

**SICAK HADDE FİNİŞ TEZGAHI YOLLUK
MAKARALARINDA AŞINMA PROBLEMİ İÇİN
UYGUN OLAN SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİĞİNİN
SEÇİLMESİ**



**2019
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

AYTEKİN KURT

**SICAK HADDE FİNİŞ TEZGAHI YOLLUK MAKARALARINDA AŞINMA
PROBLEMİ İÇİN UYGUN OLAN SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİĞİNİN
SEÇİLMESİ**

AYTEKİN KURT

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2019**

Aytekin KURT tarafından hazırlanan “SICAK HADDE FİNİŞ TEZGAHI YOLLUK MAKARALARINDA AŞINMA PROBLEMİ İÇİN UYGUN OLAN SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİĞİNİN SEÇİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Bilge DEMİR

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 28/06/2019

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Ahmet DURGUTLU (GÜ)

Üye : Prof. Dr. Bilge DEMİR (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Mehmet ÜNAL (KBÜ)

...../...../2019

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Aytekin KURT

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SICAK HADDE FİNİŞ TEZGAHI YOLLUK MAKARALARINDA AŞINMA PROBLEMİ İÇİN UYGUN OLAN SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİĞİNİN SEÇİLMESİ

Aytekin KURT

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Bilge DEMİR

Haziran 2019, 48 sayfa

Bu çalışmada, sıcak hadde finiş tezgâhı yolluk makaralarında aşınma problemleri incelenerek, ticari önerilen takım çeliklerinin uygunluğu araştırılmıştır. Üç farklı takım çeliği; 1.2379, 1.2436 ve CPR soğuk iş takım çelikleri kullanılmıştır. Bu çeliklerden üretilen sıcak hadde finiş tezgâhı yolluk makaraları gerçek üretim şartlarında kullanılarak aşınma durumları takip edilmiştir. Ayrıca gerçek şartlardakilere benzer aşamalarda üretilen pilot numuneler kullanılarak abrasiv aşınma davranışları test edilmiştir. Deney numuneleri ısıtma işlemi, gerçek şartlarda uygulama, sertlik ölçme, aşınma deneyleri ve makro-mikro görüntü analizi vb. incelemelere tabi tutulmuştur. Abrasif aşınma deneyleri; aşındırıcı olarak 60 mesh ve 220 mesh zımpara, 30 N, 50 N ve 80 N olmak üzere 3 farklı kuvvet ve 10 ve 20 metre abrasiv aşınma yolu şartlarında gerçekleştirilmiştir. Deneysel ve gerçek

şartlarda uygulama sonuçları paralellik göstermektedir. CPR kalite soğuk iş takım çeliği 1.2379 ve 1.2436 soğuk iş takım çe-



liklerine göre daha yüksek aşınma ve tokluk değerlerine sahiptir. Bunda homojen ve küçük ebatlı karbür dağılımının yanında düşük karbon içeriğinin de çok etkili olduğu kanaati uyanmıştır.

Anahtar Sözcükler : Soğuk iş takım çelikleri, aşınma, mikroyapı, mekanik özellikler.

Bilim Kodu : 915.3.022



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

SUITABLE COLD WORKING TOOL STEEL CHOOSING FOR ABRASION PROBLEMS IN HOT ROLLING STAND RUNNER REELS

Aytekin KURT

Karabuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Manufacturing Engineering

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Bilge DEMİR

June 2019, 48 Pages

The suitability of commercially suggested tool steels was investigated by examining the wear problems of hot rolling stand runner reels in this study. Three different tool steels; 1.2379, 1.2436 and CPR cold work tool steels were used. The wear conditions of the hot rolling stand runner reels produced from these steels were followed in real production conditions. Also, abrasive wear behaviors were tested using pilot samples produced at similar stages as in real conditions. The test specimens were subjected to many investigations (heat treatment, application in real conditions, hardness measurement, abrasion tests and macro-micro image analysis etc.). Abrasive wear tests were carried out with 60 mesh and 220 mesh abrasives, 3 different forces (30 N, 50 N and 80 N) and 10- and 20-meters abrasive wear conditions. The results of the experimental and real conditions showed similarity. CPR quality cold work tool steel has higher wear and toughness values than 1.2379 and 1.2436 cold work tool steels. In addition to homogeneous and small size carbide distribution, low carbon content is

very effective in this case.

Key Word : Cold work tool steels, wear, microstructure, mechanical properties.

Science Code : 915.3.022



TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının her aőamasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım ok değerli danıőman hocam Prof. Dr. Bilge DEMİR'e teőekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisansa baőlamama vesile olan Metalurji Yüksek Mühendisi Onur ÖZEN'e, tam artık yüksek lisansı bırakıyorum derken, bana büyük destek olan Arő.Gör.Dr. Muhammed Elitaő'a, üniversite laboratuvarında deneysel çalıőmalarımda bana yardım eden lisans mezunu Ömür'e, yüksek lisans çalıőmalarım boyunca bana hiç zorluk çıkarmayan iş yerim Saka D.Ç'e, ve son olarak da bugünlere gelmemde büyük emeği olan anne ve babama ve çalıőmalarıma sabırla katlanan eőim Selen KURT ve çocuklarıma çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR.....	ix
İÇİNDEKİLER	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
TAKIM ÇELİKLERİ.....	3
2.1. TAKIM ÇELİKLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	4
2.1.1. Suda Sertleştirilen Takım Çelikleri (W tipi).....	5
2.1.2. Soğuk İş Takım Çelikleri.....	5
2.1.2.1. Yağda Sertleştirilmiş Takım Çelikleri (O tipi)	5
2.1.2.2. Orta Alaşımli Havada Sertleştirilmiş Takım Çelikleri (A tipi).....	5
2.1.2.3. Yüksek Karbon ve Yüksek Krom İçeren Takım Çelikleri (D tipi)...	5
2.1.3. Darbe Dirençli Takım Çelikleri (S tipi)	6
2.1.4. Yüksek Hız Takım Çelikleri (T ve M tipi).....	6
2.1.5. Sıcak İş Takım Çelikleri (H tipi).....	6
2.1.5.1. Krom Esaslı Sıcak İş Takım Çeliği	7
2.1.5.2. Molibden Esaslı Sıcak İş Takım Çeliği	7
2.1.5.3. Tungsten Esaslı Sıcak İş Takım Çeliği	8
2.1.6. Plastik Kalıp Takım Çelikleri.....	8
2.1.7. Özel Amaçlı Takım Çelikleri (L ve F tipi).....	8

2.2. ÇELİKLERE ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ETKİSİ	9
BÖLÜM 3	10
AŞINMA.....	10
3.1. AŞINMA MEKANİZMALARI.....	10
3.2. AŞINMA DENEYLERİ VE ÖLÇÜM YÖNTEMİ.....	10
3.2.1. Ağırlık Farkı Metodu.....	12
3.3. ABRASİF AŞINMA	12
BÖLÜM 4	13
ISIL İŞLEM	13
4.1. ÇELİKLERİN ISIL İŞLEMİ.....	14
4.1.1. Çeliklere Uygulanan Su Verme İşlemi.....	15
4.1.2. Menevişleme (Temperleme).....	17
BÖLÜM 5	19
DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	19
5.1. DENEYİN AMACI.....	19
5.2. SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİKLERİ.....	19
5.2.1. DIN 1.2379 Soğuk İş Takım Çeliği.....	19
5.2.2. DIN 1.2436 Soğuk İş Takım Çeliği.....	24
5.2.3. CPR Soğuk İş Takım Çeliği	26
5.3. NUMUNE HAZIRLAMA	29
5.4. ISIL İŞLEM PROSESLERİ	30
5.5. MİKROYAPI İNCELEMESİ	30
5.6. SERTLİK ÖLÇÜMÜ	31
5.7. AŞINMA DENEYİ	31
BÖLÜM 6	34
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	34
6.1. SERTLİK SONUÇLARI.....	34
6.2. MİKROYAPI SONUÇLARI	36

	<u>Sayfa</u>
6.3. ABRASİF AŞINMA TEST SONUÇLARI.....	38
BÖLÜM 7.....	46
SONUÇLAR	46
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	50



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1. Fe-C diyagramının çelik bölgesi ve uygulanan ısıtma işlemlerinin sıcaklık bölgeleri	14
Şekil 4.2. Martenzit yapı mikroyapı görüntüsü	16
Şekil 4.3. Zaman-Sıcaklık-Dönüşüm (TTT) diyagramı	17
Şekil 5.1. DIN 1.2379 çeliğinin ısıtma işlem basamakları.....	23
Şekil 5.2. DIN 1.2379 çeliğinin sürekli soğuma dönüşüm diyagramı	23
Şekil 5.3. DIN 1.2379 çeliğinin temperleme diyagramı	24
Şekil 5.4. DIN 1.2436 çeliğinin ısıtma işlem basamakları.....	25
Şekil 5.5. DIN 1.2436 çeliğinin sürekli soğuma dönüşüm diyagramı	25
Şekil 5.6. DIN 1.2436 çeliğinin temperleme diyagramları	26
Şekil 5.7. CPR çeliğinin ısıtma işlem basamakları	27
Şekil 5.8. CPR çeliğinin sürekli soğuma dönüşüm diyagramı.....	28
Şekil 5.9. CPR çeliğinin temperleme diyagramları.....	28
Şekil 5.10. Temin edilen soğuk iş takım çelikleri.....	29
Şekil 5.11. Bakalite alınan soğuk iş takım çelikleri	29
Şekil 5.12. İmpro propol parlatma cihazı.....	30
Şekil 5.13. Rockwell sertlik cihazı.....	31
Şekil 5.14. Block on ring aşınma cihazı.....	32
Şekil 5.15. Sıcak hadde finiş yolluk makarası	32
Şekil 6.1. Sertlik sonuçları	35
Şekil 6.2. 1.2379 malzemenin makara ağırlıkları	41
Şekil 6.3. 1.2436 malzemenin makara ağırlıkları	42
Şekil 6.4. CPR malzemenin makara ağırlıkları.....	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Takım çeliklerinin genel gruplandırılması	4
Çizelge 2.2. Takım çeliklerinin uygulama alanlarına göre gruplandırılması.....	4
Çizelge 5.1. DIN 1.2379 X153CrMoV12 soğuk iş takım çeliğinin özellikleri	22
Çizelge 5.2. DIN 1.2436 soğuk iş takım çeliğinin özellikleri	24
Çizelge 5.3. CPR soğuk iş takım çeliğinin özellikleri	27
Çizelge 5.4. Numunelere uygulanan ısıtma işlemleri	30
Çizelge 6.1. Sertlik değerleri	34
Çizelge 6.2. Numunelerin mikroyapı resimleri	36
Çizelge 6.3. 220 mesh zımpara üzerinde yapılan aşınma deneylerinin kayma mesafesi-ağırlık kaybı grafikleri	39
Çizelge 6.4. 60 mesh zımpara üzerinde yapılan aşınma deneylerinin kayma mesafesi-ağırlık kaybı grafikleri	41
Çizelge 6.5. Numunelere uygulanan yüke göre ağırlık kaybı grafikleri	42
Çizelge 6.6. Aşındırıcı zımpara kalınlıklarına göre ağırlık kaybı grafikleri.....	40

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

μm : mikrometre

F : yük

G : gram

M : metre

C : karbon

Si : silisyum

Mn : mangan

Cr : krom

Mo : molibden

Ni : nikel

V : vanadyum

W : wolfram

S : kükürt

H : hidrojen

N : azot

% : yüzde

C : santigrat

KISALTMALAR

AISI : American Iron and Steel Institute (Amerika Demir ve Çelik Enstitüsü)

ASTM: American Society for Testing and Materials (Amerikan Test ve Malzeme Kurumu)

HCP : Hekzagonal sıkı paket yapı

DIN : Deutch Industrie Normen (Alman Endüstri Normları)

ZSD : Zaman Sıcaklık Dönüşüm Diyagramı

HRC : Rockwell Sertlik



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Çelik; geliştirilebilir mekanik özelliklerinden dolayı pek çok endüstriyel alanda kullanımı oldukça yaygın olan günümüzde özellikle inşaat, otomotiv, tıp, havacılık gibi alanlarda kullanılan bir metaldir. Üretim yöntemi ve kullanım yeri bakımından çelikler, demir ve karbondan başka pek çok alaşım elementlerini de içerir. Yapılarında bulunan karbon miktarı ve içerdiği alaşım elementlerinin cins ve miktarları, çeliklerin birçok özelliklerini belirleyen ana faktörlerdir. Isıl işlemlerle kimyasal kompozisyonunun iyileştirilmesi, çeliğin birçok alanda kullanımına olanak sağlar.

Takım çelikleri; metal, plastik ve refrakter gibi ana malzemelerin işlenmesinde, şekillendirme işleminde ve ihtiyaç duyulan son biçime getirilmesinde kullanılır. Takım çelikleri kimyasal içerik bakımından sertleştirme işlemine tabi tutulan ve temperlenebilen karbonlu ve alaşımlı çelik grubundandır. Takım çeliklerinden istenilen hususiyetlerden bazıları ileri aşınma mukavemeti, sertlik, iyi ısı direnci ve malzemelerin işlenmesi için gerekli dirençtir.

Takım çeliklerinin dezavantajlarından bir tanesi üretim maliyetinin yüksek oluşudur. Bu bakımdan ekonomik olmalı ve aynı zamanda istenilen şekle işlenebilme ve şekillendirilebilme yeteneğine sahip olmalıdır. Günümüzde soğuk iş takım çeliklerinin kullanım alanları çok fazladır. Sıyırma ve kırma bıçakları, sinter presleme takımları, kazıma, çekme ve kabartma takımları, kesme takımları, derin çekme ve sıvama takımları ve hassas delik delme zımbaları olarak kullanılırlar. Soğuk iş takım çeliklerinden yüksek aşınma dayanımı, yüksek sertlik, yüksek çekme dayanımı, yüksek basma dayanımı özellikleri beklenir.

Bu çalışmada, 1.2379, 1.2436 ve CPR soğuk iş takım çeliklerinin mikroyapı özellikleri ve aşınma dayanımları incelenmiştir. Hangi soğuk iş takım çeliğinin aşınma dayanımının daha iyi olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla numunelere abrasif aşınma deneyleri yapılmıştır. 30 N, 50 N, 80 N yüklerde 60 mesh ve 220 mesh zımparalarda numune yüzeylerine 10 ve 20 metre yol aldırılmıştır. Numunelerin ağırlık kayıpları hassas terazi ile ölçülerek tespit edilmiştir. Abrasif aşınma deneyi sonucunda tespit edilen ağırlık kayıplarından yararlanılarak aşınma grafikleri oluşturulmuştur. Mikroyapı görüntüleri ile aşınma deneyi sonuçları desteklenmiştir. Ayrıca gerçek işletme ortamı olan Saka D.Ç. ve San. A.Ş. sıcak haddehanesi, bu projeden önce finiş yolluk makaralarında SAE 1040, 4140 ve 1.2080 kalitelerde malzemeler kullanıyordu. Finiş yolluk makaralarının düşük kalitede olması Saka D.Ç. firmasında daha çok enerji sarfiyatına, daha çok bozuk mamül oluşmasına ve daha çok bakım onarım maliyetine sebep veriyordu. Bu tez konusu ile alışlagelmiş kullanılan malzemeler yerine 1.2379, 1.2436 ve CPR gibi soğuk iş takım çeliklerinde imal edilmiş finiş yolluk makaraları kullanılarak Saka D.Ç. firmasında gerçek koşullar altında benzer aşınma deneyleri gerçekleştirilmiş ve laboratuvar ortamındaki sonuçlar ile karşılaştırılarak sıcak hadde finiş yolluk makarası için en ideal malzemenin seçilmesi amaçlanmıştır.

