı.

4.3 Sert Dolgu Kaynağının Avantajları

Aşınarak çalışma şartlarındaki özelliklerini kaybeden veya kırılarak kullanılmaz duruma gelen parçaların kaynak ile doldurulması ve tamirinin sağladığı avantajları şu şekilde sıralayabiliriz:

1- Aşınan kısımlar uygun bir kaynak yöntemi ile doldurularak parçanın ömrü orjinal parçadan daha uzun hale getirilebilmektedir.

2- Bir çok halde parçaların kaynak ile tamiri, büyük bir demontaj gerektirmeden yerinde yapılabilir.

3- Bu tamir olanağı, yedek parça stoklarını en aza indirdiğinden kuruluşlara büyük bir finans kolaylığı getirmektedir.

4- Kaynak ile gerçekleştirilen dolgular daha fazla

dolg hacmi oluşturduklarından, maliyeti aşağılara çekmektedir.

5- Üretim zamanın kayıplarını azaltmaktadır.

6- Parça değiştirme maliyetini düşürmekte,

7- Ucuz bir malzemeyi aşınmaya ve korozyona dayanıklı hale getirdiğinden işletme maliyetini azaltmaktadır.

4.4 Sert Dolđu Kaynağında Kullanılan Kaynak Yötemleri

Yüzey sertleştirme - sert dolđu kaynağı herhangi bir yöntemle gerçekleştirilebilir. Seçilen yöntem kullanım ve ihtiyaçlara cevap vermesi açısından en akılcı yöntem olmalıdır. Yüzey sertleştirmede en fazla kullanılan yöntemler şunlardır;

A). Örtülü elektrod kaynağı

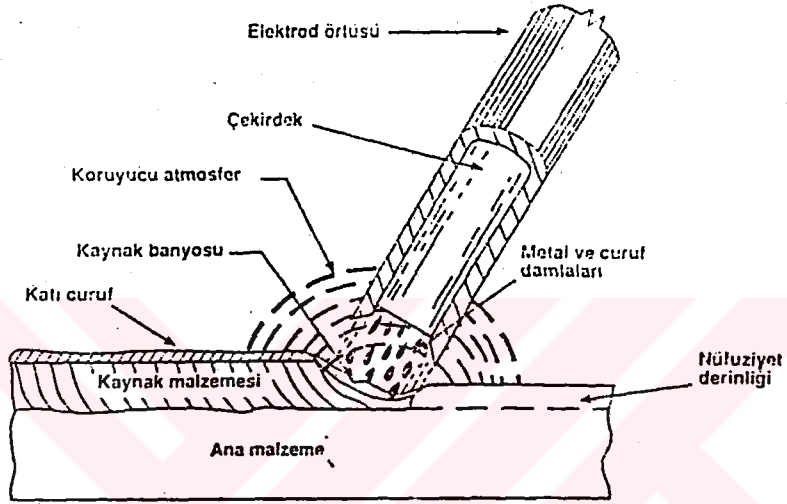
B). Özlü tel kaynağı

C). Tozaltı kaynağı

A). Örtürlü elektrot kaynağı: Örtülü elektrot ile elektrik ark kaynağında ark, iş parçası ve eriyen elektrod arasında yanar ve bu şekilde eriyen elektrod aynı zamanda kaynak metali haline geçer. Elektrod örtüsüde aynı anda yanarak erir. Bu esnada açığa çıkan gaz ark bölgesini korur ve oluşan curufta kaynak dikişini örterek kaynak bölgesinin korunmasını sağlar.

Bu kaynak yönteminde, bir akım üretici olarak kaynak makinası (Transformatör, Jeneratör, Redresör) , elektrod ve diğer yardımcı elemanlarla kaynak yapılabilir.

Ayrıca elektrod örtüsüne katılan alaşım elementleri yardımı ile, kaynak dikişini alaşımlandırarak, istenilen özelliklerde sahip kaynak bağlantısı elde edilmektedir. Örtülü elektrod kaynağı, ark kaynak yöntemleri içerisinde basit, en popüler ve en universal özelliğe sahip olan yöntemdir. Şekil 4.3'de şematik olarak görülmektedir.



Şekil 4.3. Örtülü elektrod ile ark kaynağı (Oerlikon).

B) Özlü tel kaynağı: 1925 yılında ilk olarak Avrupa'da üretilmeye başlanan sürekli özlü teller, son yıllarda çeşitli sanayii dallarında artan uygulamalarda özellikle de, kaynak edilmesi zor çeliklerin birleştirilmesi ve aşınmaya karşı koruyucu dolgu işlemlerinde sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Sürekli özlü teller en genel ifadeyle örtülü elektrodların ters yüz edilmiş şekli olarak nitelendirilir. Zira örtülü elektrodların dış kısmını oluşturan örtü maddesi, özlü tellerin iç kısmında yer almaktadır. Telin içine

doldurulmuş bu maddeler başlıca iki temel gruba ayrılır:

a- Metalsel Parçacıklar: Kaynak edilen yüzeydeki oksit tabakasını ve kaynak dikişini alaşımlandırır.

b- Mineral Partiküller; Yüksek ark sıcaklığında çözürerek kaynak arkını kararlı hale getirir ve sınıf oluşumuna yardımcı olarak dikişin atmosferin kötü etkilerinden korunmasını sağlar.

Bu kaynak yönteminin bir çok avantajları vardır.

Bunlarda :

1) Örtülü elektrod ile ark kaynağına oranla dört kat daha fazla kaynak metali yığıma olanağına sahiptir.

2) Elde edilen kaynak dikişinin mekanik özellikleri çok yüksektir.

3) Kullanımları çok kolay olup, özel ve kalifiye işçilik gerektirmez.

4) Dışarıdan yardımcı gaz koruması gerektirmemesi sayesinde özellikle şantiye dışında, yani açık havada rüzgar altında gerçekleştirilen uygulamalar da büyük avantaj sağlar.

5) İçerisinde bulunan oksit çözücü elementler sayesinde kaynak edilen yüzeylerin temiz olması zorunluluğu ortadan kalkmaktadır. Buna karşın MIG/MAG kaynağında yüzeyler mutlaka temiz olmalıdır.

nüfuziyeti verecek şekilde tasarlanmış olup tek pasoda istenilen özellikleri sağlamaktadır.

7) Kaynak dikişinin görünümü mükemmeldir.

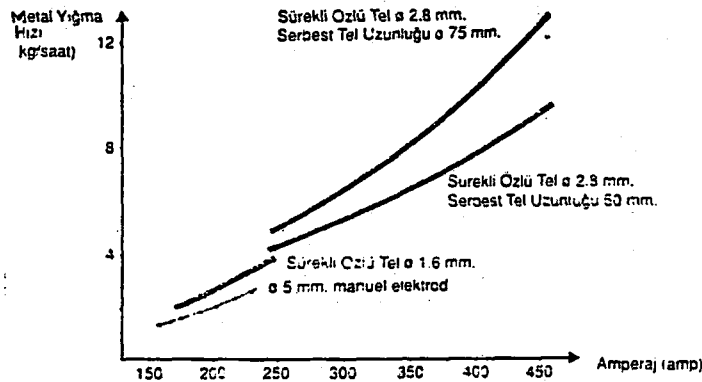
8) Geniş ürün seçme olanağı vardır.

9) Örtülü elektrod ile ark kaynağında 8 saatlik bir vardiya ile ortalama 2 saat 50 'dakika kaynak yapılırken sürekli özlü tel ile bu süre ortalama 4 saat 40 dakikaya yükselmektedir.

10) Düz olmayan bir hat boyunca gerçekleştirilen girinti, çıkıntı yerlerin kaynağına elverişlidir.

11) Sürekli özlü tel kullanımında örtülü elektrodlarda olduğu gibi arkı söndürme ve yeniden yakma problemi yoktur. Böylece kaynak hataları ve elektrod kayıpları olmamaktadır.

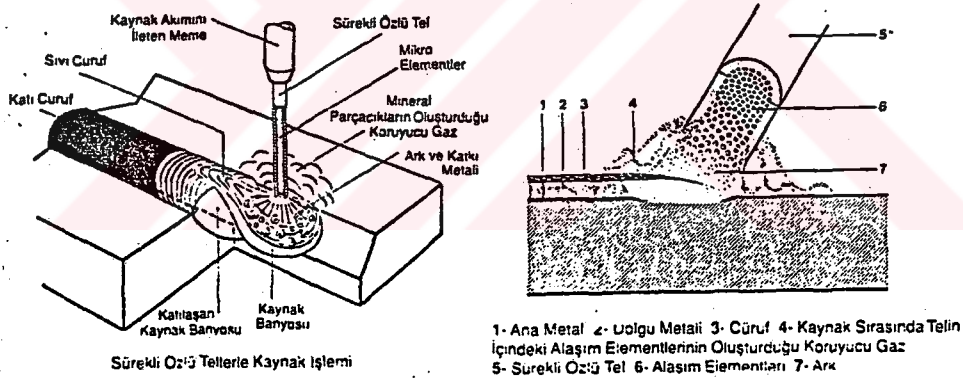
12) Sürekli özlü tellerin efektif verimleri %90-95 arasında değişirken, bu değer örtülü elektrodlarda %55-70'dir .



Şekil 4.4. Özlü telin örtülü elektroda göre metal yığıma üstünlüğü ve verimi görülmektedir.

13) Sürekli özlü tellerin takıldığı jenatörler minimum 300 Amper gücünde olup her yere kolayca taşınabilir.

C- Tozaltı kaynağı: Temel olarak bir elektrik ark kaynağıdır. Kaynak arkı, otomatik olarak kaynak yerine gelen çıplak bir elektrod ile iş parçası arasında meydana gelir. Aynı zamanda kaynak yerine devamlı olarak bir toz dökülür ve ark bu tozun altında yanar. Bu sebepten, bu usul toz altı ark kaynağı olarak adlandırılmıştır (Anık, 1991). Şekil 4.6'da prensibi şematik olarak verilen bu usul, 1933 yılından itibaren yayılmaya başlamış ve ikinci Dünya savaşından sonra gelişerek endüstride önem kazanmıştır.



Şekil 4.5 Sürekli özlü tel ile kaynağın şematik görünümü.

Bu kaynak yönteminin avantajları ise:

a- Bu kaynak yönteminin otomasyonu kolaydır; Proses otomatik tathik edilebilir.

b- Yüksek metal yığıma özelliği; Büyük aşınmış parçaların doldurulması ekonomik ve kolaydır.

c- Çalışma kolaylığı; Operatörün eğitimi için geçen süre çok az olup kullanımı kolaydır.

d- Kaynak metali dikişi düzgün, temiz ve sağlamdır.

e- Uygulama alanında arki toz çevrelediğinden dolayı ışınların rahatsız edici özelliği yoktur.

Dezavantajları;

a- Alaşım temini: Tozaltı kaynağında dolgu işlerinde kullanılan alaşımlar sınırlıdır.

b- Kaynak pozisyonu: Her pozisyonda yapılmamaktadır.

c- Malzeme kalınlığı: Tozaltı yüzey sertleştirme işlemi ile yalnız belli büyüklükteki ve kalınlıktaki malzemeler otomatik olarak kaynak edilebilir.

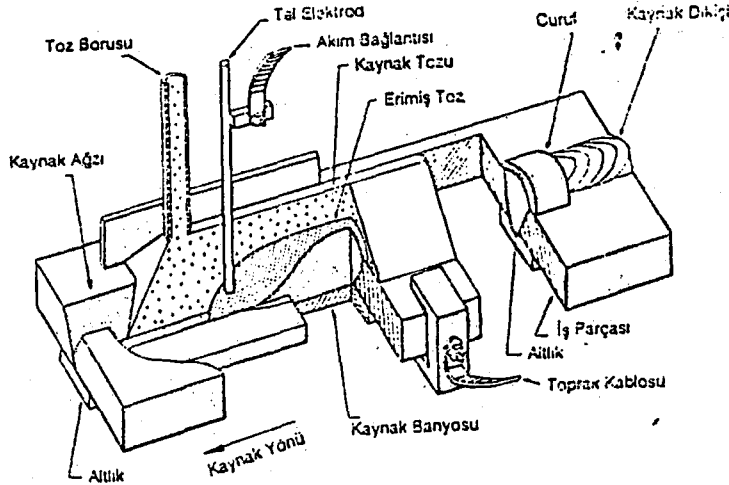
d- Yüksek sulanma nedeniyle maksimum aşınma değeri elde etmek için çok pasoda kaynak yapılmalıdır.

e- Yüksek ısı girdisi: Yüksek ısı girdisi nedeniyle parça deformasyonu oluşabilir.

f- Çok yönlülük: otomatik olması nedeniyle sınırlı kullanım imkanı mevcuttur.

g- Toz ihtiyacı; ilave masrafına özel kaynak ekipmanına ihtiyaç vardır.

Bu kaynak yöntemi, bu dezavantajları sebebiyle uyguladığımız, yüksek manganlı östenitik malzemede tercih edilmedi.



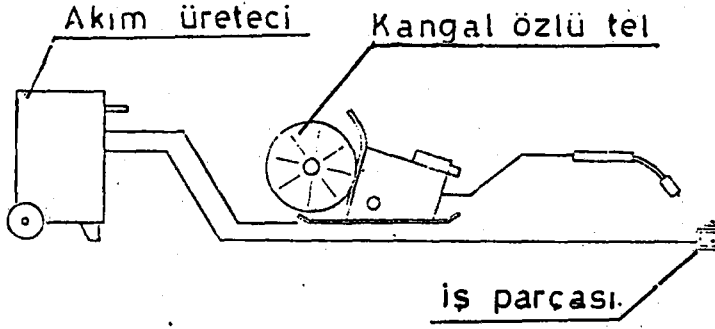
Şekil 4.6. Tozaltı kaynağının şeması.

4.5 Kullanılan Kaynak Makinaları

Çalışma şartlarımıza, örtülü ve özlü tel elektrodlar için aynı kaynak makinası kullanılmıştır. Bu kaynak makinası doğru akım üretici, Redresör kaynak makinasıdır.

Kaynak redresörleri kaynakta doğru akım kullanmanın sağladığı bütün üstünlüklere sahiptir. Bu kaynak makinalarının, jenatörlere nazaran boşa çalışma gerilimlerinin düşük oluşu verimlerinin yüksekliği, uzun ömürleri ile bakım giderlerinin düşüklüğü ve gürültüsüz çalışmaları gibi önemli üstünlüklere sahip olmalarından dolayı deneylerimizde tercih edilmiştir.

Ayrıca özlü teller için kullandığımız tel sürme makinaları sürekli kaynak sistemine bir kaç dakikada monte edilebilmektedir (şekil 4.7).

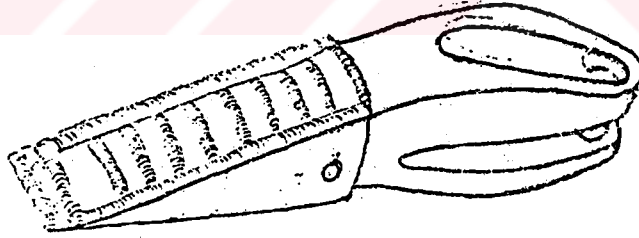


Şekil 4.7. Sürekli özlü tel kaynağının şeması.

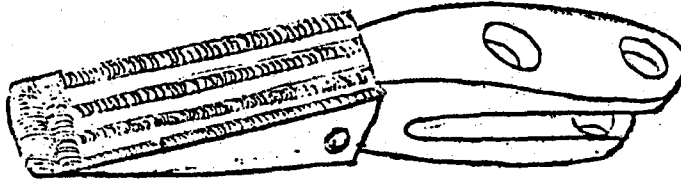
4.6 Çalışma Şartlarına Göre, Kepçe Dişlerinde Dolgu Kaynağı Dikiş Formlarının Seçimi.

Kepçe kazıcı dişleri, %12-14 Manganolü Hadfield çeliğinden döküm ile yapılmışlardır. Çalıştığı ortamın özelliklerine göre kaynak dikişi formları önem kazanmaktadır. Çalışma şartlarına göre dikiş şekilleri:

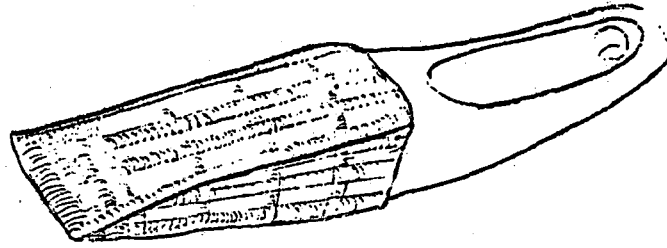
A) Kumlu çalışma ortamı için kaynak dikişi.



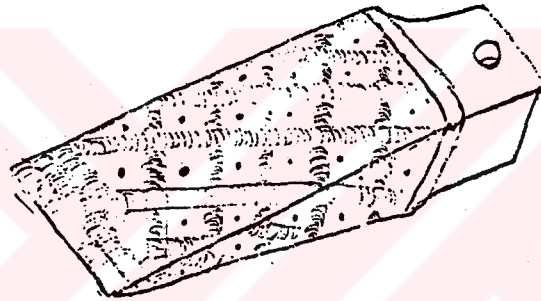
B) Kayalılı çalışma ortamı için kaynak dikişi .



C) Kumlu ve kayalı çalışma ortamı için kaynak dikişi.



D) Kumlu, kayalı ve darbeli çalışma ortamı için kaynak dikişi.



Dişler makinanın hem abrazif ve hem de erozif aşınmasına en çok maruz kalan parçalardır. C ve D şekillerinde kazıcı uçların çalışma esnasında kendi kendini bileyebilmesi için sert yüzey üstte ve yanlarda olmalıdır. Fakat bu şart bizim kullandığımız kepçe dişlerinin damaklarında aşınmaya sebep olacağından, dişlerin alt kısmına da sert dolgu kaynağı ile dikiş çekilmiştir.

5 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1 Giriş

Deneyler de Kütahya Seyitömer kömür işletmelerinde Caterpillars 992-C yükleyici tipi olan kepçedeki dişler kullanılmıştır. Aşındırma maddesi olarak da makinanın işletmedeki çalışma ortamı seçilmiştir. Çalışma ortamında öncelikle yüzeyden toprak, çamur, kil, kaya, kum maddeler kaldırılıp dekopaj yapılmakta, daha sonra da kepçe ile kömürler kazılmakta ve yüklenmektedir. Makinanın bir çok ortamda çalışıyor olması sebebi ile, dişler için sabit bir aşındırma ortamı sağlanamamıştır. Çoğu zaman da kömürler yığınlar haline getirilmiş olup bunların sadece yüklenmesi aşamasında bu kepçe kullanılmaktadır. Diş malzemesi olarak GX 120 Mn 13 östenitik manganlı çelik kullanılmıştır.