Bu tez çalışması ile Saka D.Ç. ve San. A.Ş.'de çalışan sıcak hadde ve bakım onarım ekibinde, soğuk iş takım çeliklerine karşı bilinçlenme ve farkındalık oluşturarak işletmeye büyük faydalar sağlanması hedeflenmiştir.

BÖLÜM 2

TAKIM ÇELİKLERİ

Endüstride sıklıkla karşımıza çıkan takım çelikleri, talaşlı ve talaşsız üretimde kullanılan, sıcak veya soğuk durumdaki iş parçalarını dövme, kesme ve sıkıştırma metotlarından biri veya birkaç tanesi ile biçimlendirme işi yapabilen yüksek alaşımli çeliklerdir [1]. Takım çelikleri sahip oldukları % 0,8 - 1,5 karbon içeriği ile karbon çeliği olarak işleme alınmakta ve olabildiğince güç metotlar ile üretilmektedir [2]. Takım çelikleri malzemelerin hem işlenmesi hem de şekillendirilmesi amacı ile kullanılan çeliklerdir. Totalde çelik üretim miktarının %8'ini oluşturan takım çeliklerinin kullanımı her geçen sene devamlı olarak yukarı bir ivme göstermektedir. Çelik ürünlerin takım çeliği olarak adlandırılması sadece kullanım amacına yönelik olmaktadır. Başka çelik grupları gibi takım çeliklerinde kimyasal kompozisyona göre gruplandırma yapılmamaktadır. Bu sebeple aynı kimyasal kompozisyona sahip çelikler üretim metotlarındaki değişiklikler ile ayrı özelliklere sahip olabilmektedir. Değişik kullanım sahalarında benzer kimyasal kompozisyona sahip çelikler farklı isimler ile adlandırılabilir [3]. Takım çeliklerinin sertleştirilebilirlikleri veya temperlemeye karşı dirençleri farklıdır [2]. İmalat ve kalıp sektöründe kullanılan belli başlı çelik türlerinden biri olan takım çeliklerinin belirli özellikleri vardır. Metal ve metal dışı malzemelerin muhtelif yöntemlerle şekil verilmesinde ana malzeme sıklıkla takım çelikleridir. Bu çelikler genellikle elektrik fırınlarında ergitilerek üretilmektedir [4]. Çizelge 2.1'de kesici takım çelikleri sınıflandırılmıştır [5].

Çizelge 2.1. Takım çeliklerinin genel gruplandırılması[5].

Sertleştirme ortamına göre	Yağda sertleşen çelikler
	Havada sertleşen çelikler
Alaşım oranına göre	Karbon takım çelikleri
	Orta alaşımlı takım çelikleri
	Düşük alaşımlı takım çelikleri
Uygulama alanına göre	Sıcak işlem takım çelikleri
	Soğuk işlem takım çelikleri
	Şok yüklere mukavim takım çelikleri
	Yüksek hız takım çelikleri

2.1. TAKIM ÇELİKLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Takım çeliklerinin en yaygın sınıflandırma sistemi, Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü (AISI) tarafından belirlenmiştir. Takım çeliklerinin AISI sınıflandırma sistemi; su verme ve uygulama metodunu, özel karakteristikleri ve kompozisyonlarını esas alır [6]. Çizelge 2.2’de takım çeliklerinin uygulama alanlarına göre sınıflandırılması gösterilmiştir [5].

Çizelge 2.2. Takım çeliklerinin uygulama alanlarına göre gruplandırılması.

ÇELİK TİPİ	AISI	ÖZELLİK
Suda sertleşen	W	-
	O	Yağda sertleşen
Soğuk işlem	A	Havada sertleşen, Orta alaşım
	D	Yüksek karbon, Yüksek krom
Şok yüklere mukavim	S	-
Yüksek hız	T	Tungsten tabanlı
	M	Molibden tabanlı
Sıcak işlem	H	H1-H19 Krom tabanlı
		H20-H39 Tungsten tabanlı
		H40-H50 Molibden tabanlı
Plastik kalıp	P	-
Özel amaç	L	Düşük alaşım
	F	Karbon-Tungsten

2.1.1. Suda Sertleştirilen Takım Çelikleri (W Tipi)

Suda sertleştirilen takım çelikleri genellikle %0,8-1,1 C içeren sade karbonlu çeliklerdir. Bu çeliklerin bir modifikasyonunda %0,25 V ve bir diğesinde de %0,5 Cr ilave edilir. Suda sertleştirilen takım çelikleri en ucuz takım çelikleridir ancak temel kompozisyonlarından dolayı genelde en düşük aşınma direncine sahiptir. Bu temel kompozisyonları, diğerk takım çelikleri ile kıyaslamalarında esas oluşturur [6].

2.1.2. Soğuk İş Takım Çelikleri

2.1.2.1. Yağda Sertleştirilmiş Takım Çelikleri (O Tipi)

Soğuk iş takım çelikleri aşınma direnci ve tokluğun önemli olduğu kalıp uygulamaları için yaygın olarak kullanılır. Soğuk iş takım çeliklerinin prensip grupları; yağda sertleştirme, havada sertleştirme ve yüksek karbon, yüksek krom tipleridir. En yaygın kullanılan takım çeliklerinden birisi yağda sertleştirilmiş O tipi çeliklerdir. Bu çelikler yüksek manganla beraber %0,5 Cr ve %0,5 W içerir. Bu elementler çeliğin sertleştirilebilirliğini artırarak suda soğutmayı önleyebilir [6].

2.1.2.2. Orta Alaşım Havadan Sertleştirilmiş Takım Çelikleri (A Tipi)

Havadan sertleştirilmiş soğuk iş takımı çelikleri özellik gerdirmeye, biçimlendirme ve çekme kalıpları gibi oldukça iyi aşınma ve istisna tokluğun gerekli olduğu uygulamalar için uygundur. Bu çelikler karmaşık kalıplar için kullanılabilir. Çünkü bu çeliklerin sertleştirme ve temperlemeden sonraki boyutsal değişikliği yaklaşık olarak Mn'lı yağda sertleştirilmiş takım çeliklerinin üçte biri kadardır. Havada sertleştirilen soğuk iş takım çeliklerinde bulunan alaşım elementleri % 1-2 C'a ilaveten krom, mangan, molibden, vanadyum ve nikeldir [6].

2.1.2.3. Yüksek Karbon ve Yüksek Krom İçeren Takım Çelikleri (D Tipi)

Yüksek oranda karbon ve yüksek oranda kromlu takım çelikleri ABD'de yüksek hız takım çeliklerinin yerini almaları için geliştirilmiştir. Bu çelikler yüksek kesme

hızları ile etkili sertliğe sahip olmadıklarından ve çok kırılğan olduklarından sınırlı kullanıma sahiptir. Buna karşın bu çeliklerin keşfedilen yüksek aşınma dirençleri ve deforme olmayan özellikleri kullanımlarını cazip hale getirmiştir.

D tipi soğuk iş takım çeliklerinin yüksek oranda aşınma mukavemetleri yüksek krom (%12) ve karbon (%1,5-2,3) miktarlarındandır. Yüksek krom ve yüksek karbon takım çelikleri arasındaki aşınma direnci farklılıkları esas olarak karbon içeriklerinin bir sonucudur [6].

2.1.3. Darbe Dirençli Takım Çelikleri (S Tipi)

Darbe dirençli takım çelikleri; kesici bıçaklar, keskiler ve perçin yatakları gibi tekrarlı gerilmelere maruz kalınan uygulamalar için kullanılır. Bu nedenle bu çeliklerin çoğu diğer takım çeliklerinden daha düşük (yaklaşık % 0,5) C içeriğine sahiptir ve 55-60 HRC sertliklerinde kullanılır [4].

2.1.4. Yüksek Hız Takım Çelikleri (T ve M Tipi)

Takım ağızı kızaracak değerde ileri kesme hızlarında bile talaş kaldıracak, yani oluşan bu şartlarda bile yüksek sıcaklık sertliğini yüksek yüzdede ve uzun bir zamanda koruyabilen malzemelerdir. Bahsi geçen özelliklerin malzemeye kazandırılabilmesi için belirli bir oranda alaşım elementlerinin katılması, itinalı ergimenin (elektrik ocağı), karbürlerin homojen şekilde dağılımını oluşturacak biçimde sıcak haddelemenin ve kullanılıcı tarafından malzemeye ait bir ısıl işlem programının uygulanması gerekir [2].

2.1.5. Sıcak İş Takım Çelikleri (H Tipi)

AISI sınıflandırma sisteminde H (Hot Work) kodu ile gösterilen takım çeliği çeşididir. Yüksek sıcaklıklarda dövme, şekillendirme ve ayırma işlemleri için kullanılan takım çelikleridir. Bu çelikler; ısı, basınç ve abrasif özelliklerin bir arada elde edilebildiği yapıda bir çelik alaşımıdır. Sıcak iş takım çeliklerinin yararlanma sahası gereği sahip olmaları gereken en ayırt edici özelliği uygun kimyasal içeriği

sayesinde tekrar eden sıcak biçimlendirme yöntemlerinde sertliğin azalmasına karşı yetecek kadar dayanımı göstermesidir. Kullanım sahalarından dolayı ileri sıcaklıkta mekanik değerlerini kaybetmemeleri gerekir ve bundan dolayı sıcak iş takım çeliklerinde sıcak sertliği muhafaza eden alaşım elementleri içerir. Sıcak iş takım çelikleri içerdikleri alaşım elementine göre üç ana grup altında toplanmaktadır: Molibden (Mo) içeren sıcak iş takım çelikleri, Krom (Cr) içeren sıcak iş takım çelikleri ve Tungsten (W) içeren sıcak iş takım çelikleridir [7].

2.1.5.1. Krom Esaslı Sıcak İş Takım Çeliği

AISI standartlarında H10 - H19 türleri arasında olup, sıcaklık etkisi ile yumuşamaya karşı dayanıklıdır. Bunun sebebi orta derecede krom içeriği ve karbür oluşturacak elementlere (molibden, tungsten, vanadyum) sahip olmasıdır. Düşük oranlı karbon ve az alaşım muhtevası uygun çalışma sertliğinde bulunan 40-55 HRC değerlerinde tokluğun yüksek olmasına sebep olur. Yüksek oranda molibden ve wolfram, sıcaklığa karşı dayanımı iyileştirir. Fakat tokluk özelliğini de aşamalı olarak azaltır. Vanadyum ise yüksek sıcaklık değerlerinde erozif aşınma mukavemetini artırır. Bu çeliklerde bulunan silisyum miktarındaki artışta 800 °C'lere kadar oksidasyon dayanımını yükseltir. H11,H12 ve H13 en sık kullanıma sahip çeşitleridir [7].

2.1.5.2. Molibden Esaslı Sıcak İş Takım Çeliği

Aktif olarak kullanılan tipleri AISI standartlarında H42 ve H43 molibdenli sıcak iş takım çelikleridir. Bu çelikler molibden, krom, vanadyum, karbon ve tungsten içerir. Bileşimleri tungstenli sıcak iş takım çeliklerini andırsa da bu çelikler tungstenli sıcak iş takım çeliklerine göre daha düşük karbonlu çelikler olup daha yüksek tokluğa sahiptir. H42 ve H43 tipi çelikler, tungstenli sıcak iş takım çeliğine nazaran daha az maliyetlidir. Bu çelikler sıcaklığa karşı tungstenli sıcak iş takım çeliğinden daha dayanıklıdır. Fakat dekarbürizasyona meyilli oldukları için ısıl işlemlerine dikkat edilmelidir [7].

2.1.5.3. Tungsten Esaslı Sıcak İş Takım Çeliği

AISI standartlarında H21- H26 arası olan bu çelikler karbon, tungsten, krom ve vanadyum alaşım elementlerini içerir. Bu alaşım elementleri malzemenin yüksek sıcaklıklarda ısı yumuşamaya ve aşınmaya karşı direncini artırır. Ancak bu alaşım elementleri çalışma sertliğinde (45-55 HRC) kırılma ve çatlamalara karşı malzemenin özelliğini olumsuz yönde etkiler ve su verme işlemini de zorlaştırır.

Bu çelikler havada sertleştirilebilir ancak genellikle bu çeliklere suda ve sıcak tuzda su verilmektedir. Sertleşebilmesi için kromlu sıcak iş takım çeliklerine nazaran daha yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyar. Oksitleyici atmosferde de daha dayanıklı yapıdadır.

Bu çeliklerin toklukları yüksek olmasına rağmen çoğu özellikleri yüksek hızlı takım çeliklerine benzemektedir. H26 tipi, yüksek hız takım çeliğinin daha yüksek karbonlu halidir. Tungstenli sıcak iş takım çelikleri çalışma sıcaklıklarına önceden ısıtılırsa çatlama riski azaltılmış olur. Bu çelikler ekstrüzyon kalıpları (nikel, pirinç ve çelik ekstrüzyonunda) ve dövme kalıplarında sıklıkla kullanılır [7].

2.1.6. Plastik Kalıp Takım Çelikleri

Başka çeşitlere kıyasla daha az bir geçmişi olan plastik kalıp çelikleri, korozyon dayanımları ve parlatılabilme kabiliyetleri ile ön plana çıkmaktadır. Sanayide yüksek oranda ekstrüzyon, plastik enjeksiyon gibi şekillendirme kalıplarında, korozif plastiklerin şişirme kalıplarında, kalıp hamillerinde kullanılır. En yaygın kaliteleri; DIN 1.2738, DIN 1.2311, DIN 1.2312, DIN 1.2316 ve DIN 1.2083 çelikleridir. Düşük ve orta karbonlu, krom ve nikel alaşımli, az oranda V, Mo içeren çeliklerdir.

2.1.7. Özel Amaçlı Takım Çelikleri (L ve F Tipi)

Özel amaçlı takım çelikleri, AISI standartlarında L ve F ile tanımlanmaktadır. Üretim hızı düşük imalatlarda her türlü amaç için kullanılabilme özelliğine sahiptir. L tipi, özel kullanım amaçlı takım çeliği ve F tipi, karbon tungsten çeliğidir.

2.2. ÇELİKLERE ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ETKİSİ

Çelik esas tarifiyle demir elementi ile belirli bir aralıkta değişen karbon alaşımıdır. Fakat bu iki alaşım elementinin dışında bileşimlerinde ayrı elementler de bulunabilir. Mesela bir çeliğin muhtevasında Si ve Mn sıklıkla yer alabilir. Çeliğin çeşidine göre Cu, Ni, Mo, V, Nb, Co, W, Al, Ti, Cr gibi elementlerin yanında S, Te, P, Pb ve Se gibi elementler de içeriğinde bulunabilmektedir. Çeliklerin mikroyapı ve davranışları üzerinde en etkili olan element karbondur. Çeliklerdeki başka esas element mangandır ve miktarı %1,5'e kadar çıkabilir. Çeliklerde bu tür alaşım elementlerinin yanında kükürt (S), fosfor (P), azot (N) ve hidrojen (H) gibi elementler çeliğin mekanik davranışlarını olumsuz açıdan etkilediği için ekseriyetle istenmemektedir [1]. Çeliklerin içine alaşım elementlerinin katılmasının nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

- Sertleşme yeteneğini iyileştirmek,
- Sertlik ve mukavemet değerlerini iyileştirmek,
- Çelik malzemenin mekanik değerlerini iyileştirmek,
- Tokluk değerini arttırmak,
- Aşınma kabiliyetini arttırmak,
- Korozyon dayanımını iyileştirmek,
- Manyetik özellikleri iyileştirmektir [8].