5.2 Kepçe Diş Malzemesine Servis Öncesi Uygulanan İşlemler

GX 120 Mn 13 östenitik manganlı çelik dişlerin dökümü Konya'da özel sektör döküm fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Dökümü yapılan dişlerin bileşimini de belirlemek için kimyasal analizleri de Tunçbilek kalite kontrol laboratuvarındaki emisyon spektrometre cihazı kullanıldı (spektrolab). Bu cihaz ışınların bir prizma yardımıyla spektral renklere ayrılması prensibine dayanarak çalışır. Bu sinyallerde bir entegratör tarafından biriktirilir ve de indensitesi ölçülür. Ölçülen bu indensiteler, bir numunenin içinde bulunan elementin miktarını belirlemektedir.

Östenitik manganlı malzemedan küçük bir parça alınarak (20x20x10) flex taşı ile kesilerek yüzeyi taşlandı ve de temizlendi. Parça cihazın argon odasına yerleştirildi ve değerler çıktı olarak alındı (çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Kullanılan östenitik manganlı kepçe dişlerinin kimyasal analizi.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
1,13	0,15	12,60	0,02	0,01	1,31	2,09

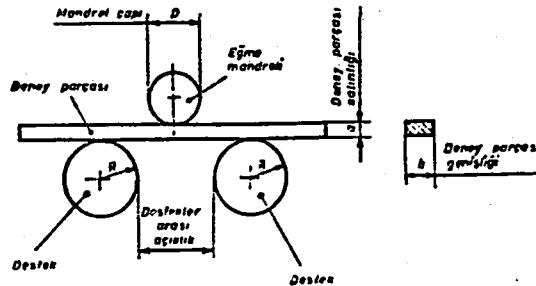
Östenitik manganlı dişlerin ısıl işlemleri yine aynı döküm fabrikasında yapılmıştır. Daha önce bahsedildiği gibi ısıl işlemin doğru yapılıp yapılmadığı çok önemlidir. Östenitik manganlı malzemenin mikro yapısını görebilmek ve istenilen ısıl işlemde yapılıp yapılmadığını anlamak için aynı dökümden yine 20x20x10 ölçülerinde bir parça kesildi. Yüzeyi 240'dan 1200 numaraya kadar SiC zımpara ile zımparalanıp, 1 µm'lik alümine pasta ile parlatıldı. Dağlayıcı olarakta Nital (5ml HNO+95ml metanöl), kullanıp bu karışımda 30 saniye tutularak dağlama yapıldı, yüzeyi suyla temizlenip, kurduktan sonra metal mikroskop altına yerleştirilerek 300 büyültmede mikroyapı fotoğrafları çekildi (şekil 5.1). Mikroyapı incelemesi şartnamelere göre geçerli çıkan östenitik manganlı çelik malzemedan 20x20x18 mm ölçülerinde sertlik ölçmek amacıyla parça alındı. Bu parça Alman Wolpert marka sertlik ölçme cihazında sertlik ölçümüne tabi tutuldu. Ölçümden önce parça üzerinden kir, pas gibi maddeler temizlendi. Daha sonra sertlikler ölçüldü ve ilk değer olarak 220 HB Brinell sertlik değeri ölçüldü. Bu cihaz ile Rockwell, Brinell ve Vickers sertlik değerleri ölçülebilmektedir.

Bu araştırmada kullandığımız östenitik manganlı malzemenin tok ve sünek olması istenen bir özelliktir. Bu amaçla eğme deneyinin yapılması şartnameye göre gereklidir. Darbeyle sertleşme özelliğinden dolayı talaşlı işlenmesi zordur. Bu yüzden diğer deneylerin yapılmasına imkan vermemektedir.

Eğme deneyi çubuğu TS 205'de belirtilen standartlarda, dişlerin dökümü esnasında aynı ergiyikten olmak üzere 3 adet dökülmüştür. Bu numune üzerinden taşlama suretiyle yüzeydeki döküm pürüzleri giderildi ve köşelerden pah kırılmak suretiyle deneye hazır hale getirildi. Bu numune 20x20x450 ölçülerinde hazırlanıp deney yapıldı (şekil 5.2).

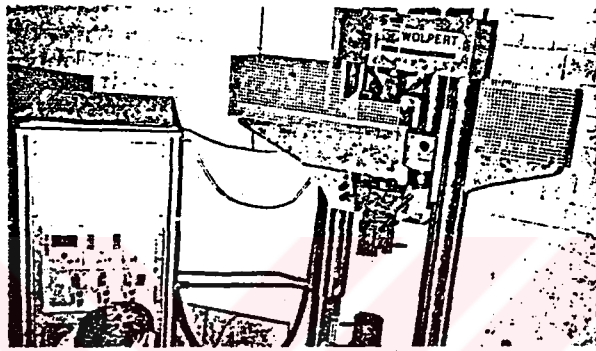


Şekil 5.1. Isıl işlem sonrası östenitik manganlı çelik GX 120 Mn 13 malzemenin mikroyapısı. Taneler östenitik yapıyı temsil ederken, tane sınırlarındaki odacıklar krom ve demir-mangan karbürlerini göstermektedir.



Şekil 5.2. Eğme deneyinin yapıliş standartı.

Deney sonucunda da 100° \lik bir dış açı elde edilmiştir ve numune yapılan testi geçmiştir. Deneyde Wolpert marka cihaz kullanılmış olup, bu cihaz ile basma, çekme, eğme deneyleri yapılabilmekte, değerler dijital olarak okunmaktadır. Cihaz 40 ton kapasitededir. Kullanılan cihazda eğme deneyinin yapıliş fotografı şekil 5.3'de görölmektedir.



Şekil 5.3 Eğme deneyinin yapıldığı cihaz.

5.3. Numune dişlere uygulanan işlemler

Manganlı çelikten imal edilmiş olan kepçe dişlerinden beş adeti deney amacıyla alınmış ve bunlardan dört diş üzerine değişik elektrodlar kullanılarak yüzeyleri baklava ve nokta adım yöntemleri uygulanarak dikiş çekilmiştir. Böylece hiç kaynaklanmamış dişe oranla en uygun kaynak yöntemi ve elektrod seçilerek dişlerin ömrü üzerine etkileri incelenmeye çalışılmıştır.

B diye isimlendirdiğimiz örtülü elektrodu, D diye isimlendirdiğimiz özlü tel elektrodu, C-E sert dolgu elektrodu ile farklı dişler üzerine kaynak işlemleri

yapılmıştır. Daha sonra da bu dört kaynaklı diş ve bir adette kaynak işlemi yapılmamış diş ayrı ayrı sertlik ve ağırlık değerleri alınarak, aynı kazıcı kepçe üzerine takılmışlardır.

Her hafta bu dişlerin sertlik değerleri ve ağırlıkları periyodik olarak alınmıştır.

5.3.1 1 No'lu numune diş

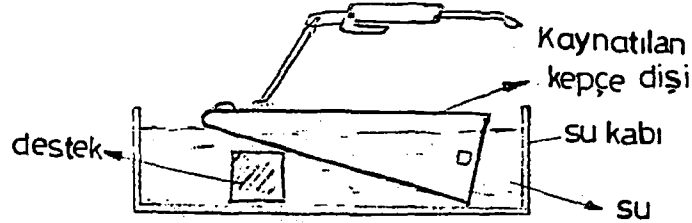
Bu numune diş üzerinde hiç bir kaynak işlemi yapılmamıştır. Daha sonra yüzeydeki boya, yağ vb maddeler taşlanmak suretiyle temizlenmiştir. Bu numune diş üzerinde sertlik ölçümünden önce yüzey zımparalanmak suretiyle tamamen temizlenmiş ve daha sonra sertlik ölçümü yapılmıştır. Alınan sertlik değerleri ve ilk ağırlıkları çizelge 5.2'de verilmiştir.

5.3.2 2 No'lu numune diş

Yine aynı dökümden alınmış numune kepçe dişi, yüzeyi önce taşlanmak suretiyle tamamen temizlenmiştir. Sonra da yüzeyinin çeşitli yerlerinden sertlik ölçümleri yapılmış, değerler kaydedilmiştir. Sertlik değerleri alındıktan sonra gerekli kaynak hazırlıkları yapılarak AS SD 60(B) örtülü elektrodu ile baklava dilimi ve nokta adım kaynak yöntemi uygulanarak kaynak işlemi yapılmıştır.

Kaynak işlemi esnasında malzemenin sıcaklığının yaklaşık olarak 260°C üzerine çıkmaması gerektiğinden

dolayı, şekil 5.4'de görüldüğü gibi kaynak işlemi su kabının içerisinde yapılmıştır.



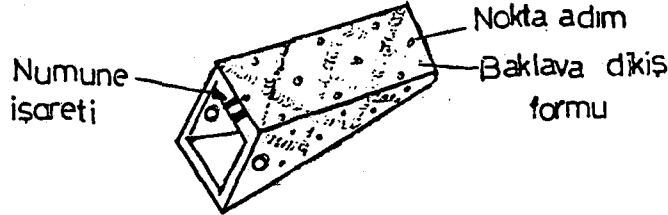
Şekil 5.4 2, 3, 4, no'lu numune üzerine kaynak işleminin su kabının içerisinde uygulanışı.

Kaynak işleminden hemen sonra kaynak dikişi 200 gr ağırlığındaki bir çekiç ile çekiçlenmiştir. Kullanılan elektrodların kalan parçaları biriktirilmiştir. Özellikle sıcaklığın yükselmemesine ve sürekli olarak elle rahatlıkla dokunulabilecek sıcaklığın üzerine çıkmamasına özen gösterilmiştir.

Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra, dışın kaynaktan sonraki ağırlığı ölçülmüştür. Sonra östenitik manganlı malzeme üzerinden tekrar bir sertlik ölçümü yapılmıştır. Daha sonra kaynak dikişinin üzerinden de sertlik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu değerler ise çizelge 5.2'de verilmiştir.

Bu numunenin kaynak edilmesi esnasında kullanılan elektrodun kimyasal analizi ise çizelge 5.3'de görülmekte. Elektrodlara ait diğer özellikler ise çizelge 5.4'de verilmiştir.

Bu numune üzerine kaynak işlemi şekil 5.5'de görüldüğü gibi bir dikiş formu uygulanarak, diş kepçeye takılabilecek duruma getirilmiştir.



Şekil 5.5. 2 no'lu numune dişine verilen dikiş formu.

Dişler usulüne uygun olarak elektroda bir hareket verilmeden ince ve hızlı bir şekilde kaynak edilmiştir. Kaynaktan sonra dikişler kontrol edilmiş ve yüzeyinde hiçbir çatlak veya deforme görülmemiştir. Dişlerin her hafta ölçümleri esnasında karıştırılmaması amacı ile flex taşı ile küçük çentik işaretler konulmuştur.

5.3.3 3 No'lu numune diş

Bu numuneninde diğerleri gibi taşlanmak suretiyle yüzeyleri temizlendi. Diğer numunelere uygulanan işlemler yapıldı. Bu numune diş üzerine Castolin+Eutectic XHD 6710 (C)sert dolgu elektrodu ile kaynak işlemi diğer numunelere benzer şekilde yapıldı. Kaynak işlemi numune diş yine su kabı içerisinde ve yüzeyine sünger ile sürekli olarak su damlatılarak gerçekleştirildi. Kaynak dikişi bir elektrod kullanıldıktan sonra ardından çekiçlendi. Sıcaklığı ise sürekli olarak el ile kontrol edildi.

Bu numunenin kaynatılmasında kullanılan kaynak elektrodunun kiyasal analizi çizelge 5.4'de verilmiştir.

Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra, dişin kaynaktan sonraki ağırlığı ölçülmüştür. Sonra da dişin ana malzemesinden sertlik ölçümü yapıldı. Ayrıca kaynak dikişi üzerinden sertlik ölçümü yapıldı. Ölçülen değerler çizelge 5.2'de verilmiştir.

5.3.4 4 No'lu numune diş

Bu numune dişe de diğer dişlere uygulanan yüzey temizleme işlemleri yapıldı. Yüzeyin değişik yerlerinden sertlikler alındı. Gerekli kaynak hazırlıklarında yapılarak kaynak işlemine geçildi. Bu numuneye kaynak işlemi sert dolgu özlü tel elektrodu olan Kobatek T 552(D) ile yapıldı. Yine diğer numune dişlere uygulanan dikiş formlarıyla kaynaklar tamamlandı. Elektrodun özellikleri ve kimyasal bileşimi çizelge 5.3 ve 5.4'de verilmiştir.

Bu numune dişte de östenitik manganlı malzemenin sıcaklığının yükselmemesi amacıyla kaynak işlemi su kabı içerisinde yapıldı. Kaynaklar sürekli bir kaynak yöntemiyle yapıldığından, zaman aralıkları verilerek kaynak işlemleri tamamlandı. Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra diğer numune dişlerle birlikte kepçe üzerine takıldı. Diş üzerinden alınan değerler çizelge 5.2'de verilmiştir.

5.3.5 5 No'lu numune diş

Bu numuneye de diğer numune dişlere uygulanan ilk işlemler uygulandıktan sonra kaynak işlemine geçildi. Kaynak işleminde 3 no'lu numune dişte kullanılan Castolin+Eutectic XHD 6710 (E) dolgu elektrodu kullanıldı. Kaynağın uygulanışı açısından fark, kaynak işlemi su kabının içerisinde değil, bir elektrod ile kaynak çekildikten sonra parça soğumaya bırakıldı. Numunenin sıcaklığı el ile dokunulabilecek sıcaklığa kadar düştükten sonra ikinci bir elektrod ile kaynağa geçildi ve kaynak işlemi bu şekilde tamamlandı. Şekil 5.6'da numuneye uygulanan dikiş formu görülmektedir.



Şekil 5.6. 5 No'lu numuneye uygulanan kaynağın şematik görünümü.

Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra numune diş tartıldı ve diğer sertlik ölçümleri yapıldı. Ölçülen değerler çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Numune dişlere ait ölçülen değerler.

Malz.ilk sert.HRC	Kay.son.mal.ilk sert.HRC	Kay.son.dikiş.sertlik HRC	Kay.son.numune ağırlığı(gr)
22	--	--	18640
24	28	55	19660
25	32	63-69	19200
22	25	55-60	18340
23	25	57-60	19400

Çizelge 5.3 Kullanılan elektrodalara ait önemli veriler.

Elektrod	Çapxboy mm	Amper	DC/AC	Sertlik HRC	%Verim	Standart
B	5x450	170-250	DC +	55-58	55-70	
C-E	4x350	250-280	DC +	63-69	250	-
D	2.8	250-300	DC +	52-58	95	-

Verilen bu değerler elektrod üretici firmalarının üretim kataloglarından alınak buraya verilmiştir.

Çizelge 5.4 Kullanılan elektrodların kimyasal analizi.

Elk	C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S	Fe
B	0.57	0.40	0.421	6.47	0.06	0.007	0.0003	K
C-E	3.29	0.640	0.314	24.14	0.142	0.005	0.010	71.31
D	2.05	1.76	1.33	7.87	0.039	0.0006	0.0003	82.44

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Labaratuvar deneyleri tamamlandıktan sonra kaynak işlemleri de yapılmış numune dişler, Caterpillar 992-C tipindeki aynı kepçe üzerine takılarak, araziye gönderildi. Daha sonra belirli zaman aralıkları ile dişlerdeki aşınma miktarları ve sertliklerindeki değişimler tespit edildi. Dişler kepçe üzerine ilk haftadan itibaren çizelge 6.1'de ki gibi takılarak çalıştırılmıştır. Kepçe üzerinde 9 adet diş bulunmaktadır. Dişler ilk hafta 5 nolu numune diş ortada olmak kaydıyla, sağ yanda 1 sonra 4 nolu numune diş, sol yanda 3 ve sonra 2 nolu numune diş şeklinde çalıştırılmaya başlanmıştır.

Çizelge 6.1. Dişlerin kepçe üzerindeki çalışma sıraları.

Dişlerin kepçe üzerindeki dizilişi					
	sol	or.sl	orta	o.sğ	sağ
1.Hafta 0/63 Saat	2	3	5	1	4
2.Hafta 63/87 Saat	2	5	3	4	1
3.Hafta 87/138 S.	5	4	2	1	3
4.Hafta 138/254 S.	3	1	4	5	2
5.Hafta 254/347 S.	5	2	1	3	4

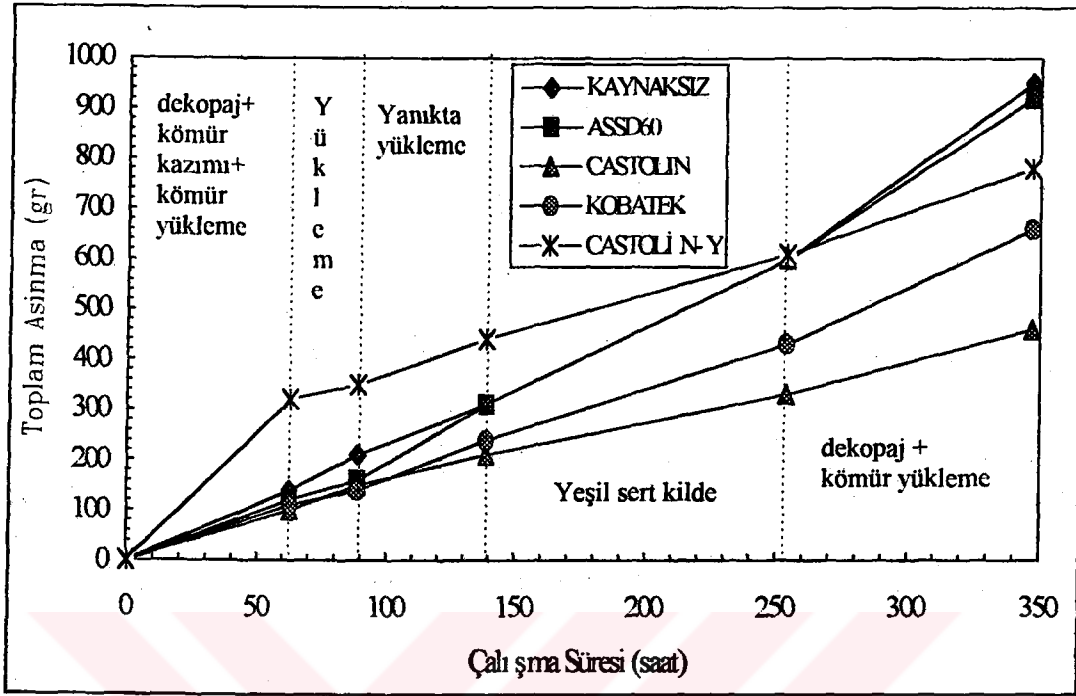
Dişlerin çalışma süreleri sonunda ölçülen aşınmaya bağlı olarak toplam aşınma miktarları çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2'de verilen toplam aşınma miktarlarının çalışma süresine bağlı değişimlerinin grafiği şekil 6.1'de görülmektedir. Bu değerler dişlerin periyodik olarak kepçe üzerinden sökülmesi ve gerekli temizlikler yapıldıktan sonra % 1 hassasiyette elektronik terazi ile tartılması sonucunda elde edilmiştir.

Çizelge 6.2. Çalışma süreleri sonunda aşınmayla dişlerin ağırlığındaki değişim.