Bu elementlerin oranları çelik üretimi esnasında azaltılır. Dökme demirler yaklaşık %4 oranında karbon barındırırlar. Bu seviyede yüksek karbon; dökme demirin özelliklerini ve yapısını çelikten çok daha değişik görünmesine sebep olur [9].

BÖLÜM 3

AŞINMA

1979'da DIN 50320 standardında aşınma, çalışılan malzemelerin diğer malzemelerle (gaz, sıvı, katı) teması sonucunda mekanik faktörlerle malzeme yüzeyinden küçük parçacıkların kopması neticesinde ortaya çıkan ve istenilmeyen yüzey bozulması olarak tanımlanmıştır [10–12]. Bu tanıma göre aşınmadan söz etmek için; sürtünmenin yavaş fakat devamlı olması, mekanik bir tesirin olması, istenilmediği halde ortaya çıkması ve malzeme yüzeyinde değişiklik meydana getirmesi gerekmektedir [13].

3.1. AŞINMA MEKANİZMALARI

Tipik aşınma mekanizmalarını dört ana grupta toplamak mümkündür. Bunlar;

- Adhesif aşınma,
- Abrasif aşınma,
- Triboksidasyon aşınması,
- Yorulma aşınmasıdır [10].

3.2. AŞINMA DENEYLERİ VE ÖLÇÜM YÖNTEMİ

Çalışma esnasında iki yüzey ne zaman birbirine temas etse aşınma olayı meydana gelir. Bilhassa da sanayide sıklıkla meydana gelen yüzeylerdeki aşınma olayına dayalı malzeme kaybı ekonomik açıdan önem arzeden güce ve maddesel kayba sebep olmaktadır [14]. Bu yüzden makine üretiminde aşınma olayına tabi kalabilecek yerlerde aşınma mukavemeti iyi olan malzemeler kullanılmaktadır. Bu tür

malzemelerin belirlenebilmesi için de kesinlikle birçok laboratuvar deneylerinin yapılması gerekir [11,12]. Aşınma deneyinin metotlarını genel anlamda iki grupta ele



almak mümkündür. Birisi, yağlamalı ve yağlamasız bir ortamda gerçek ve karşı taraf malzemenin adhesif (metal- metal) aşınma değerlerinin bulunduğu yöntemler diğeri ise gaz, sıvı ve katı durumdaki maddelerin tesiri altında sadece karşı malzemenin aşınma değerinin ölçüldüğü yöntemlerdir [10].

3.2.1. Ağırlık Farkı Metodu

Hesaplı olması ve ölçülen değerin alet duyarlılık seviyesi içinde olması nedeni ile en sık uygulanan yöntemdir. Ağırlıkta meydana gelen azalmanın ölçümü, 10-4 g veya 10-5 g duyarlılığında oldukça hassas bir terazi kullanılarak yapılır. Bu yöntemle göre aşınma ölçüsü miligram veya gram olarak ifade edildiğinde, birim sürtünme yoluna karşılık gelen ağırlık azalması ölçüsü (mg/m), (g/km) ile söylenebilir. Ağırlık kaybı eğer birim alan için hesaplanacaksa g/cm^2 gibi bir birim ifade edilebilir. Ağırlık azalması hacimsel aşınma ölçüsü olarak ifade edilmek istenirse, yine ağırlık kaybindan yola çıkarak kullanılan malzemenin deney numunesi üzerine tesir eden yükleme ağırlığı ve yoğunluğu hesaba katılmak suretiyle birim yükleme ve birim yol ağırlığına karşılık gelen hacim azalmasından bulunabilir [10].

3.3. ABRASİF AŞINMA

Yüzeyde boyuna çizikler oluşması genelde abrasif aşınmaya işaret eder. Abrasif aşınma direnci aşağıdaki faktörlerin artması ile artar:

- Artan sertlik,
- Azalan deformasyon sertleşmesi hızı,
- Alaşımlama,
- Yabancı partiküller,
- Ana fazdan daha sert, tok, elastikiyet modülü yüksek ve iri boyutlu partiküller,
- Sertlik ve tokluk,
- Akma mukavemeti,
- Elastikiyet modülü,
- Ergime sıcaklığı ve kristal yapı,
- Mikroyapı ve kimyasal bileşim [10].

BÖLÜM 4

ISIL İŞLEM

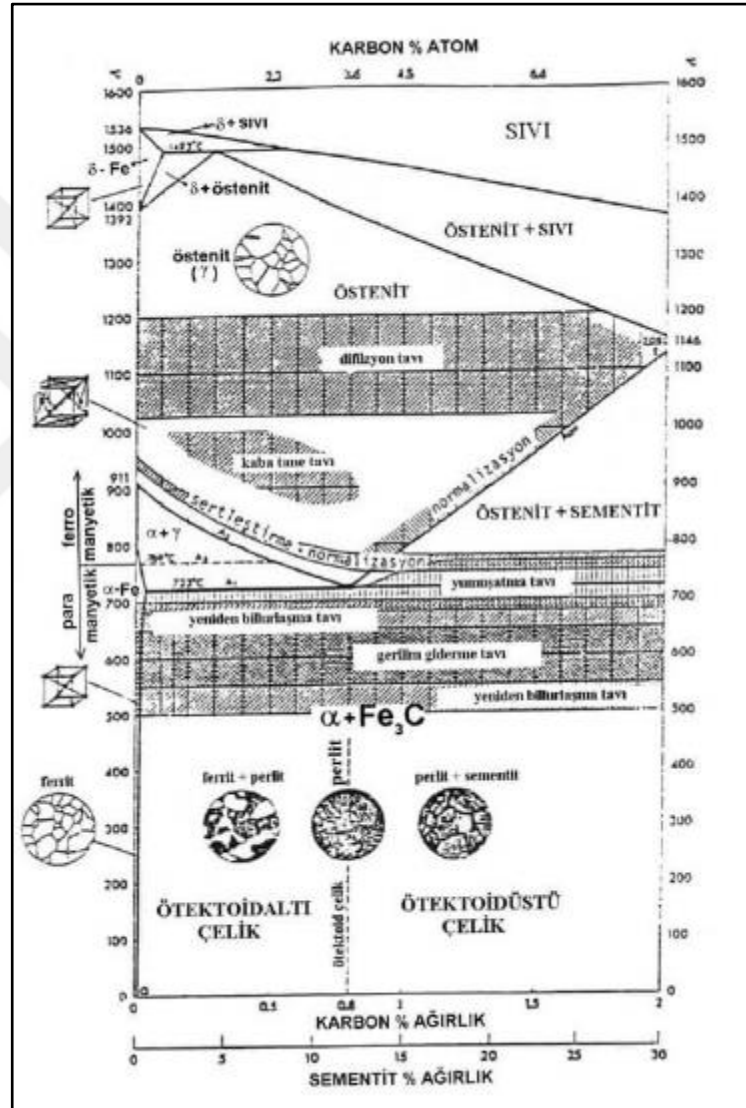
Isıl işlem, malzemenin içyapısını ve özelliklerini istenilen şekile getirmek için malzemenin solidüs (katılaşma) sıcaklık derecesinin altında uygun bir sıra ve zamanda ısıtılıp daha sonra ise soğutulması işlemidir [15].

Isıl işlem, döküm numunesi üzerinde tatbik edilen ısıtma ve soğutma neticesinde parçanın mekanik ve fiziksel değerlerinin değişmesine sebep olur. Bu ısıtma ve soğutma işlemleri asıl şekliyle tavlama, çözeltiye alma, yaşlandırma ve soğuk işlem gibi aşamalarını içermekte olup, alaşımların kimyasal yapılarına ve elde edilmek istenilen son özelliklere göre farklılık göstermektedir [16].

İşlenebilirlik kabiliyetinin artırılması için yumuşatma tavlaması, tane irileştirme başka bir ifadeyle kaba tane tavlaması; direncin artırılması veya azaltılması amacıyla yumuşatma tavlaması, normalleştirme tavlaması ve sertleştirme; soğuk şekil vermenin tesirini ortadan kaldırmak için yeniden kristalleştirme tavlaması, normalleştirme tavlaması uygulanmaktadır. Mikrosegregasyonun giderilmesi için homojenleştirme tavlaması; tane boyutunun değiştirilmesi için normalleştirme tavlaması, tane irileştirme tavlaması, yeniden kristalleştirme tavlaması; iç gerilmelerin azaltılması için gerilim giderme tavlaması uygulanmaktadır. Belirli bir içyapının kazanılması ise normalleştirme tavlaması, yumuşatma tavlaması ve sertleştirme işlemleri yapılmaktadır [13].

4.1. ÇELİKLERİN ISIL İŞLEMİ

Günümüzde ilerleyen teknoloji beraberinde çeliklerin sık kullanımı ve netice olarak metalografik ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinde, çeliğe tabi tutulan ısıl işlemler artarak değer arz etmektedir. Demir-sementit denge diyagramı Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Fe-C diyagramının çelik bölgesi ve uygulanan ısıl işlemlerin sıcaklık bölgeleri [17].

Demir-sementit denge diyagramının %2 karbon bileşimine dek olan bölümü çelik kısmıdır. Çeliğin östenitik bir yapıya sahip olabilmesi için gerekli şekilde tavllanması gerekir. Östenitik dönüşümü elde etmek için asıl sıcaklık, çeliğin içeriğindeki

karbürün tamamen tükenmesini oluşturacak kadar yüksek olan sıcaklıktır. Böylece çeliğin içeriğindeki alaşım elementlerinin sertleşmeye olan faydalı katkılarının hepsinden yararlanılabilir. Bazı durumlarda; takım çelikleri ve yüksek karbonlu çeliklerde olduğu gibi aşınmaya karşı dayanımı oluşturmak şartıyla, erimemiş halde bir miktar karbürün olması gerekebilir. Böyle durumda östenit sıcaklığı kesinlikle çeliğin tane iriliğini yükseltecek bir değerde tutulmamalıdır. Tavlanacak numunenin her yerinin eşit homojen olarak tavlmasını sağlayacak bir zamanda, fırında bekletilmesi sağlanmalıdır. Tahmini olarak her 25 mm kalınlık için bir saat uygulanmalıdır. Tavlama zamanının az tutulması yani hızlı tavlama işlemi, yüksek gerilmeler meydana getirdiğinden, çarpımalara ve çatlamalara neden olur. Tavlama hızı; tavlacak malzemenin büyüklüğüne, tavlacağı ocağın ısı iletme davranışlarına, tav ortamıyla tavlanan numune arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır.

4.1.1. Çeliklere Uygulanan Su Verme İşlemi

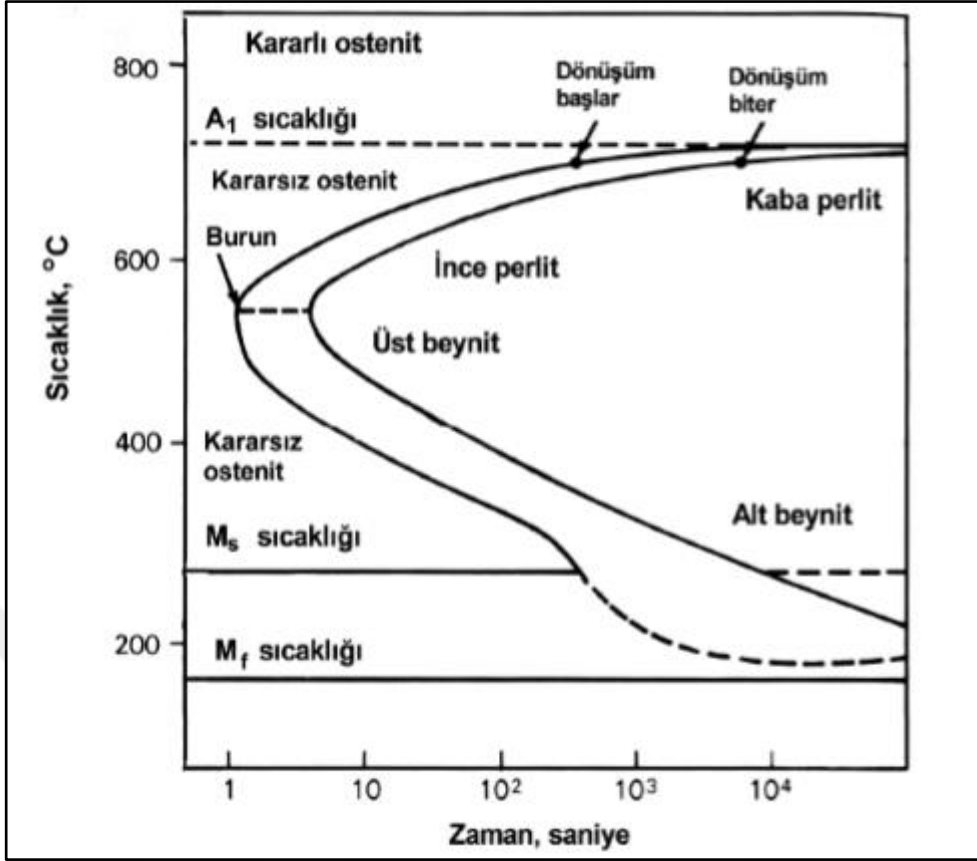
Ötektoid altı çelikleri $A_{C3}+50$ °C ve ötektoid üstü çelikleri A_1+50 °C sıcaklıkları üzerinde ısıtıp hızlı soğutarak mevcut östenitin martenzit denilen çok sert ve iğnemsiz görümlü bir mikroyapıya dönüştürülmesine “sertleştirme” adı verilmektedir. Su verilmiş ötektoid altı çeliklerde, çok az (%1) kalıntı östenitin dışında tamamen martenzitik yapı olduğu halde ötektoid üstü çeliklerde martenzit ve sementit fazları bulunmaktadır. Martenzit, karbon çözündürmüş östenitin (YMK) düşük sıcaklıkta kafes dönüşümüne uğraması sonucu oluşmaktadır. Östenit YMK bir yapıdadır ve östenitten oluşan ferrit ise HMK bir yapıya sahiptir. Östenit sahasındaki malzeme ani olarak soğutulursa östenit içinde eriyik halde bulunan karbon, ferrit kristali içerisine sıkışmaya mecbur bırakıldığında HMK ferrit kristali distorsiyona uğrayarak şeklini değiştirip tetragonal yapıda, içerisinde daha fazla karbon eritebilen bir yapı meydana gelecektir. Bu dönüşüme “Martenzitik dönüşüm”, meydana gelen yapıya da “Martenzit” adı verilmektedir. Bu kristal kafesi, kayma düzlemleri bulundurmadığı için şekil değişimine karşı çok yüksek mukavemet göstermektedir. Şekil 4.2’de bir martenzit yapının mikroyapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Martenzit yapı mikroyapı görüntüsü [18].