Çalışma Süresi(saat)	Kaynaksız (gr)	AS SD 60 (gr)	CASTOLİN (gr)	KOBATEK (gr)	CASTOLİN Y.K.(gr)
Kay. son. ilk ağırlık	18640	19660	19200	18340	19400
0 - 63	18500	19540	19100	18230	19080
63 - 87	18430	19500	19050	18200	19050
87 - 138	18330	19350	18990	18100	18960
138 - 254	18040	19060	18870	17910	18700
254 - 347	17690	18740	18740	17680	18620

Arazideki ölçümler neticesinde elde edilen bu değerlerden faydalanılarak da şekil 6.1'de ki grafik oluşturulmuştur. Ölçülen aşınma verilerine dayanarak numune dişlerin % aşınma oranları da çizelge 6.3'de verilmiştir. Numune dişler çalışma süreleri boyunca sırasıyla; dekopaj işlerinde, kömür yükleme de, ikinci çalışma süresinde yükleme de, üçüncü çalışma süresinde yanıkta ve yükleme de, dördüncü çalışma süresinde yeşil sert kilde ve son olarakta yol düzeltme, dekopaj ve yükleme işlerinde çalışmıştır.



Şekil 6.1. Toplam ağırlıkta aşınma-zaman grafiği.

Çizelge 6.3. Numune dişlerin % aşınma değerleri.

çalışma süresi	% aşınma oranları				
	Kaynaksız	AS SD 60	Castolin	Kobatek	Castolin
63 s	0,75	0,62	0,52	0,59	1,64
87 s	0,37	0,20	0,26	0,16	0,15
138 s	0,54	0,76	0,31	0,54	0,47
254 s	1,58	1,49	0,63	1,04	0,89
347 s	3,24	3,07	1,09	2,33	3,46

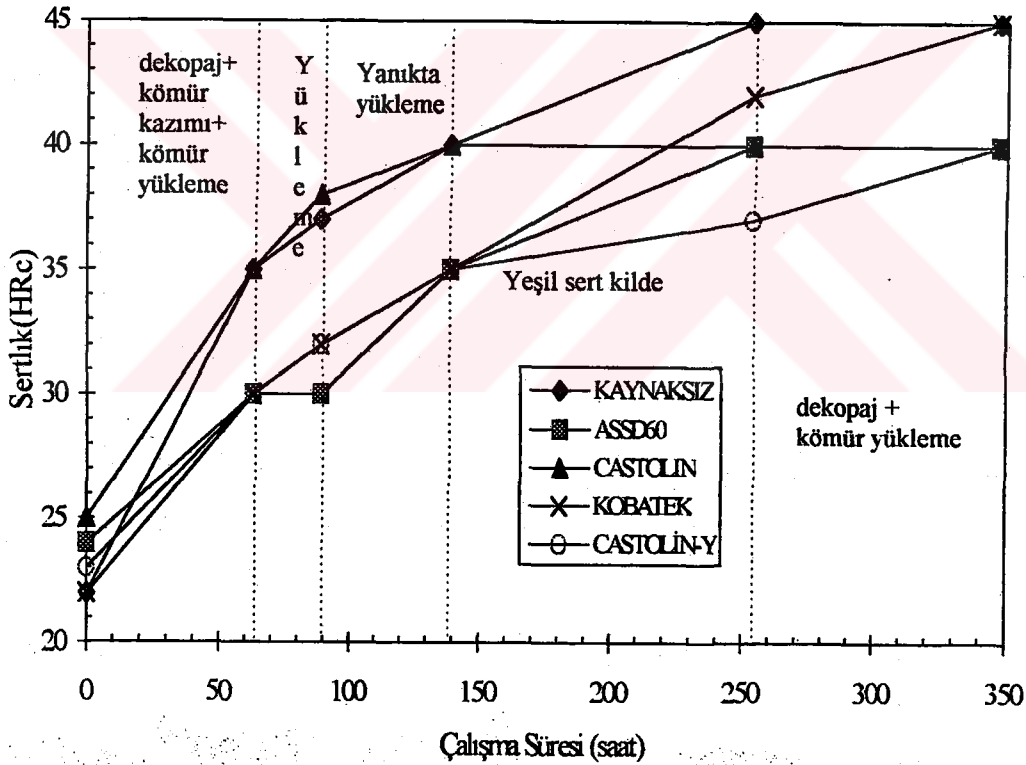
Çizelge 6.2 ve şekil 6.1'de görüldüğü gibi 5 nolu numune diş, yüzeyine yarım kaynak dikişi çekilmesi ve kepçe üzerine takılış konumuna göre ortada bulunması nedeniyle, darbeye ilk karşılaştıran diş olmuş, ayrıca sertliğinde düşük olması sebepleriyle ilk haftaki çalışma süresi sonucunda en fazla aşınan diş olmuştur. Dişin arka köşelerin de fazla aşınma olmuştur. İlk hafta dişler dekopaj işlerinde çalıştırılmıştır. Sertliğinde yeterli bir artış olmamıştır. İkinci hafta yükleme de çalıştığı için fazlaca bir aşınma olmamıştır. Ayrıca bu hafta çalışma süresi olarak az çalışmıştır. Diğer numune dişler normal bir aşınma göstermişlerdir. Deneye aldığımız numune dişlere ait sertliklerindeki değişim değerleri çizelge 6.4 de görülmektedir.

Çizelge 6.4 Numune dişlerin çalışması esnasındaki sertlik değişimleri.

çalışma süresi	sertlik değişimleri HRC				
	kaynaksız	AS SD 60	CASTOLİN	KOBATEKCASTOLİN	
ilk sertlik	22	24	25	22	23
kay.son.ser.	--	28	32	25	25
63 saat	35	30	35	30	30
87 saat	37	30	38	32	32
138 saat	40	35	40	35	35
254 saat	45	40	40	42	37
347 saat	45	40	40	45	40

Farklı çalışma ortamlarında kepçenin çalıştırılması neticesinde her çalışma periyodunu takiben diş ana malzemesinin sertlikleri ölçülmüş ve çizelge 6.3'de değerler verilmiştir. Bu değerler ise arazide portatif tip "Model 316 C steel hardness tester equivalent rockwell C scale" cihazı ile alınmış değerlerdir.

Çalışma sürelerince periyodik olarak alınan sertlik değerleri sonucu zamana bağlı olarak çalışma süresi sertlik değişimi grafiği oluşturulmuştur şekil 6.2.



Şekil 6.2 Numune dişlerin sertlik değişim grafikleri.

Şekil 6.2'den de görüldüğü gibi, östenitik manganlı malzemenin özelliğine uygun olabilecek bir sertlik değişimi gözlenmiştir. Kaynaksız numunenin ilk hafta kepçenin

ortasına yakın bir konumda olması ve dekopaj işleminde az da olsa darbe olması sebebi ile sertlik artışı kaydedildi. Diğer dişlerde de buna yakın değerlerde sertlik artışı ölçülmüştür. Elde edilen değerlerden de görüldüğü gibi 2 nolu numune dişin konum itibaryle kepçenin dış kısımlarında bulunması sebebiyle darbeyi ilk alan olmadığından 2.hafta sertlik artışı görülmemiş, bu düşük artış çalışma ortamının yumuşak olmasınada bağlanmaktadır. Dördüncü haftada (138-254.saatler arası) 4 nolu numune dişin ortada bulunması ve de çalışma yerinin diğer haftalara nazaran daha sert ve darbeli olması sebebi ile sertlikte artış ölçülmüştür. Numunelerden 3 nolu dişte ilk iki hafta sertlik artışı olmasına rağmen,daha sonraki haftalarda bu değer üzerinde sertlik oluşturacak darbe almadığından son ikki haftada sertlik değeri sabit ölçülmüştür. Yine bu numune dişin kaynağı esnasında yüzeyine soğutma amacıyla, süngerle su damlatılması neticesinde kılcal çatlaklar artmıştır. Çalışma esnasında darbe aldığıda ise bu sıkça olan enine çatlaklardan küçük parçalar, ana malzemeden de kopararak düşmüş, bu da ağırlık kaybı olarak aşınmayı etkilemiştir.

Kaynak yapılması esnasında yüksek ısı girdisinden dolayı, kaynağın hemen alt kısmında, östenitik yapıda dönüşüm meydana gelmiş ve karbürler çözünerek tane sınırlarına yerleşmiştir. Böylece darbe geldiğinde çatlayarak ana malzemeyide koparmıştır.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, çalışma süresi

boyunca numunenin kepçedeki pozisyonuna göre, ortaya gelen diş ilk önce darbe almaktadır. Fakat yeterli darbe oluşturmaması nedeniyle aşınma fazla olmaktadır. Bir nolu numune olan kaynak edilmemiş östenitik manganlı malzemenin çalışma sertleşmesi özelliğine uygun olmayan düşük darbeli ortamda çalışması neticesinde yeterli sertliğe ulaşılammış ve aşınma artmıştır. Özellikle uç kısmı bıçak ağzı gibi bir inçeliğe ulaşmıştır. Aşınma son haftalarda daha da artmıştır (şekil 6.1).

2 nolu numune dişte kaynak dikişinin diğer numunelere göre düşük olması ve ilk haftalarda kenarlarda olması sebebiyle, sertliği fazla yükselmemiş, bu nedenle aşınma fazla olmuştur. Çalışma süresi sonunda özellikle alt kısımda kaynaklar tamamıyla aşınarak ana malzemeyi de aşındırmaya başlamıştır. Uç kısımda, kenar köşelerde ve arka kısımda aşınmayla ovalleşmeler olmuştur. Üst kaynak dikişinin de aşınarak bitme durumuna geldiği gözlenmiştir.

3 nolu numune dişte ise kaynak dikişinin sertliğinin yüksek olması sebebiyle ve ilk haftalarda kepçede ortaya yakın olmasıyla sertliği az da olsa artmıştır. Çalışma süresi sonunda kaynak dikişinde fazla bir aşınma görülmemiştir. İlk haftalarda kaynak dikişi ile birlikte ana malzeme da koparak düşmüştür. Aşınma genelde uç alın kısmında ve köşelerinde, yine yan köşelerde ve arka kısımda meydana gelmiştir. Alt kısımda ki kaynak dikişleri üstteki dikişlere oranla daha fazla aşınmıştır. Ana malzemedede

dikişlerin olduğu yerlerde fazla aşınma gözlenmemiştir.

4 nolu numune dişte ise, aşınma alt kısımda daha fazla olmuştur. Bu da kaynak dikişinin çekilmesi esnasında, düşük amper seçilmesi sonucu dikişte boşluklar oluşturmuştur. Bu da aşınmayı artırıcı etki yapmıştır. Yine uç, yan köşeler ve arka kısımda gözlenebilir bir aşınma olmuştur. Kaynak dikişinde aşınma olmasına rağmen, dikiş tamamen aşınmamıştır.

5 nolu numune diş özellikle yarım kaynak yapılmasından dolayı, özellikle kaynaksız kısımdan arkaya doğru ilk hafta fazla aşındığı görülmüştür. Daha sonra sertliğindeki artış ve kaynaksız kısmın kaynaklı dikiş kısmın seviyesine düşüşüyle aşınmada azalma olduğu ölçülmüştür. Aşınma alt dikişlerde üste oranla daha fazla aşınmış fakat ana malzemedan fazla aşınma kaybı olmamıştır.

Ayrıca yapılan çalışmalar göstermiştir ki; Kazıcı ve yükleyici olarak kullanılan kepçe dişlerinde östenitik manganlı malzeme, çalışma sertleşmesi özelliğine uygun darbeli ortamda çalışmaması aşınma oranını artırmıştır. Çalışma ortamının sürekli olarak değişmesi, aşınma ve sertlik ölçümü değerlerini farklı yönlerde etkilemiştir.

Parçanın tasarım biçimi aşınmada etkili olmuştur. Yüze koruyucu sert dolgu kaynağı atılması esnasında dişlerin sıcaklığının yükselmesi, çalışma anında kayıplara neden olmaktadır.

Seçilen elektrodların sertlikleri aşınmada birinci derecede etkili olmuştur. Bu nedenle de Castolin+Eutectic XHD 6710 sert dolgu elektrodu ile kaynatılan 3 ve 5 nolu numune dişler daha az aşınmıştır. Bu aşınma daha uzun çalışma sürelerinde incelenecek olursa, kaynaklız dişe oranla 2-3 kat daha uzun süre kullanılabilceği görülmektedir.

Tüm numune dişlerin yüzeyleri parlak ve pürüzsüz bir görünüm almıştır.

6.1. Dişlerin Maliyet Karşılaştırması.

Numunelerin malzemesi olan östenitik manganlı çeliğin dökümü ve kullanılan elektrodların fiatları ocak 1996'da üretici firmalardan alınmıştır.

Alınan fiatlar neticesinde her dişin maliyeti çizelge 6.5'de dir.

Çizelge 6.5 Numune dişlerin maliyeti.

Diş no	1000gr/Tl bir diş. diş.dök.	bir diş. ağ.(gr)	Kullan.elk adet-m	Elkt.birm fiat.(Tl)	TOPLAM FIAT(Tl)
1	120.000	18640	----	----	2.236.800
2	120.000	19660	13	40.000	2.879.000
3	120.000	19200	14	130.000	4.180.000
4	120.000	18340	29 metre	55.000	3.795.000
5	120.000	19400	7	130.000	3.238.000

Kaynak işleminden sonra dişlerin maliyeti iki katına yakın bir artış göstermiştir. Fakat şekil 6.1'de ki grafik incelendiğinde en yüksek maliyetli olan Castolin+Eutectic XHD 6710 elektrodu ile kaynak edilen (3) nolu numunesinin aşınması yaklaşık olarak kaynaksız (1) nolu numunenin yarısı kadar olmuştur. Zamana bağlı olarak aşınmasına bakılacak olursa son haftalarda kaynaksız numunenin aşınması artış gösterirken, (3) ve (5) nolu numuneler de aşınmada azalma görülür. Bu da uzun süreli kullanımlarda maliyeti düşüreceğini gösterir. Bunun sonucu olarakta işletmeler açısından daha ekonomik olacaktır.

7. ÖNERİLER

SLİ işletmesinde bu konu üzerinde şimdiye kadar bilimsel bir çalışma yapılmamış olup, işletmeler de sadece kendi ihtiyaçlarına göre malzeme seçip, bunları deneyerek kullanma yoluna gitmişlerdir.

Dişlerin çalışma ortamına gönderilmesinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, öncelikle darbe oluşturabilecek sert bir ortamda çalışmasıdır. Sertlik en az 45-50 HRC değerine ulaşmadan, yumuşak veya çok daha sert ortama gönderilmemelidir.

Kaynak işlemlerinin mümkün olduğu kadar parça sıcaklığının yükseltilmeden yapılmasına özen gösterilmelidir. Eger zaman müsait ise bir elektrod kullanıp ara verilmeli, soğuduktan sonra ikinci bir elektroda geçilmelidir.

Dişler üzerine kaynak dikişleri, belirtilen uç kısım, yan köşeler ve arka kısma atılmalıdır. Baklava dikiş aralıkları 30-50 mm olması tercih edilmelidir. Dişlerin üzerine çekilmiş olan kaynak dikişlerinin tamamen aşınması sonunda, yüzeydeki kaynaktan ve darbeden dolayı sertleşen martenzitik bir yapı oluşturmuş tabaka taşlanmak suretiyle (1-3 mm) temizlendikten sonra, tekrar aynı dikiş formları uygulanarak dişler kullanıma devam edilir.

Bu konudaki çalışmaların malzeme seçiminde yoğunlaştırılması ve uygulama alanı olarakta çalışma ortamının seçilmesi faydalı olacaktır. Elde edilen aşınma değerleri, laboratuvar deney sonuçlarıyla karşılaştırılmalı. Ayrıca yüzeylere atılacak kaynak işlemleri periyodik olarak tekrarlanmalıdır. Malzemenin mikroyapısı da şartnameye uygun olmalıdır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Adsan, K., Temel, M., 1984, Otomatik (ileri) Kaynak Teknolojisi, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 302 s.
- Akbıyık, H., 1966, Malzeme Bilgisi, Demir ve Çelik, Ongun Kardeşler Matbaası, Ankara 222 s.
- Anık, S., 1981, cilt 3, Kaynak Tekniği, İ.T.Ü. İstanbul, 1183, 259 s.
- Anık, S., Dikicioğlu, A. ve Vural, M., 1994, İmal Usulleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, 312 s.
- Anık, S., 1982, Cilt. 2, Kaynak Tekniği, İ.T.Ü. Kütüphanesi, İstanbul, 1217, 290 s.
- Anık, S., Tülbentçi, K. ve Kaluç, E., 1991, Örtülü Elektrod ile Elektrik Ark kaynağı, Gedik Holding Yayını, 312 s.
- Anık, S., Anık, E. S. ve Vural, M., 1993, 1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı, Cilt I-II Birsen Yayınevi, İstanbul, 333 s.
- Anık, S., 1991, Kaynak Tekniği El Kitabı, Yöntemler ve Donanımlar, Gedik Holding Yayını, İstanbul, 222 s.
- Anık, S., 1995, Bakım ve Tamir İşlerinde Kaynak ve Ölçme Ders Notu, İTÜ Makina Fakültesi, İstanbul, (baskıda).
- Arslan, F., 1984, Östenitik Mangan Çeliğinin Dökümü ve Isıl

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- İşlemi, 1. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi,
ODTÜ Ankara, 549-556.
- ASM International Handbook, 1985, Vol.8 Mechanical testing.
- ASM International Handbook, 1985, Vol.9 Metallography
Microstructures.
- ASM International Handbook, 1961, Vol.1 Properties and
Selection of Metals, Ohio, 834-842.
- ASM International Handbook, 1990, Vol.1 Properties and
Irons, Steels and High-Performance Alloys.
- ASM International Handbook, 1971, Vol.6 Welding and
Brazing.
- Askaynak, 1995, Elektrod Ürün Kataloğu, İstanbul, 94 s.
- Atçakan, C., 1978, Yüksek Manganezli Östenitik Çeliklerin
Özellikleri ve Geliştirilmesi, İTÜ, Bitirme Tezi, 41 s.
- Bargel, H. J., and Schulze, G., 1993, Malzeme Bilgisi, Cilt
I, İTÜ Kütüphanesi, 1521, 190 s.
- Baydur, G., 1979, Malzeme, Ankara, 341 s.
- Chandrasekaran, T., 1992, Grinding Abrasive Wear and
Associated Particle Size Effect, Material Science and
Techonoloji, Vol.8 722-727.
- Curun, N., 1990, Cisimlerin Dayanımı, MEB Basımevi,
İstanbul, 229 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Çalıklan, H., 1990, Metal İşleri Teknolojisi, THK Basımevi, İstanbul, 305 s.
- Çavuşoğlu, N. E., 1981, Döküm Teknolojisi 1, İTÜ Matbaası 423 s.
- Çimenoglu, H., Kayalı, E. S., 1991, Malzemelerin Yapısı ve Mekanik Davranışları, İTÜ, İstanbul, 268 s.
- Davenport, E. S., and Bain, E. C., 1982, The Equilibrium Diagram of Iron Manganese, Carbon Alloys of Commercial Purity, Transactions of AIME, Vol.100, 228s.
- Doruk, M., 1982, Korozyon ve Önlenmesi, ODTÜ Mühendislik Fakültesi Yayını, Ankara, 70, 248 s.
- Döküm Makina Mühendislik ve Pazarlama Ltd.Şti, Emiyon Spektrometresinin Esasları, Ankara.
- Demir ve Çelik Döküm Sanayiciler Derneği, 1992, Döküm Bilgileri, Östenitik Mangan Çelikleri, 18 s.
- Eczacıbaşı, Kobatek Koruyucu Bakım Teknolojisi Ürün Katalogu, İstanbul, 35 s.
- Ersümer, A., 1980, Çelik Döküm, Birsen Kitabevi Yayınları, İstanbul, 245 s.
- Eryürek, İ. B., 1991, Çeliklerin Örtülü Elektrodlarla Ark Kaynağında Elektrod Seçimi, Eczacıbaşı Askaynak, İstanbul, ESCO, 1983, Products Maintenance Manual, Welding