Martenzitik yapı, hızlı soğuma nedeniyle iç gerilimi yüksek ve gevrek bir yapı oluşturur. Martenzitik dönüşümün tamamen olabilmesi için çelikteki karbon miktarı, kafesi distorsiyona uğratabilecek miktarda olmalıdır. Ayrıca östenitin bileşiminin değişmemesi için çok hızlı soğuma gereklidir. Endüstride soğuma ortamları en kuvvetli ortam; tuzlu buzlu su, buzlu su, hareketli su, sakın su, hareketli yağ, yağ ve havadır. Isıl işlem şartlarına bağlı olarak yapıda martenzitin yanı sıra kalıntı östenit de bulunabilir. Bu kalıntı östenit, kararlı olmayıp herhangi bir ısı karşısında (temperleme) daha kararlı ürünlere dönüşebilmektedir. Özellikle takım çeliklerinde yapı içinde bulunan karbürler, östenit içinde çözündürülemez martenzitik yapı içinde yer alabilirler [18].

Çelik malzemeler suda, yağda veya havada sertleştirilsin, sertleşmeye olanak veren mekanizma, östenitleme sıcaklığında tutulmasıyla meydana gelen östenitin soğuma sonrası hacim merkezli tetragonal (HMT) kristal kafes yapısına sahip olan martenzite dönüşümüdür. Martenzit, Fe-C denge diyagramında bulunmayan bir fazdır. Çeliğin hızlı bir şekilde soğuması neticesinde oluşan martenzitik dönüşüm TTT (Zaman-Sıcaklık-Dönüşüm) diyagramı ile ifade edilebilir (Şekil 4.3) [13].



Şekil 4.3. Zaman-Sıcaklık-Dönüşüm (TTT) diyagramı [13].

Martenzit; östenit ve karbonun yarı kararlı versiyonudur. Kristal kafes yapısı, yüzey merkezli kübik yapıdan çarpık tetragonal yapıya dönüşmüştür. Aşırı kırılğan ve sert bir yapısı vardır [13].

4.1.2. Menevişleme (Temperleme)

Bu işlem sonucunda sertleştirilmiş malzemelerin gerginliği ve gevrekliği azaltılabilmektedir. Sertleştirme esnasında meydana gelen martenzit yapı bir hayli pratik için oldukça sert ve gevrek olup darbe direnci ve dövülebilme özelliği düşük seviyededir. Bununla birlikte hızlı soğuma neticesinde numunede yüksek gerilmeler oluşur. Hem numunenin gevrekliğini yok ederek daha tok bir yapı elde etmek hem de iç gerilmelerini azaltabilmek amacı ile temperleme ısıl işlemi tatbik edilir. Temperleme, su verilip sertleştirilmiş çeliklerin ötektoid sıcaklığın altındaki sıcaklıklarda belirli bir zamanda ısıtılması işlemi ile elde edilir.

Sertleştirilmiş çelikler menevişlendiğinde, çekme mukavemeti ve akma değeri düşük meneviş sıcaklıklarında çok az artış gösterebilir, fakat yükselen meneviş sıcaklık değerlerinde sertlikte olduğu gibi sürekli düşüş eğilimindedir. Böyle olmakla birlikte, malzemenin şekil değişim karakteristikleri olan, kesit daralması, kopma uzaması ve çentik darbe dayanımı, meneviş sıcaklığı arttıkça artar. Meneviş gevrekliği gösteren çeliklerde, kırılmanın olduğu meneviş sıcaklıklarında tavlama işlemine tabi tutulup ya da bu sıcaklık bölgesinden yavaş soğuma ile geçilirse, şekil değişim karakteristiklerinde büyük düşüslere rastlanabilir [3].



BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. DENEYİN AMACI

Bu çalışmada, Karabük'te yerleşik SAKA Demir Çelik Sanayi A.Ş. sıcak haddehane fabrikası, hadde finiş yolluk makara imalatında kullanılan 1.2379 ve 1.2436 soğuk iş takım çelikleri ve alternatif olarak Sağlam Metal A.Ş. den temin edilen düşük karbonlu yüksek W, V ve Mo içerikli, Dörrenberg Edlstah'ın iyileştirdiği yeni nesil soğuk iş takım çeliği olarak Kabul edilen CPR isimli çeliğin abrasif aşınma davranışları laboratuvar şartlarında deneysel ve SAKA Demir Çelik Sanayi A.Ş. sıcak haddehane fabrikasında gerçek üretim şartlarında uygulamalı olarak incelenmiştir.

5.2. MALZEME: SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİKLERİ

Bu tez çalışmasında kullanılan DIN 1.2379 sıra numaralı X153CrMoV12 soğuk iş takım çeliği, DIN 1.2436 sıra numaralı X210CrW12 soğuk iş takım çeliği ve CPR soğuk iş takım çelikleri hakkındaki bilgiler konunun devamında detaylı olarak verilmiştir.

5.2.1. DIN 1.2379 X153CrMoV12 Soğuk İş Takım Çeliği

Isıl işlem çelikleri olarak baktığımız zaman D2 çelikleri katı sıcaklık noktasına kadar östenit ve karbür içerdiklerinden, bütün ısıl işlemlere rağmen karbürlerin tamamının çözünmesi kesinlikle gerçekleşmez. Tavlanmış çelik %17 oranında bu karbürleri bulundurur ve sertlik değeri 235-255 Brinell aralığındadır. Bu sertlik ve karbür içeriği olan çeliği işlemede büyük zorluklar vardır. bu tip çeliklerde %0,15 kükürt

katkısı ile işlenebilirlik iyileştirilebilmektedir. Kükürtün varlığı ısıtma işlemleri için risk teşkil edebilir. Dolayısıyla kontrollü ısıtma işlemi ile ıslah edilmesi önemlidir [19].



Sertleşmiş bu tarzda bulunan bir çelik %12-15 östenit fazı içerebilir ve çoğu zaman bu miktar östenit için zararlı abul edilmeyebilir. Bununla birlikte, çok düşük miktarda boyutsal değişiklikler kalıbın ömründe önemli ise öyle bir halde kalıntı östeniti martensite dönüştürmek için ilave temperleme işlemi yapılmalıdır. Ayrıca -80°C sıcaklığa kadar yapılabilen birçok soğutmalar ve devamında tavlama ile sağlanabilmektedir. Bu çeliklerin ısı işleminde tavlama sıcaklığının idealize edilmesi yüksek sıcaklıklara tavlama mekanik özellikler açısından ve kalıntı östenit miktarının artmaması bakımından önem arz eder. D2 çeşidindeki karbon çelikleri çok düşük boyut değişiklikleri ile sertleştirilebilirler.

Yüksek karbonlu çelik grubundan olan DIN 1.2379 (AISI D2) soğuk iş takım çelikleri, daha çok karbon barındıran AISI D3, D4 ve D7 takım çeliklerine nazaran daha az aşınma kabiliyetine ve yüksek tokluk değerlerine sahiptir. Yalnız bahsedilen çeliklerle kıyaslandığında karbon oranının düşük olması sebebi ile işlenebilirlikleri ve şekillendirilmesi daha kolaydır. İşlenebilirliğinin iyi olması ve klasik imalat yöntemleri ile işlenebilmelerinden dolayı endüstriyel ve ekonomik kullanım alanını genişletmektedir. DIN 1.2379- AISI D2 takım çeliğine krom ilavesi yapıldığında bu tarz çeliklerin aşınma, korozyon ve sertlik vb birçok özellikleri iyileşmektedir. DIN 1.2379- AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin; ölçme takımları, kesme ve delme takımları, ağaç bıçakları, plastik enjeksiyon kalıpları, diş tarakları, kesme bıçakları, derin çekme ve ekstrüzyon takımları ve soğuk çekme makaraları gibi çeşitli kullanım yerleri vardır. Bununla birlikte DIN 1.2379- AISI D2 çeliği kullanımlarında yüksek dayanım, çok yüksek çatlama direnci, yüksek aşınma direnci gibi kabiliyetlerinin yanında her ne kadar daha yüksek karbonlu çeliklere nazaran üstün olsa da tokluk ve işlenebilirlik özellikleri genel olarak düşüğe kabul edilebilmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi kükürt ilavesi ile işlenebilirlik özelliklerinin geliştirebilse de esasen diğer mekanik özellikler için dezavantajlarda içerebilmektedir. Takım ömrü, verimlilik artışı nedeniyle en önemli maliyet sebeplerinden biridir. Bütün bunlara rağmen her ne kadar geleneksel olmayan imalat yöntemlerine göre ekonomik olsa da sert malzemelerin işlenmesinde alışlagelmiş işleme metodlarının kullanımı ekonomik olarak klasik fabrika çeliklerine göre verimli olmadığı için yüksek miktarda takım aşınması ve işleme süresine sebep olmaktadır. İşlenmemiş yapıda AISI D2 çeliğinin sertliği yaklaşık 230 HV'dir [20].

DIN 1.2379 - AISI D2 çelikleri; kalınlığı 6 mm'e kadar her çeşit soğuk sac kesme kalıpları, kıvrırma, zımbalama, bükme, ezme, delme şekillendirme kalıpları, şişirme, boru ve profil haddelme makaraları, kağıt, karton, plastik ve sac kesme makinelerinin kesici bıçakları, soğuk haddelme haddeleri, ağaç işleme takımları, civata, vida, perçin, somun gibi bağlantı elemanlarının soğuk şekil verme ve dış çekme kalıpları, derin çekme kalıpları, çapak alma kalıpları, ilaç, seramik sanayinde kullanılan aşındırıcı tozların sıkıştırma kalıpları, plastik enjeksiyon kalıpları ve hamilleri, hassas kesme kalıpları, tel çekme haddeleri ve soğuk ekstrüzyon takımları, dilme bıçakları, kabartma takımları olarak kullanılmaktadır [21].

DIN 1.2379 X153CrMoV12 soğuk iş takım çeliği hakkında bazı teknik bilgiler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. DIN 1.2379 X153CrMoV12 soğuk iş takım çeliğinin özellikleri [22].

Kimyasal Analizi	C: 1,55	Cr: 12,00	Mo: 0,80	V: 0,90										
Çeliğin özellikleri	%12 krom barındıran ledeburitik bir çeliktir. Yüksek dayanım ve yüksek tokluk özelliğinden dolayı kesme ve ezme işlemi için çok uygundur. Nitrasyon veya tenifer uygulanarak kullanılabilir. İkincil sertleştirilebilme kabiliyetinden ötürü PVD/CVD kaplamada kullanılabilir. Bu çelik toz metal yöntemi ile üretilmiş olarak da piyasada bulunur. (1.2379 Plus)													
Kullanım Alanları	Soğuk şekil verme kalıplarında, sac kalınlığı 6 mm'ye kadar olan sacların hassas kesme kalıplarında, civata ovalama makaraları ve tekrarlarında yüksek aşındırıcı özelliğe sahip plastiklerin kalıplarında, yonga bıçaklarında, ağaç işleme takımlarında, çapak alma kalıplarında kullanılır.													
Fiziksel Özellikleri:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>$\left[\frac{10^{-6} \text{ m}}{\text{m K}} \right]$</th> <th>20-100°C</th> <th>20-200°C</th> <th>20-300°C</th> <th>20-400°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Isıl genleşme katsayısı</td> <td>10,5</td> <td>11,5</td> <td>11,9</td> <td>13,0</td> </tr> </tbody> </table>				$\left[\frac{10^{-6} \text{ m}}{\text{m K}} \right]$	20-100°C	20-200°C	20-300°C	20-400°C	Isıl genleşme katsayısı	10,5	11,5	11,9	13,0
$\left[\frac{10^{-6} \text{ m}}{\text{m K}} \right]$	20-100°C	20-200°C	20-300°C	20-400°C										
Isıl genleşme katsayısı	10,5	11,5	11,9	13,0										
İletkenlik	<table border="1"> <thead> <tr> <th>$\left[\frac{\text{W}}{\text{m K}} \right]$</th> <th>20°C</th> <th>350°C</th> <th>700°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>16,7</td> <td>20,5</td> <td>24,2</td> </tr> </tbody> </table>				$\left[\frac{\text{W}}{\text{m K}} \right]$	20°C	350°C	700°C		16,7	20,5	24,2		
$\left[\frac{\text{W}}{\text{m K}} \right]$	20°C	350°C	700°C											
	16,7	20,5	24,2											
Isıl İşlem:	Sıcaklık:	Süre:	Soğutma:											
Yumuşak tavlama	820-850 °C	2-5 saat	Fırında											
Gerilim giderme tavlama	600-650 °C	2 saat	Fırında											

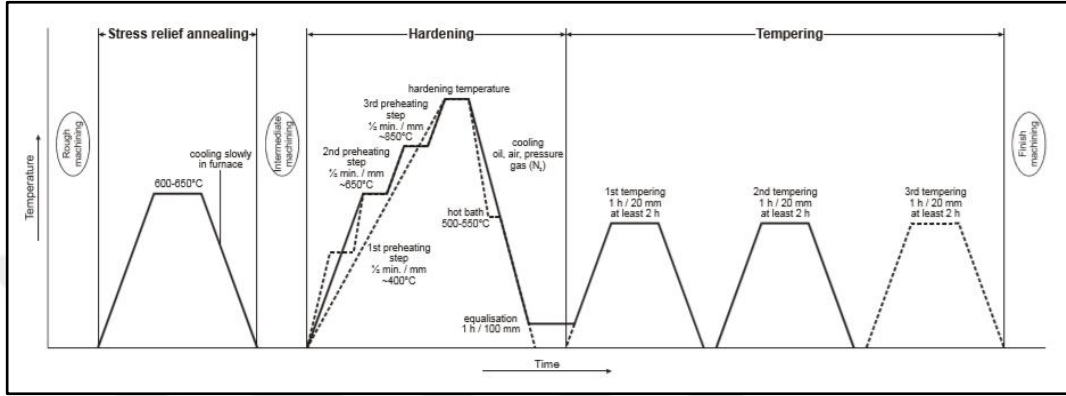
Sertleştirme

1010-1050 °C

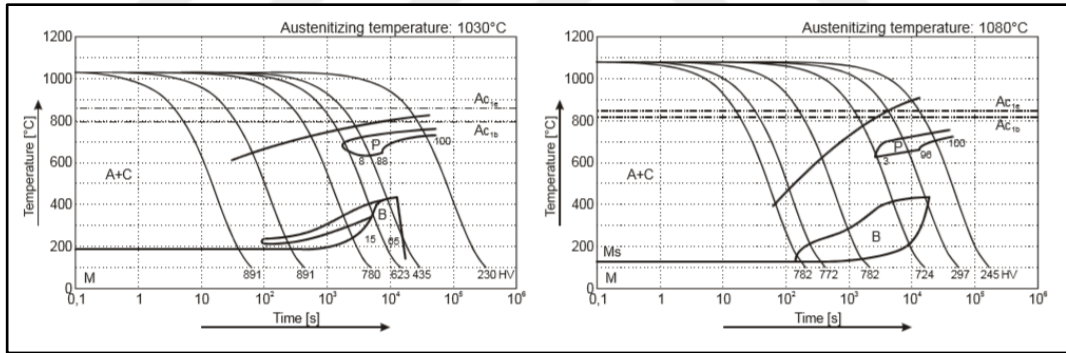
Grup-1

Yağ, hava, sıcak
banyo 500 °C

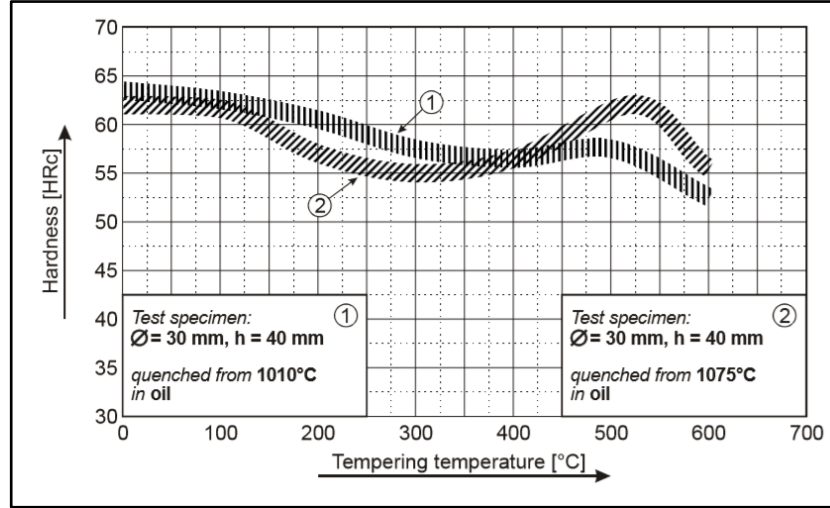
DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin ısıtım işlem basamakları, sürekli soğuma dönüşüm diyagramı ve temperleme diyagramları sırasıyla Şekil 5.1-5.3'te gösterilmiştir.