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Information Catalog 100-A, Katalog 117-5, İstanbul.
- Gedik Holding AŞ, Welding Alloys, Özlü Teller Kullanma El Kitabı, İstanbul, 83 s.
- Gedik, Castolin+Eutectic, 1995, Endüstriyel Tamir ve Bakımda Castolin+Eutectic Ürünleri, İstanbul, 35 s.
- Gedik Teknik 2, Gedik Kaynak Pazarlama ve Üretim A.Ş, İstanbul.
- Güleç, Ş., 1990, Malzeme, İTÜ Matbaası, 185 s.
- Güney, S. A., 1990, Kalite Kontrol, Emel Matbaacılık, Ankara, 306 s.
- Gürleyik, M. Y., 1986, Makina Mühendisliğinde Aşınma Olayları, Makina Mühendisleri Odası Yayını 27, 323 s.
- Haliloğlu, N., Korozyona Dayanıklı Malzeme Seçimi, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü, Ankara, 241 s.
- Köğmen, M., 1987, Metalik Malzemelerde Aşınma ve Aşınma Test Cihazı Yapımı, Bitirme Ödevi, A.Ü, 79 s.
- Maratray, F. and Paulat, A., 1982, Austenite retention in High Chromium White Irons, AFS Transection, Vol.27, 795-804.
- Oğuz, B., 1987, Karbonlu ve Alaşımli Çeliklerin Kaynağı, Oerlikon, İstanbul, 488 s.

Oğuz, B., 1993, Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynağı Teori ve Uygulama, Oerlikon, İstanbul, 736 s.

Oğuz, B., Ark Kaynağı, Oerlikon, İstanbul, 562 s.

Oerlikon, Arkmagazin Yıl.3, Sayı 1, İstanbul, 23 s.

Oerlikon, Kaynakla Yüzey Sertleştirilmesi, (Baskıda),

Onaran, K., 1985, Malzeme Bilimi, Çağlayan Basımevi, 319 s.

Özgüven, B., 1994, Biyalı Değirmenlerde Kullanılan Yüzey Plakalarındaki Aşınma Parametrelerinin Belirlenmesi, Eskişehir, 84 s.

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, 1992, KOSGEB Kaynakçı Geliştirme Semineri, Ankara,

Şimşek, A. T., 1990, İmalat Usulleri, Emel Matbaacılık, Ankara, 181 s.

Tekin, A., 1987, Çelik ve Isıl İşlemi, Bofors El Kitabı, İTÜ, İstanbul, 616 s.

Tekin, E., 1992, Mühendisler İçin Çelik Seçimi, Makina Mühendisleri Odası Yayını, 379 s.

Topbaş, M. A., 1993, Endüstri Malzemeleri Cilt 1-2, Prestij Basım Yayın, İstanbul, 426-428 s.

Welding Handbook, 1982, Vol.4, Metals and Their Weldability.

Yazıcı, M., 1969, Demir-Çelik Metalurjisi, Ankara, 130 s.

EK.1. ÇALIŞMA YERİNE GÖRE DİŞ BİÇİMLERİ.

<p>(Genel amaçlı) Büyük toprak, çakıl ve drapline'lerde kullanılan, ağır hizmet amaçlı simetrik tip tırnaktır.</p>	<p>(Kaya, maden, ağır hizmet, uzun tip) Elektrikli ekskavatörlerde kullanılan ağır hizmet amaçlı simetrik tip tırnaktır. Büyük ve ağır bir yapıya sahip olup, çok miktarda aşınmaya dirençli metal ihtiva eder.</p>
<p>(Ağır hizmet) Hidrolik ve elektrikli şovel tip ekskavatörlerde kullanılan, ekstra ağır hizmet amaçlı simetrik tip tırnaktır. Zor şartlarda dayanıklılık gösterir.</p>	<p>(Kaya, maden, uzun tip) Özellikle elektrikli ekskavatörlerde kullanılan, ağır hizmet amaçlı, simetrik tip tırnaktır. Çok miktarda aşınmaya dirençli metale sahiptir.</p>
<p>(Ağır hizmet, uzun) Elektrikli ve hidrolik şovel tip ekskavatörlerde kullanılan ağır hizmet amaçlı simetrik tip tırnaktır. Uzun tip olması aşınma süresini uzatır. Tırnağın alt kısmında bulunan çukurluk yapıya dirençli gösterir.</p>	<p>(Ekstra kaya tip) Genel amaçlı, bakır ve fosfat yükleyen drapline ve ağır hizmet amaçlı elektrikli ekskavatörlerde kullanılan simetrik tip tırnaktır. Bol miktarda aşınmaya dirençli madde ihtiva eder.</p>
<p>(Panel tip, ağır hizmet) Özellikle elektrikli maden ekskavatörlerinde kullanılan, ekstra ağır hizmet amaçlı simetrik tip tırnaktır. Zor şartlarda yüksek dayanıklılık gösterir ve panel tipi olması kazıcı özellik kazandırır.</p>	<p>(Kaya, ekstra uzun, ekstra dayanıklı) Ağır hizmet şartlarında, şovel tip ekskavatörlerde kullanılan genel amaçlı simetrik tip tırnaktır. Yüksek miktarda aşınmaz ve dayanıklı madde ihtiva eden bir yapıya sahiptir.</p>
<p>(Uzun tip, takonit) Genelde elektrikli, ekskavatörlerde kullanılan, ağır hizmet amaçlı, simetrik tip tırnaktır. İnce uzun tip ve bol miktarda aşınmaya dirençli alaşım ihtiva ettiğinden dolayı, kullanım süresi maksimumu sağlar.</p>	<p>(Keskin) Genel ve ağır hizmet amaçlı, yükleyiciler, ekskavatörler ve drapline'lerde kullanılan simetrik tırnak tipidir. Delici özellik gösteren ince ve profil yapıya sahiptir.</p>
<p>(Uzun, panel tip) Hidrolik ve elektrikli şovel ekskavatörlerde kullanılan genel ve ağır hizmet amaçlı simetrik tip tırnaktır. Panel tipi olup bol aşınmaz maddeye sahip olması nedeni ile, kendi kendini bilen ve keskinleştirme özelliğine sahiptir.</p>	<p>(Keskin, kısa tip) Ekstra ağır hizmet amaçlı drapline'lerde kullanılan simetrik tırnak tipidir. Delici özelliği olan ince bir profil yapıya sahip olup, zor şartlara karşı dayanıklılık gösterir.</p>
<p>(Kaya tip) Yükleyiciler, drapline'ler, elektrikli ve hidrolik şovel ekskavatörlerde kullanılan ağır hizmet ve ekstra ağır hizmet amaçlı, simetrik tip tırnaktır. Zor şartlara karşı dayanıklılık gösterir.</p>	