Şekil 5.1. DIN 1.2379 çeliğinin ısıtım işlem basamakları [22].



Şekil 5.2. DIN 1.2379 çeliğinin sürekli soğuma dönüşüm diyagramı [22].



Şekil 5.3. DIN 1.2379 çeliğinin temperleme diyagramı [22].

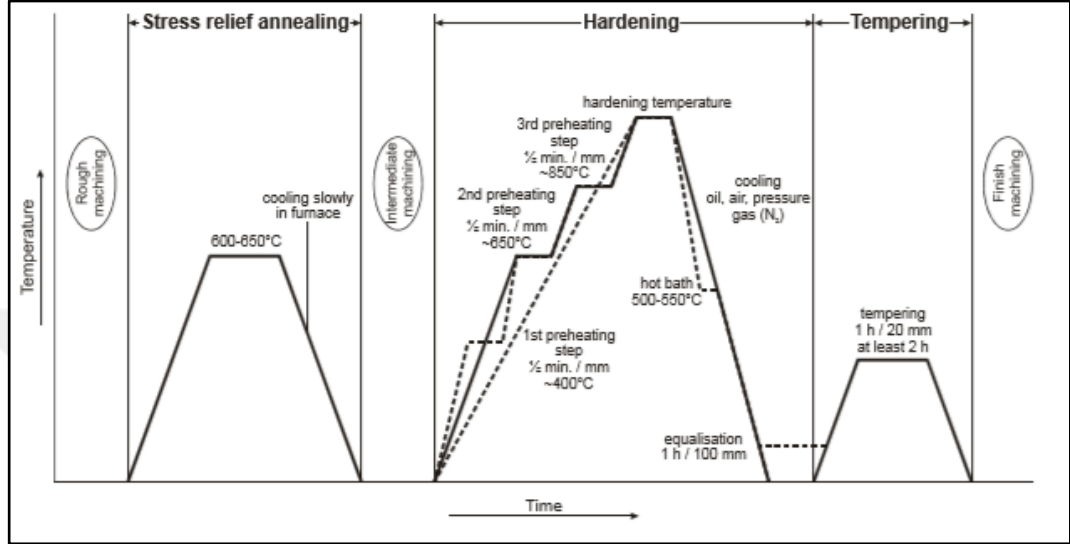
5.2.2. DIN 1.2436 X210CrW12 Soğuk İş Takım Çeliği

DIN 1.2436 X210CrW12 soğuk iş takım çelikleri hakkında bazı teknik bilgiler Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

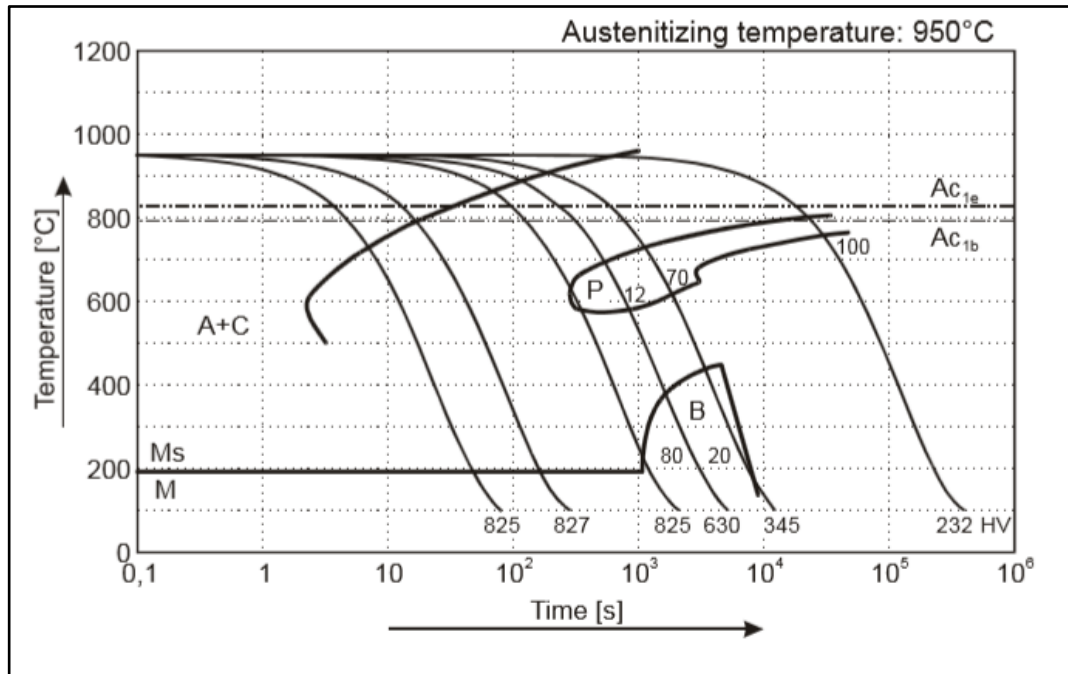
Çizelge 5.2. DIN 1.2436 X210CrW12 soğuk iş takım çeliğinin özellikleri [22].

Kimyasal Analizi	C: 2,10 Cr: 12,00 W: 0,80				
Çeliğin özellikleri	%12 krom barındıran ledeburitik yapılı soğuk iş takım çeliğidir. Yüksek miktarda karbür barındırma sebebi ile çok yüksek aşınma dayanımına sahiptir. 1.2080 çeliğine kıyasla çekirdeğine doğru sertleşme yeteneği daha iyidir. Tokluğu da daha yüksektir. İkincil sertleşme özelliği yoktur.				
Kullanım Alanları	Kağıt ve plastik bıçakları, 2 mm’ye kadar silisli sacların kesme kalıpları, derin çekme kalıpları, zimbalar, sıvama kalıpları, civata ovalama topları, profil röleleri vb.				
Fiziksel Özellikleri:	$\left[\frac{10^{-6} \cdot m}{m \cdot K} \right]$	20-100°C	20-300°C	20-500°C	20-700°C
Isıl genişleme katsayısı		10,9	12,3	13,0	13,2
İletkenlik	$\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$	20°C	350°C	700°C	
		16,7	20,5	24,2	
Isıl İşlem:	Sıcaklık:	Süre:	Soğutma:		
Yumuşak tavlama	800-840 °C	2-5 saat	Fırında		
Gerilim giderme tavlama	650 °C	2 saat	Fırında		

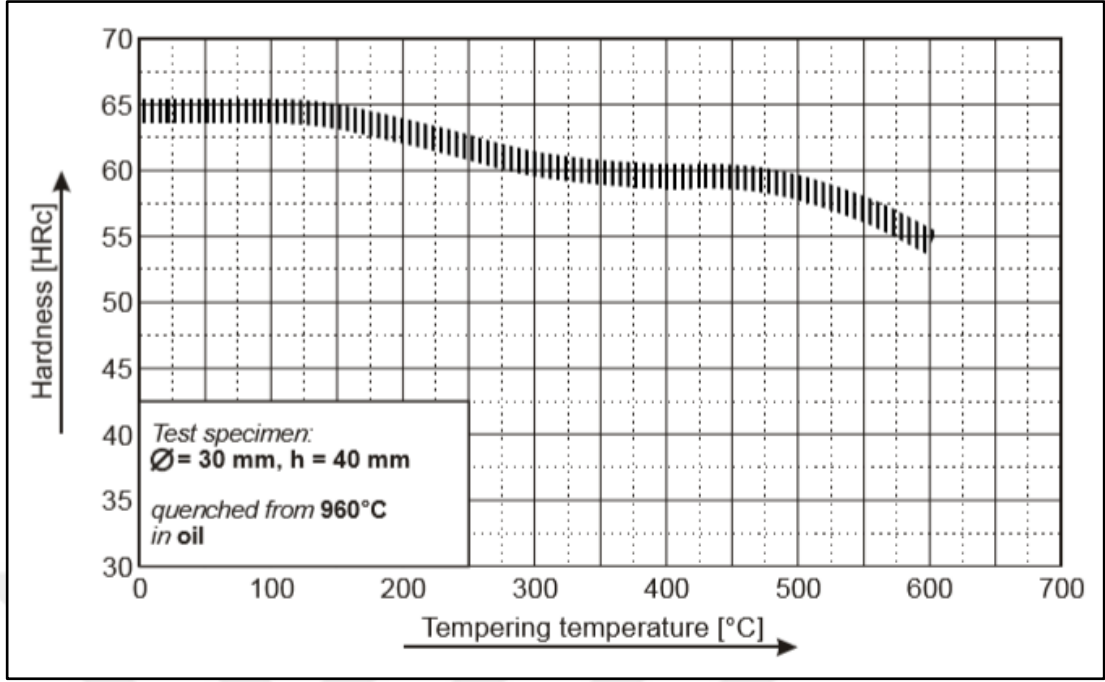
DIN 1.2436 soğuk iş takım çeliğinin ısı işleme basamakları, sürekli soğuma dönüşüm diyagramı ve temperleme diyagramları sırasıyla Şekil 5.4-5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.4. DIN 1.2436 çeliğinin ısı işleme basamakları [22].



Şekil 5.5. DIN 1.2436 çeliğinin sürekli soğuma dönüşüm diyagramı [22].



Şekil 5.6. DIN 1.2436 çeliğinin temperleme diyagramları [22].

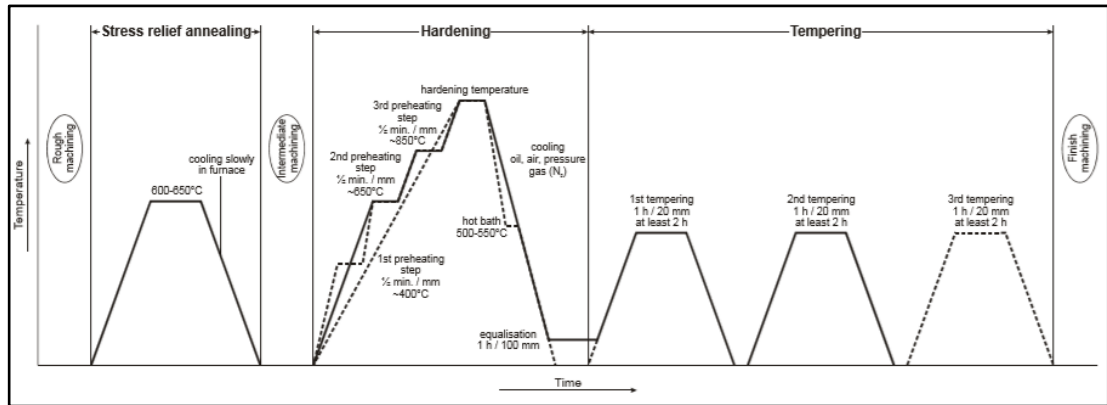
5.2.3. CPR Soğuk İş Takım Çeliği

CPR soğuk iş takım çelikleri hakkında bazı teknik bilgiler Çizelge 5.3'te gösterilmiştir.

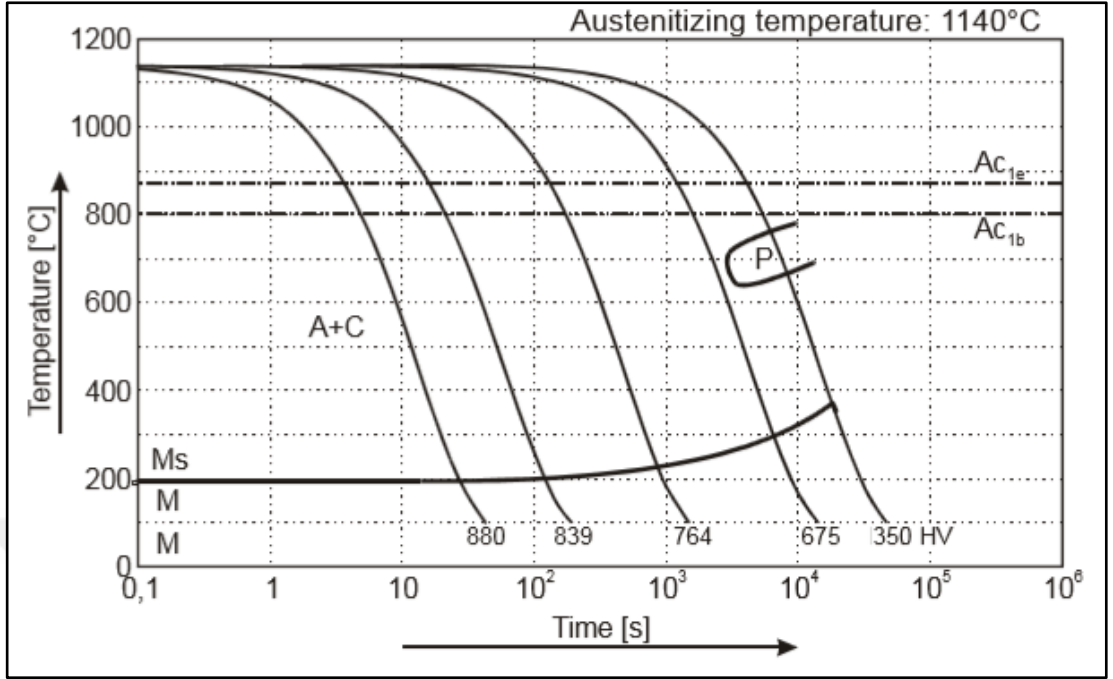
Çizelge 5.3. CPR soğuk iş takım çeliğinin özellikleri [22].