Sıra	Tür	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Diğerleri
Paslanmaz Çelik										
1	Type 316	0.02	1.60	0.51	17.17	13.50	2.23	0.017	0.024	0.25Cu, 0.24Cu
İstenik Çelikler										
2	Mn-Mo-Cu	0.05	1.79	0.15	0.09	0.16	0.31	...	...	0.20Cu, 0.01N, 0.10Cb, 0.024Ca, 0.01Al
3	Mn-Mo-Cb	0.08	1.33	0.03	0.04	0.09	0.25	...	...	0.16Cu, 0.033Cb, 0.0084V, 0.003Ti
4	Mn-Cr-Ni-Mo-Cu-V	0.11	1.32	0.33	1.44	1.25	0.31	...	...	0.75Cu, 0.086V
5	Mn-V	0.15	1.17	0.56	...	...	...	...	...	0.12V, 0.10Al
6	Mn-Cr-Ni-Mo-Cu-V	0.16	1.44	0.19	1.41	1.21	0.39	0.013	0.007	0.65Cu, 0.06V
7	"T-1" type A	0.19	0.84	0.28	0.56	...	0.18	0.011	0.021	0.02Ti, 0.06V, 0.0032B
8	Mn-Cr-Ni-Mo-Cu-V	0.20	1.35	0.32	1.47	1.51	0.40	...	...	0.76Cu, 0.12V
9	Mn-Ni-Mo	0.21	1.71	0.33	...	0.73	0.20	...	...	0.15Cu, 0.01Al
10	AISI 1020	0.22	0.45	...	...	...	...	...	...	...
11	Mn-Ni-Mo	0.22	1.11	0.19	0.04	3.24	0.74	0.021	0.018	...
12	Mn-Cr-Ni-Mo	0.22	1.18	0.16	0.75	3.14	0.51	0.022	0.019	...
13	Mn-Cr-Ni-Mo	0.21	1.22	0.20	1.43	3.15	0.25	0.022	0.019	...
14	Mn-Cr-Ni-Mo	0.22	1.17	0.30	1.39	0.87	0.76	0.022	0.019	...
15	Mn-Cr-Ni-Mo	0.22	1.22	0.28	1.40	1.56	0.47	0.022	0.019	...
16	Mn-Ni-Mo-Cu-B	0.27	1.90	0.23	...	0.74	0.17	...	...	0.25Cu, 0.014Al, 0.0016B, 0.04Ti
17	Mn-Ni-Mo-B	0.27	2.10	0.30	...	0.82	0.17	...	...	0.16Cu, 0.06Al, 0.0017B, 0.04Ti
18	Mn-Mo-Cu-B	0.22	1.60	0.25	0.05	0.06	0.16	0.011	0.025	0.26Cu, 0.023Ti, 0.049Al, 0.002B, 0.004N
19	Mn-Ni-Mo-B	0.22	2.36	0.24	...	0.86	0.15	...	...	0.08Cu, 0.015Al, 0.0017B, 0.04Ti
20	Cr-Mo-B	0.30	0.82	0.22	0.35	0.04	0.27	0.010	0.017	0.03Cu, 0.026Ti, 0.039Al, 0.001B, 0.006N
21	Cr-Ni-Mo	0.27	...	...	1.0	3.0	2.0	...	...	...
22	AISI 4340	0.4	0.7	0.3	0.8	1.8	0.25	...	...	...
23	Mn-Cr-Mo	0.65	1.75	0.13	0.75	...	0.13	...	...	...
24	C-Mn	0.85	1.00	0.18	...	...	...	...	...	...
Dökümlük Çelikler										
25	Si-Cr-Mo	0.34	0.84	1.52	1.92	0.22	0.57	...	...	...
26	Mn-Si-Cr-Mo	0.45	1.39	1.46	0.83	...	0.49	...	...	...
27	Mn-Si-Cr-Ni-Mo	0.65	1.44	1.32	0.68	0.56	0.63	...	...	0.06Cu
28	Mn-Si-Cr-Mo	0.45	1.44	1.48	0.83	...	0.49	...	...	...
29	Cr-Mo	0.65	0.71	0.59	2.50	...	0.34	0.028	...	...
30	Cr-Mo	0.65	0.65	0.72	2.44	...	0.35	0.027	...	...
Takım Çelikleri										
31	AISI H-11	0.36	...	...	8.0	...	1.6	...	...	0.4V
Dökümlük Düşük Manganeli Östenitik Çelikler										
32	6Mn-5Cr-1Mo	0.7	6.02	0.53	8.07	...	1.01	0.019	0.016	...
33	6Mn-5Cr-1Mo	1.05	6.12	0.54	8.04	...	1.03	0.021	0.019	...
34	6Mn-5Cr-1Mo	1.22	6.02	0.55	4.56	...	0.55	0.020	0.019	...
35	9Mn-1Mo-Ti	1.10	9.62	0.59	...	...	1.07	...	...	0.36Ti
36	9Mn-1Mo-Ti	1.21	9.13	0.82	...	...	0.69	...	...	0.134Ti
37	9Mn-1Mo-Ti	1.27	9.49	0.56	...	...	1.08	...	...	0.32Ti
38	9Mn-1Mo-Ti	1.30	8.61	0.50	...	...	0.93	...	...	0.27Ti
39	9Mn-1Mo-Ti	1.36	8.47	0.49	...	...	1.00	...	...	0.064Ti
Dökümlük Östenitik Mançon Çelikleri										
40	12Mn-1Mo	0.66	12.74	0.51	...	...	0.96	...	...	...
41	12Mn	0.63	12.97	0.50	...	...	...	...	...	...
42	12Mn-1Mo	0.63	12.0	0.5	...	...	1.0	...	...	...
43	12Mn-1Mo	0.97	12.5	0.8	...	...	0.94	...	...	...
44	12Mn	1.1	12.5	0.8	...	...	...	...	...	...
45	12Mn	1.24	12.5	0.5	...	...	0.06	...	...	...
46	12Mn-1Mo-Ti	1.26	12.5	0.5	...	...	0.56	...	...	0.25Ti
47	12Mn-1Mo-Ti	1.29	12.5	0.6	...	...	0.94	...	...	0.016Ti
48	12Mn-1Mo-Ti	1.29	12.5	0.8	...	...	1.02	...	...	0.15Ti
49	12Mn-1Mo-Ti	1.31	12.5	0.5	...	...	0.92	...	...	...

EK. 3.

DİĞER AŞINMA DİRENÇLİ ÇELİKLERİN
ÖZELİKLERİ VE İÇYAPILARI

Simgesi	Çelik	Sertlik HB	V-Centlikli Charpy		Oyma Aşınması Oranı	Ağırlık Yitimi		İçyapı
			J	ft lb		Çubuk	Tekerlek gr	
Döküm Çelikleri								
25	Si-Cr-Mo (0.34C)	538	15	11	0.28(e)	0.0873	...	M
26	Mn-Si-Cr-Mo (0.43C)	366	17	12.5	0.25	0.088	...	M,B
27A	Mn-Si-Cr-Ni-Mo (0.55C)	620	...	...	...	0.080	...	M,B
27B	Mn-Si-Cr-Ni-Mo (0.55C)	320	...	...	...	0.104	...	F
28	Mn-Si-Cr-Mo (0.63C)	620	...	...	...	0.077	...	M,B
29	Cr-Mo (0.63C)	2f0	...	...	0.38	0.0983	0.505	P,c
30	Cr-Mo (0.88C)	343	...	...	0.38	0.0942	0.460	P,c
Takım Çelikleri								
31A	AISI H-11 (0.35C)	650	38(g)	28	0.20	0.0726	0.710	M
31B	AISI H-11 (0.35C)	670	17.6(g)	13	0.19	0.0738	0.702	M
Düşük Mn'li Östenitli Döküm Çelikleri								
32A	8Mn-5Cr-1Mo (0.7C)	339	6.8	5.0	0.30	...	...	A,c
32B	6Mn-5Cr-1Mo (0.7C)	243	25	18.3	0.34	...	...	A,c
33A	6Mn-5Cr-1Mo (1.0C)	352	5.4	4.0	0.27	...	...	A,c
33B	6Mn-5Cr-1Mo (1.0C)	285	12	9.0	0.29	...	...	A,c
34A	6Mn-5Cr-1Mo (1.2C)	385	4.7	3.5	0.27	...	...	A,c
34B	6Mn-5Cr-1Mo (1.2C)	272	7.9	5.8	0.28	...	...	A,c
35	9Mn-1Mo-Ti (1.1C)	207	41	30	0.34	...	...	A
36	9Mn-1Mo-Ti (1.2C)	221	20	14.7	0.21	...	...	A
37	9Mn-1Mo-Ti (1.25C)	207	65	48	0.27	...	...	A
38	9Mn-1Mo-Ti (1.3C)	...	24	18	0.25	...	...	A
39	9Mn-1Mo-Ti (1.35C)	208	22	16.3	0.18	...	...	A
Dökümlük Östenitli Mangan Çelikleri								
40	12Mn-1Mo (0.65C)	191	119	88	0.42	...	...	A
41	12Mn (0.95C)	185	138	102	0.33	...	...	A
42	12Mn-1Mo (0.95C)	188	72	53	0.32	0.0871	...	A,p
43	12Mn-1Mo (1.09C)	192	145	107	0.29	...	...	A
44	12Mn (1.1C)	195	...	...	0.28	0.0821	...	A
45	12Mn (1.25C)	198	80	59	0.21	...	...	A
46	12Mn-1Mo-Ti (1.25C)	201	72	53	0.21	...	...	A
47	12Mn-1Mo-Ti (1.3C)	204	87	64	0.22	...	...	A
48	12Mn-1Mo-Ti (1.3C)	201	77	57	0.22	...	...	A
49	12Mn-1Mo-Ti (1.3C)	189	34	25	0.21	...	...	A

M = martensit; B = beynit; F = ferrit; P = perlit; C = karbür; A = östenit.

EK.4. TAMİR BAKIM ELEKTROD SEÇİM TABLOSU.

TAMİR BAKIM ELEKTROD SEÇİM TABLOSU							
YAPILAN İŞLEM ANA METAL	OLUK AÇMA	BİRLEŞTİRME	ADHESİV	EROZİYF	ABRAZYF	KOROZYF	
Düşük karbon çelikleri	AS oluk açma	AS R-xxx AS B-xxx	AS SD-350	AS SD-ABRACROM	AS SD-60	AS P-312	AS P-312
Yüksek karbon çelikleri	AS oluk açma	AS P-312	AS SD-350	AS SD-ABRACROM	AS SD-60	AS P-312	AS P-312
Dökme demir	AS oluk açma	AS PIK 98	AS PIK 98	AS SD-ABRACROM	AS R-xxx AS B-xxx	AS PIK 98	AS PIK 98
%13Cr çelik	AS oluk açma	AS P-312	AS P-312	AS SD-ABRACROM	AS SD-60	AS P-312	AS P-312
%14Mn çelik	AS oluk açma	AS P-312	AS P-312	AS SD-ABRACROM	AS SD-60	AS P-312	AS P-312
Paslanmaz Ç.	AS oluk açma	AS P-316 L	AS P-312	AS SD-ABRACROM	AS SD-60	AS P-312	AS P-312
Bakır - Bronz alaşımları	AS oluk açma	AS Bronz	AS Bronz	AS SD-ABRACROM	AS SD-60	AS Bronz	AS Bronz