Kimyasal Analizi	C: 1,20 Cr: 12,00 Mo: 1,40 V: 1,70 W: 2,50				
Çeliğin özellikleri	Yüksek oranda W, Mo ve V barındıran, yüksek sertliğe sahip ledeburitik çeliktir. Yüksek aşınma mukavemeti vardır. İkincil sertleşebilirliği olması CVD/PVD kaplanmasına olanak sağlar. Boyutsal kararlılığı da çok iyidir.				
Kullanım Alanları	Zimbalar, 10 mm ve altındaki kalınlıklarda soğuk sac kesen kalıpların alt ve üst parçaları, iticiler, kalibrasyon röleleri, çekme silindirleri, profil röleleri, kalıp bilezikleri, raybalar, konik raybalar, aşındırıcı tozlar, presleme takımları vb. Diş açma taraclarında 1.2379'dan daha uzun süreli çalışır.				
Fiziksel Özellikleri: Isıl genleşme katsayısı	$\left[\frac{10^{-6} \cdot \text{m}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$	20-100°C 10,6	20-200°C 11,2	20-300°C 11,6	20-400°C 12,0
İletkenlik	$\left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$	20°C 22,8	350°C 23,8	700°C 24,9	
Isıl İşlem: Yumuşak tavlama	Sıcaklık: 820-850 °C	Süre: 2-5 saat	Soğutma: Fırında		
Gerilim giderme tavlama	600-650 °C	2 saat	Fırında		
Sertleştirme	1130-1150 °C	Grup-1	Yağ, hava, sıcak banyo 500 °C		

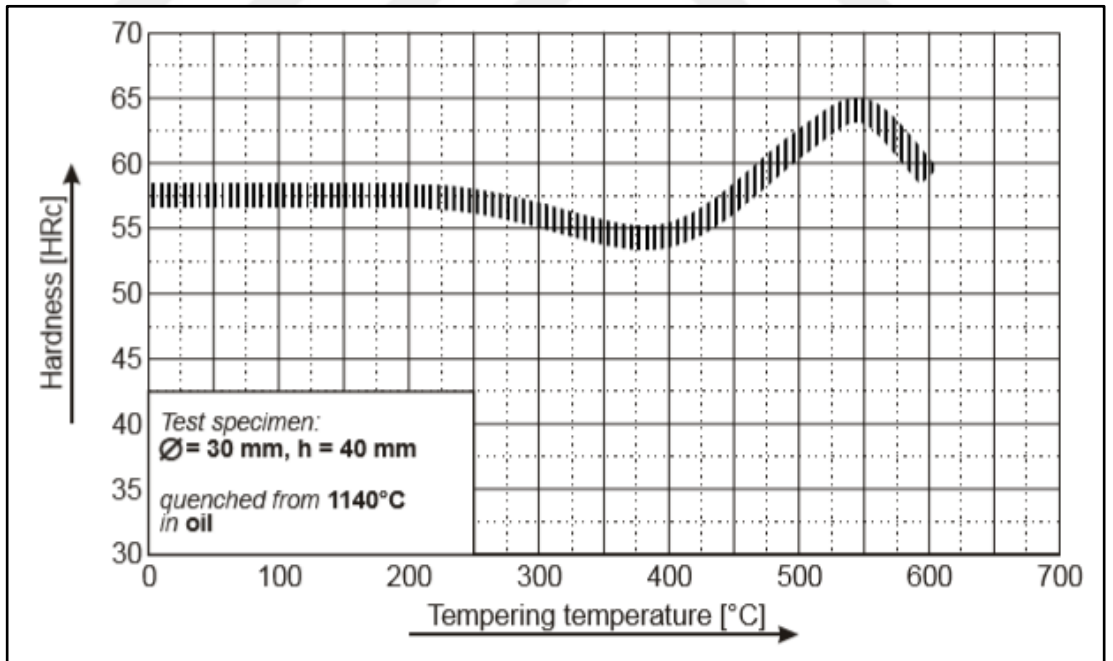
CPR soğuk iş takım çeliğinin ısıl işlem basamakları, sürekli soğuma dönüşüm diyagramı ve temperleme diyagramları sırasıyla Şekil 5.7-5.9'da gösterilmiştir.



Şekil 5.7. CPR çeliğinin ısıl işlem basamakları [22].



Şekil 5.8. CPR çeliğinin sürekli soğuma dönüşüm diyagramı [22].



Şekil 5.9. CPR çeliğinin temperleme diyagramları [22].

5.3. NUMUNE HAZIRLAMA

15x20x55 mm ebatlarında DIN 1.2379, DIN 1.2436 soğuk iş takım çelikleri ve alternatif olarak Sağlam Metal stoklarında bulunan Dörrenberg Edlstah'ın geliştirdiği CPR yeni nesil soğuk iş takım çeliği sertlik ve aşınma deneylerinde kullanılmak üzere temin edilmiştir. Bu ebatlardan Şekil 5.10'da görülen 55x20x15 boyutlarına talaşlı imalat ile işlenmiştir.



Şekil 5.10. Deneylerde kullanılan 3 tip soğuk iş takım çeliği numuneleri

Metalurjik inceleme için 15x20x55 mm ebatlarındaki soğuk iş takım çeliklerinden numuneler kesilerek çıkarılmıştır. Kesilen numuneler standart metalografik inceleme için soğuk gömme yapılarak bakalit kalıba alınmıştır. Şekil 5.11'de bakalite alınan soğuk iş takım çelikleri gösterilmiştir.



Şekil 5.11. Bakalite alınan soğuk iş takım çelikleri.

5.4. ISIL İŞLEM PROSESLERİ

Isıl işlem, hassasiyet ve sağlam uygulama bilgisi gerektirdiği için ticari profesyonel ısıl işlem firmasına yaptırılmıştır. Bu ısıl işlemler: Ticari olarak ıslah olarak tanımlanan suverme temperleme-menevişleme işlemleridir. 1.2379, 1,2436 ve CPR soğuk iş takım çeliklerine uygulanan ısıl işlemler ve sıcaklıkları Çizelge 5.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Numunelere uygulanan ısıl işlemler.

MALZEME	ÖSTENİTLEME	1. MENEVİŞ	2. MENEVİŞ
1.2379	1040°C	520°C	550°C
1.2436	960°C	500°C	500°C
CPR	1040°C	520°C	545°C

5.5. MİKROYAPI İNCELEMESİ

Bakalite alınan numuneler 240, 320, 400, 600, 800, 1000 ve 1200 mesh zımpara kalınlıkları kullanılarak zımparalanmıştır. Zımparalama işlemi tamamlanan numunelere numune yüzeyinde zımparalama sonrası oluşan pürüzlülükleri gidermek için 1 µm elmas pasta ve keçe kullanılarak parlatma işlemi uygulanmıştır. Yüzeydeki kalıntıları gidermek için numuneler alkol yardımıyla temizlenerek kurutulmuştur. Zımparalama ve parlatma işlemlerinde kullanılan cihaz Şekil 5.12’de gösterilmiştir.



Şekil 5.12. İmpro propol parlatma cihazı.

Mikroskop altında mikroyapıyı görüntüleyebilmek amacıyla elde edilen numune yüzeyi 3-4 saniye dağlama çözeltisi (%3 Nital) içerisinde bekletilerek dağlanmıştır. Dağlama işlemi sonrasında numunenin asidik yüzeyi su ve methanolle (CH₃OH) temizlenmiştir. Optik mikroskop kullanılarak zımparalama, parlatma, dağlama işlemlerinin ardından numunelerin yüzeylerinden 50x, 100x, 200x, 500x ve 1000x boyutlarında mikroyapı resimleri çekilmiştir.

5.6. SERTLİK ÖLÇÜMÜ

150 kg yükler altında 10 saniye bekletilerek numunelerin Rockwell sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Her numune üzerinden beş ölçüm alınmış ve sağlıklı olarak alınan beş değerın aritmetik ortalamaları numunenin Rockwell C değerı olarak belirlenmiştir. Sertlik ölçümü yapılan cihaz Şekil 5.13'te gösterilmiştir.



Şekil 5.13. Rockwell sertlik cihazı.

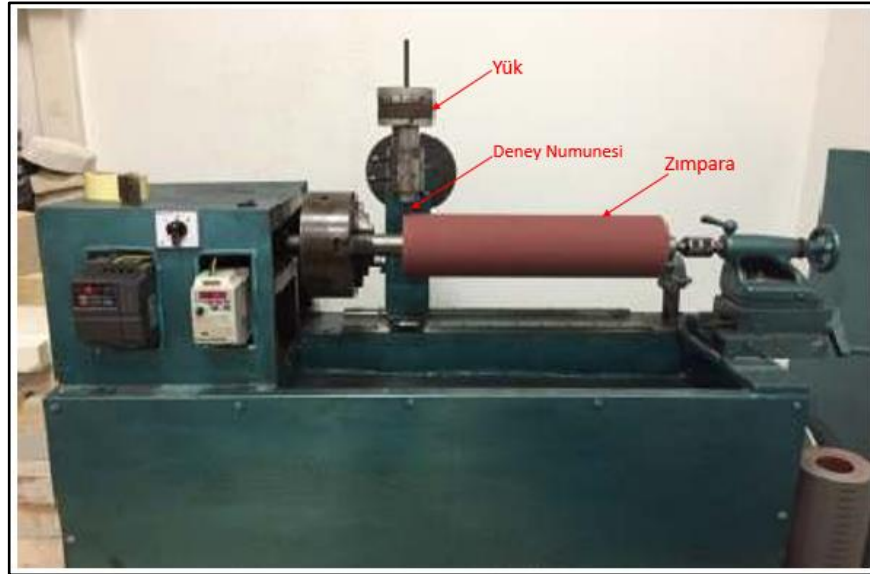
5.7. AŞINMA DENEYİ

Numunelerin aşınma davranışlarını belirlemek için tambur üzerinde kütle, numune - Block on Ring aşınma cihazında, 140 mm çapında ve 500 mm boyunda tamburun üstü 60 ve 220 mesh ölçü kalınlıklarında zımparalar ile kaplanarak 30, 50 ve 80 N aralığında yükler altında deneyler gerçekleştirilmiştir. Abrasif aşınma deneyi süresince numunenin daima temiz zımpara üzerinde sürtünmesi için zımpara kaplı

tambur dönerken numune tutucu kol yatay hareket ettirilerek spiral şeklinde iz oluşturulmuştur.

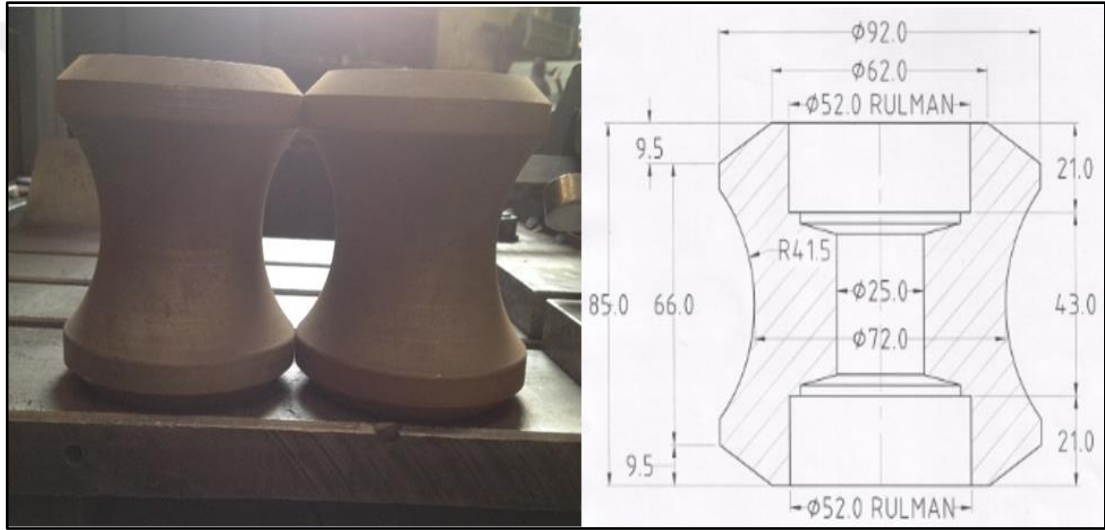
Block on Ring aşınma cihazında gerçekleştirilen abrasif aşınma deneyi için kullanılan zımpara kağıtları birim alandaki aşındırıcı partikül sayısına göre numaralandırılmaktadır. Zımpara üzerindeki partikül çapı arttıkça zımpara numarası azalmaktadır. 60 mesh zımparanın ortalama partikül çapı 270 μm , 220 mesh zımparanın ortalama partikül çapı ise 60 μm 'dir Dolayısıyla aşınma deneyinde kullanılan 60 mesh zımparanın partikül boyutu 220 mesh zımparanın partikül boyutuna göre daha büyüktür. 60 mesh kaba, 220 mesh zımpara ise daha ince zımpara olarak kullanılmıştır.

Zımpara kaplı tambura 30, 50 ve 80 N yükler altında 300 dev/dk dönme hızı verilmiştir. Numune tutucu kolun yatay harekette ilerleme hızı tüm yükler için 18 mm/sn olarak belirlenmiştir. Bu değerler sonucunda hem numunenin daima temiz zımpara üzerinde sürtünmesi sağlanmış hem de maksimum kayma mesafesi elde edilmiştir. Toplam kayma mesafesi 10 m ve 20 m aralıklarla belirlenmiş ve 0,1 mg hassasiyetindeki terazide ağırlık kaybı ölçülmüştür. Block on Ring aşınma cihazı Şekil 5.14'de gösterilmiştir.



Şekil 5.14. Block on ring aşınma cihazı.

Ayrıca sıcak haddede değişik çaplarda çekilen mamllerin yolunu belirlemek, finiş merdanesine giren ürüne kılavuzluk yapmak ve merdane ile kasa arasındaki ürünün sağa sola kaçmasını engelleyerek finiş merdanesinden ürünün hatasız olarak çıkmasına yardımcı olmak amacıyla kullanılan sıcak hadde finiş yolluk makaraları Saka Demir elik sıcak hadde finish grubunda haddeleme işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen numunelerin ağırlıkları hassas terazide llerek aşınma miktarları hesaplanmıştır. Bu doğrultuda laboratuvar ortamında elde edilen sonuçlar ile gerçek işletme ortamında elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sağlam metalden temin edilen sıcak hadde finiş yolluk makarası ve teknik resmi Şekil 5.15’de gösterilmiştir.



Şekil 5.15. Sıcak hadde finiş yolluk makarası.

BÖLÜM 6

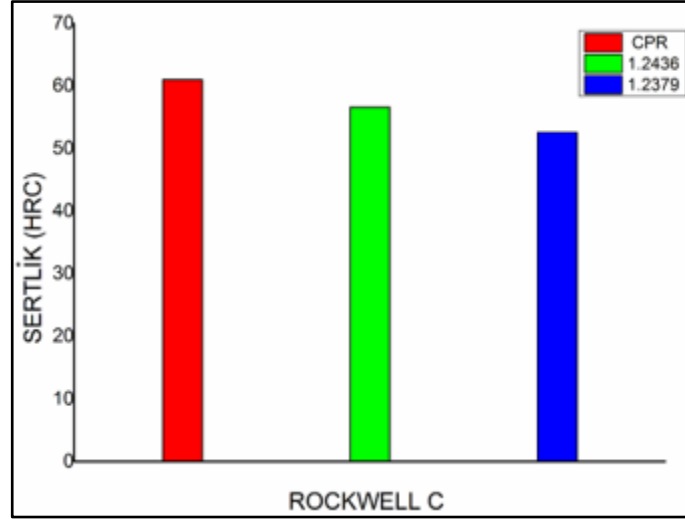
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

6.1. SERTLİK SONUÇLARI

CPR, DIN 1.2379 ve DIN 1.2436 soğuk iş takım çeliklerinin ısı işlemler sonrası ölçülen Rockwell- C sertlik değerleri Çizelge 6.1’de ve grafiksel olarak Şekil 6.1’de gösterilmiştir. Sertlik sonuçları incelendiğinde CPR soğuk iş takım çeliğinin 1.2379 ve 1.2436 soğuk iş takım çeliklerine göre daha yüksek sertliğe sahip olduğu görülmektedir. Deneysel çalışmalarda ve uygulamalarda esasen karşılaştırma sözkonusu olduğunda her farklı takım çeliği numune grubunun aynı sertlik değerine sahip olması beklenebilir. Bununla birlikte SAKA demir çelik fabrikasında daha önce yapılan çalışmalarda tecrübe edildiği üzere belirtilen değerlerden daha yüksek sertlik değerlerinde hadde finiş yolluklarında çok sıkıntılı zayıf tokluk ve ani kırılmalar yaşanmaktadır. Firmanın tecrübeleri doğrultusunda Sertlik değerleri en optimum ve olumlu tecrübe edilen sertlik değerlerinde tutulmuştur. Dolayısıyla rasyonel ve faydalı bir yol izlenmiştir. Bu şekilde kullanılabilir ve sürdürülebilir parametreler denenmiştir.

Çizelge 6.1. Sertlik değerleri.

Numne / Sertlik Türü	CPR	1.2436	1.2379
ROCKWELL C	61	56	52



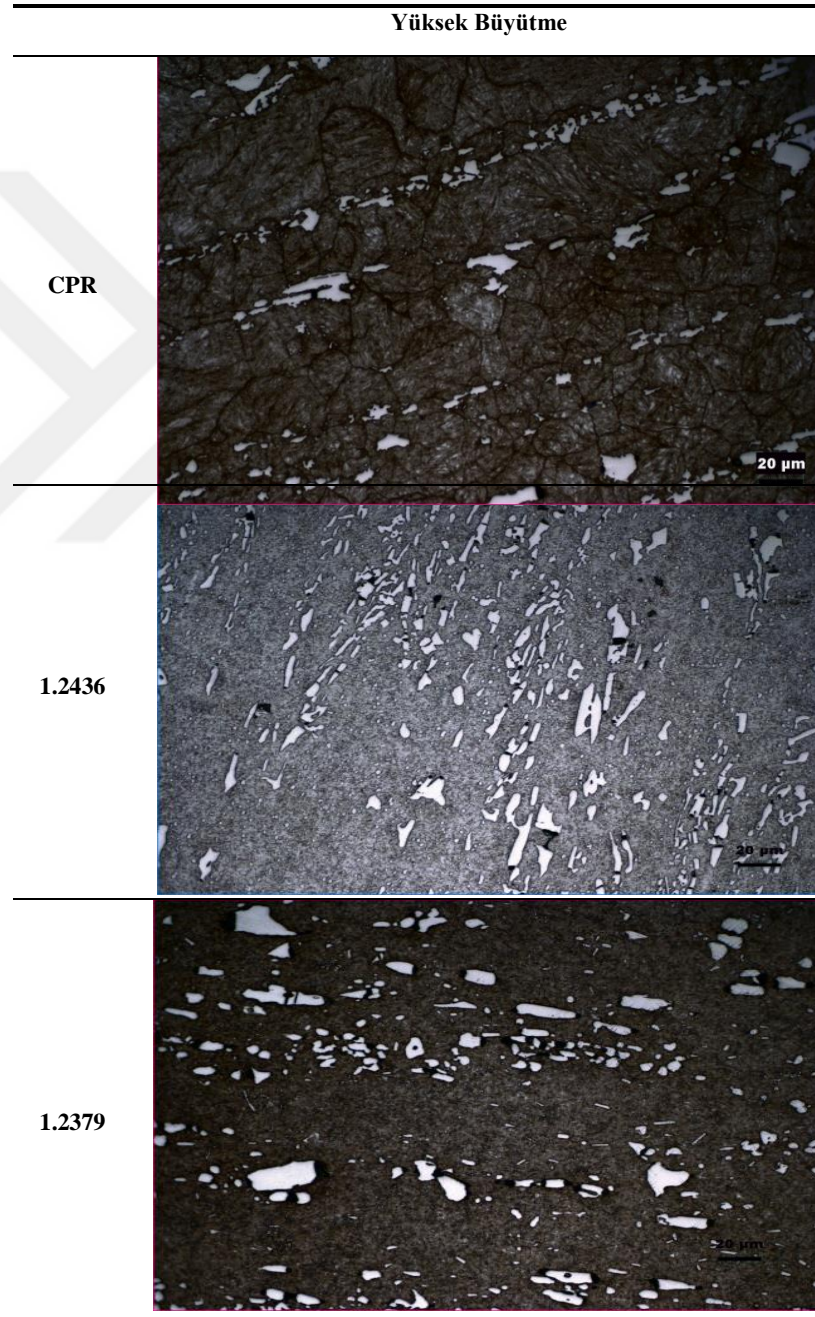
Şekil 6.1. Sertlik sonuçları.

Çizelge 6.1. de görüldüğü gibi CPR malzemesi çalışılabilecek sertlik değerlerinde hatalardan arındırılmış olarak elde edilebilmektedir. Esasen her üç çelikte kimyasal kompozisyon olarak yüksek sertlik elde edilebilecek sertleşebilirlik kabiliyetine sahiptir. Yukarıda ifade edildiği gibi reel sektör tecrübeleri ile rasyonel hareket edilmiştir. Takım çeliklerinde sertlik değerleri suverme ile yüksek seviyede elde edilebilmekte ve ardında tekrarlı temperleme işlemleri ile istenilen değerde ayarlanabilmektedir. Buradada şayet sertlik değerleri 1.2379 ve 1. 2436 takım çelikleri için yüksek sertlik ve düşük sürelerde temperleme ile bu sertliğin korunması mikroyapıda aşırı hızda su verme ve kısa temperleme ve az sayıda temperlemeden dolayı hem bu çelikleri yüksek karbon miktarı sebebi ile çarpılma ve mikro çatlak oluşumunu teşvik etmekte ve hemde kalıntı östenit miktarını hem soğutma hızı ve hemde yüksek karbondan dolayı kalıntı östenin miktarının yüksek olmasına sebep olabilmektedir. Dolayısıyla Fabrika şartlarında finiş makaralarında kullanımları için yüksek sertlikler tercih edilmemeli ve/veya yüksek sertlik değerleri sözkonusu ise krojenik işlemler ilave olarak yapılmaktadır. sırasındaki zorlamalarda kalıntı östenitin martensite dönüşümü ile hacimce büyümeye sebep olunacağı için bu çeliklerden yapılmış finiş makaralarının çatlamasına ve/veya parçalanmasına sebep olmaktadır [19-20].

6.2. MİKROYAPI SONUÇLARI

İncelenen DIN 1.2379, DIN 1.2436 ve CPR soğuk iş takım çeliklerinin Isıl işlem ile dayanımlandırılmış hallerinin optik mikroskop ile alınan mikroyapı görüntüleri Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Numunelerin mikroyapı resimleri.



DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliğinde martenzit yapının üstünlüğü ve beyaz yapılarında fazla olduğu dikkat çekmektedir. Kimyasal analiz verileri incelendiğinde krom oranının numunelerde fazla olması göz önüne alınarak bu beyaz bölgelerin karbür olduğu kabul edilebilir. DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliğinde bu beyaz görünümlü krom karbürlerin boyutlarının diğer takım çeliği numunelerine göre daha kaba yapılı olduğu görülmektedir. Bu çeliğin 0,9 oranında V içermesi akla VC ü getirmektedir. VC özellikle tane sınırlarında ince karbür dağılımı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden optik olarak tespit edilmesi biraz daha zordur. Suverme ve temperleme ısı ileminin bir sonucu olarak matris yapı temperlenmiş martensittir.

DIN 1.2436 soğuk iş takım çeliğinde ise martenzit yapının üstünlüğü ve beyaz yapıların da fazla olduğu ve bu beyaz yapıların DIN 1.2379 soğuk takım çeliğindeki beyaz yapılardan daha küçük boyutlu olduğu dikkat çekmektedir. Bu soğuk iş takım çeliğinde de bu beyaz görünümlü karbürlerin yüksek karbür seviyelerinden dolayı krom karbür oldukları kabul edilebilir. Bu krom karbürlerin boyutlarının diğer takım çeliği numunelerine göre daha ince yapılı olduğu görülmektedir. Bu çeliğin 0,80 oranında W içermesi akla WC'ü getirmektedir. WC özellikle tane sınırlarında ince karbür dağılımı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden optik olarak tespit edilmesi biraz daha zordur. Suverme ve temperleme ısı ileminin bir sonucu olarak matris yapı temperlenmiş martensittir.

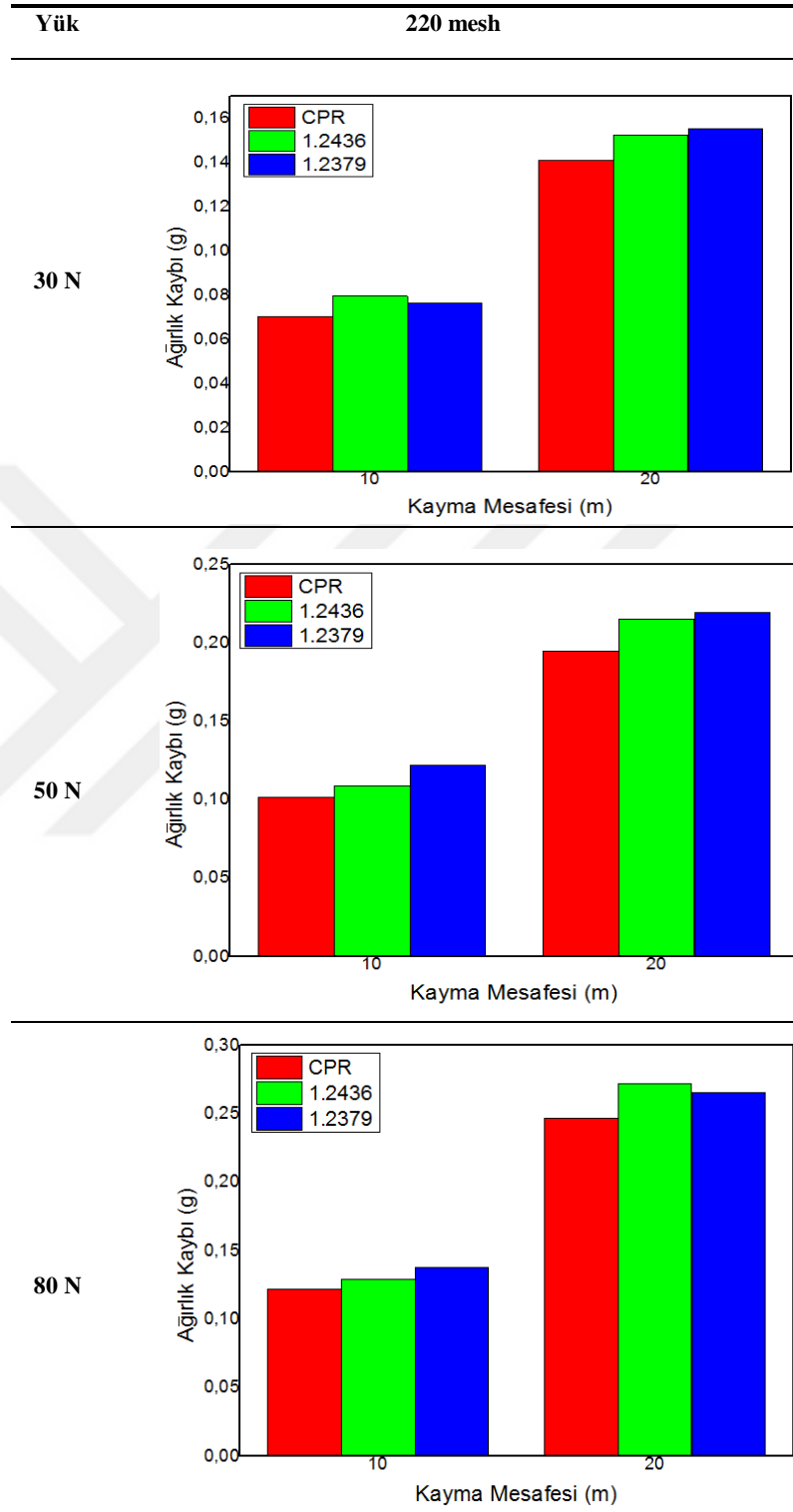
CPR soğuk takım çeliğinde martenzit yapının hâkim olduğu ve tane sınırlarının belirgin olduğu görülmektedir. Tane sınırlarının diğer iki takım çeliğine nazaran daha belirgin olması Sertlik değerini yüksek tutmak için temperleme süresinin kısa tutulması ile martensitin temperlemesinin tamamlanmamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca temperlemeye bağlı olarak sertlik değişimlerine bakıldığında yüksek sıcaklıklarda temperlemede CPR takım çeliği mikroyapısında Cr, W, V ve Mo içeriğine bağlı olarak temper gevrekliği ve sertlik te artış görülmektedir. Bununla birlikte ilerki bölümde izah edildiği gibi tokluk ile ilgilide bir sorun yaşanmamıştır. CPR soğuk iş takım çeliğinin mikroyapısında tane sınırlarının belirgin olması dikkat çekmektedir. Bunun sebebi özellikle önceki östenit tane sınırlarında oluşan WC, VC, MoC ler olarak yorumlanabilir. CPR soğuk iş takım çeliğinde de birincil olarak ifade edilen beyaz görünümlü karbürlerin (CrC, WC ve VC) fazla olduğu ve

bu karbür yapıların DIN 1.2379 soğuk takım çeliğindeki karbür yapılardan daha küçük boyutlu olduğu görülmektedir. Bunun sebebi karbon miktarının düşük olması ile karbüğr boyutunun daha küçük olarak gerçekleşmesidir.

6.3. ABRASİF AŞINMA SONUÇLARI

Üretilen ıslahlı CPR, DIN 1.2436 ve DIN 1.2379 soğuk iş takım çelikleri numuneleri laboratuvar şartlarında pin on ring- silindir üzerinde kütle aşınma deney sonuçları kayma mesafesine göre ağırlık kaybı değerleri olarak Çizelge 6.3-6.4'te verilmiştir. Bunlara ilave olarak CPR, DIN 1.2436 ve DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliklerinden üretilen sıcak hadde finiş makaralarının da gerçek şartlarda haddehanede ton ağırlık kaybı olarak uygulama sonuçları konunun devamında verilmiştir. Hem deneysel ve hem de gerçek hadde finiş makaralarının aşınma sonuçları eğilim olarak birbirlerine oldukça benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada adhesive aşınma ve/veya darbeli aşınma şartlarında deney yapılmamıştır. Bununla birlikte abrasive aşınma ile de önemli derecede bir isabet sağlanmıştır.

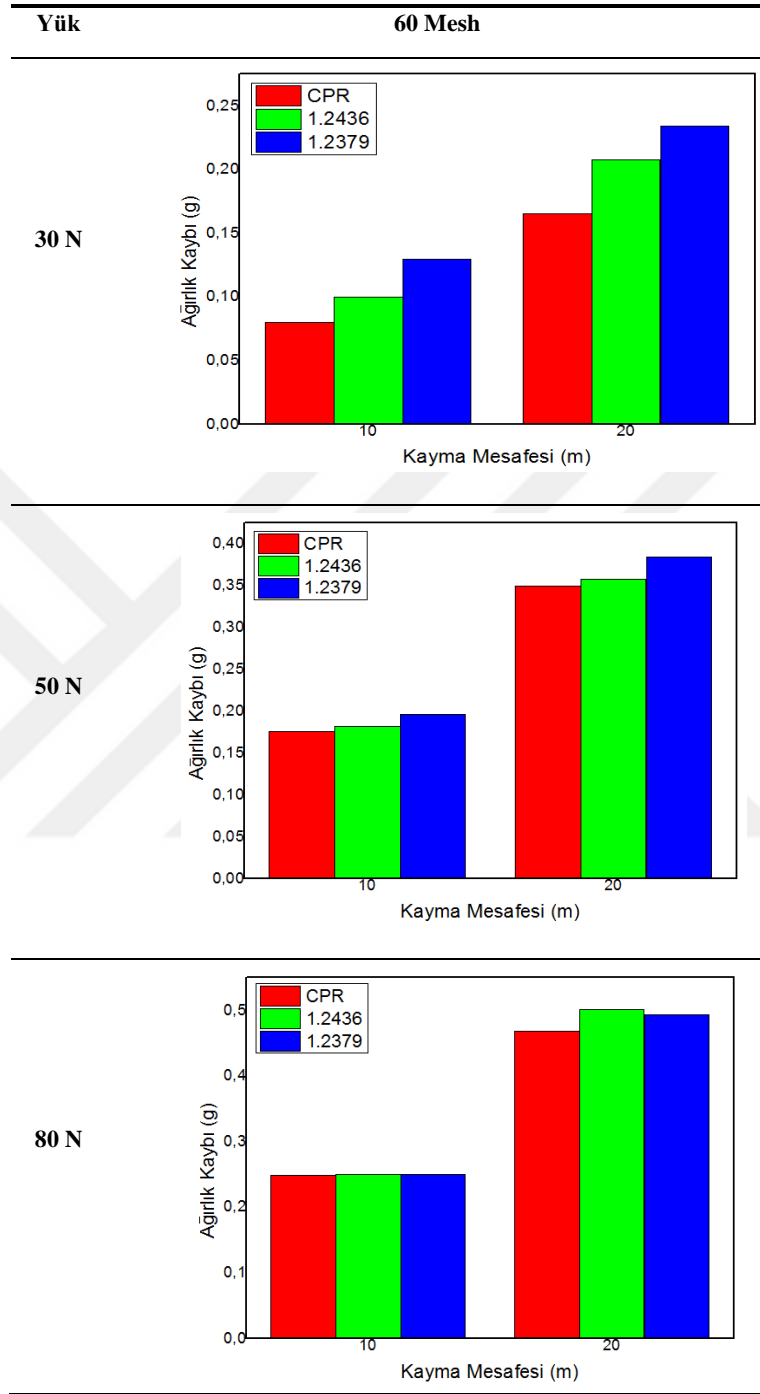
Çizelge 6.3. 220 mesh zımpara üzerinde yapılan aşınma deneylerinin kayma mesafesi ağırlık kaybı grafikleri.



Çizelge 6.3. te görüldüğü gibi 220 mesh zımpara üzerinde yapılan aşınma deneylerinin kayma mesafesi ağırlık kaybı grafikleri, değişik yük ve mesafe şartlarında yapılan bütün aşınma deneylerinde CPR numunelerinin daha az aşındığını göstermektedir. Aşınma mesafesi ve yük miktarında artış olduğunda aşınma miktarında hızla artmaktadır. Bu genel bilinen bir durumdur. CPR malzemesinin aşınma direncinin yüksek olması esasen kısmi temperlenmiş matensit yapısından ve birincil karbür yapılarına ilave olarak ince dağılmış WC, VC ve MoC karbür yapılarından ileri gelmektedir. Dolayısıyla her grup takı çeliklerinin benzer karbür dayanımlarına ilave olarak tokluk anlamında yüksek sertlikle çalışabilecek bir özellik gösteren CPR çeliği bu özellikleri ile favori olarak görülmektedir.



Çizelge 6.4. 60 mesh zımpara üzerinde yapılan aşınma deneylerinin kayma mesafesi ağırlık kaybı grafikleri.

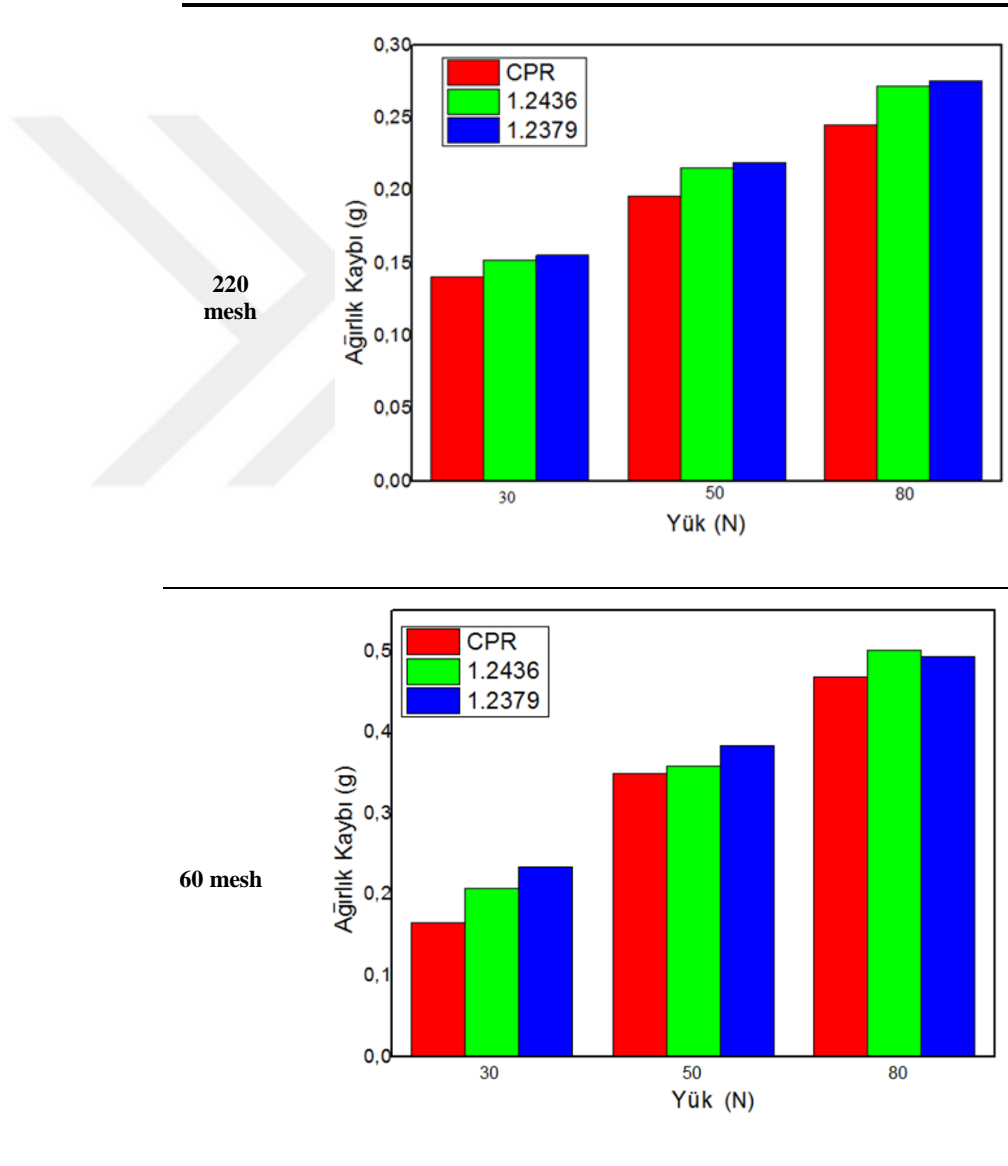


DIN 1.2379, DIN 1.2436 ve CPR soğuk iş takım çeliklerinin kayma mesafesine göre ağırlık kaybı grafikleri incelendiğinde CPR soğuk iş takım çeliğinin daha az aşındığı görülmektedir. Çizelge 6.3. te görüldüğü gibi 60 mesh zımpara üzerinde yapılan aşınma deneylerinin kayma mesafesi ağırlık kaybı grafikleri, değişik yük ve mesafe şartlarında yapılan bütün aşınma deneylerinde CPR numunelerinin daha az aşınma

göstermesi yukarıda izah edildiği gibidir. Ayrıca zımpara mesh değerinin artması ile aşınma oranları oldukça artmaktadır. Fakat burda aşınma eğilimi değişmemektedir.

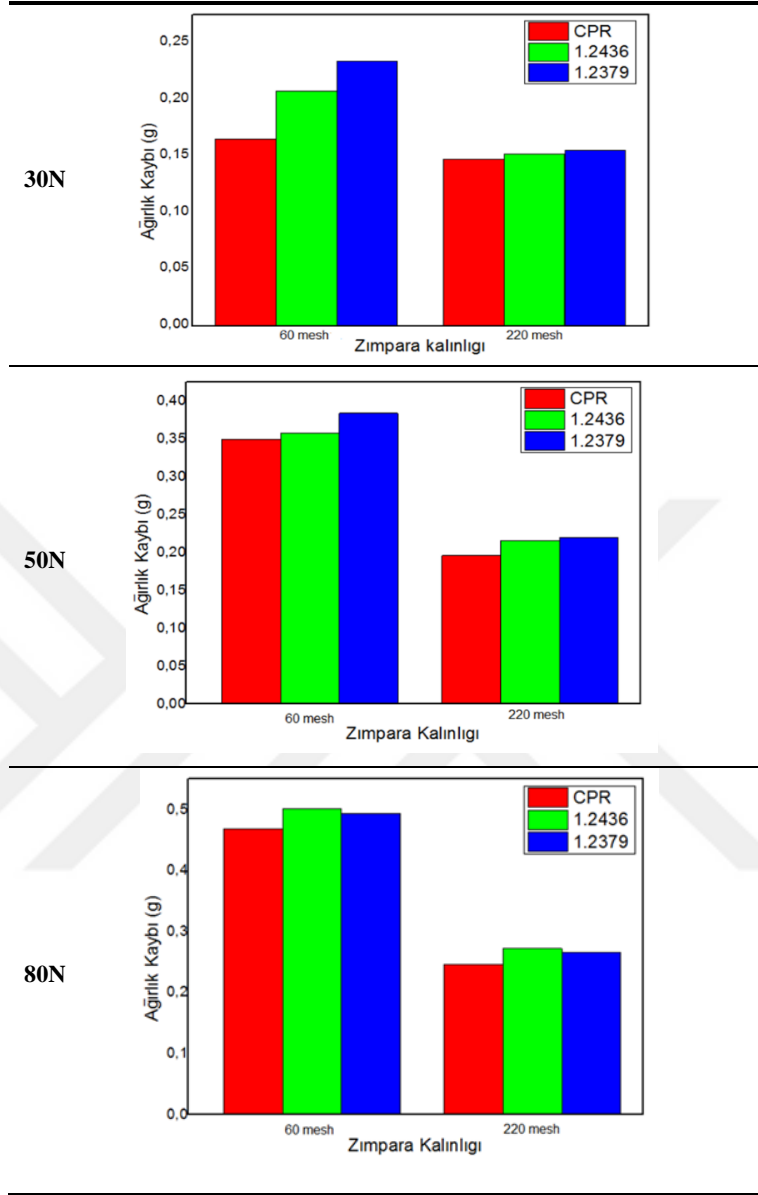
Son olarak aşınma testi sonuçları CPR, DIN 1.2436 ve DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliklerinin uygulanan yüke göre ağırlık kaybı değerleri toplu olarak Çizelge 6.5.'de verilmiştir.

Çizelge 6.5. Numunelere uygulanan yüke göre ağırlık kaybı grafikleri.



CPR, DIN 1.2436 ve DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliklerinin aşındırıcı zımpara mesh kalınlıklarına göre ağırlık kaybı değerleri ise Çizelge 6.6' da verilmiştir.

Çizelge 6.6. Aşındırıcı zımpara kalınlıklarına göre ağırlık kaybı grafikleri.



CPR, DIN 1.2379 ve DIN 1.2436 soğuk iş takım çelikleri için 30 N, 50 N ve 80 N yükler altında 220 mesh ve 60 mesh aşındırıcı zımparalarda numunelerde meydana gelen ağırlık kaybı grafikleri incelendiğinde, CPR soğuk iş takım çeliğinin 60 mesh ve 220 mesh zımpara kalınlıklarında DIN 1.2379 ve DIN 1.2436 soğuk iş takım çeliklerine göre daha az aşındığı tespit edilmiştir.

Ayrıca gerçek işletme ortamında (Saka Demir Çelik) 28-34 mm boyutlarında yuvarlak ürünlerde kullanılan sıcak hadde finiş yolluk makalarının aşınma miktarları şu şekildedir:

- **1.2379 malzeme (1 nolu makara):** Sıcak haddede bu makara ile 750-ton ürün çekilmiştir. Ürün çekilmeden önce makaranın ağırlığı 2352 gramdı. 750-ton ürün çekildikten sonra ağırlığı 2340 grama düştü (Şekil 6.2). Ton başına $2352-2340/750=0,016$ -gram aşınma meydana gelmiştir.



(a)

(b)

Şekil. 6.2. 1.2379 malzemenin makara ağırlıkları a) ürün çekilmeden önce b) ürün çekildikten sonra.

- **1.2436 malzeme (2 nolu makara):** Sıcak haddede bu makara ile 550-ton ürün çekilmiştir. Ürün çekilmeden önce makara ağırlığı 1908 gramdı. Ürün çekildikten sonra 1898 grama düştü (Şekil 6.3). Ton başına $1908-1898/550=0,018$ -gram aşınma meydana geldi.



(a)

(b)

Şekil. 6.3. 1.2436 malzemenin makara ağırlıkları a) ürün çekilmeden önce b) ürün çekildikten sonra.

- **CPR özel malzeme (3 numaralı malzeme):** Sıcak haddede bu makara ile 1000-ton ürün çekilmiştir. Ürün çekilmeden önce makara ağırlığı 2404 gramdı. 1000-ton ürün çekildikten sonra 2396 grama düştü (Şekil 6.4). $2404 - 2396 / 1000 = 0,008$ -gram aşınma meydana geldi. Laboratuvar ortamında elde edilen sonuçlarda olduğu gibi en az aşınma CPR malzemede gözlenmiştir.



(a)

(b)

Şekil. 6.4. CPR malzemenin makara ağırlıkları a) ürün çekilmeden önce b) ürün çekildikten sonra.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR

Bu çalışma CPR, DIN 1.2436 ve DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliklerinin abrasif aşınma dayanımlarını tespit etmek için gerçekleştirilmiştir. Bu üç farklı soğuk iş takım çeliğinin aşınmaya karşı direnci yapılan abrasif aşınma testleri ile tespit edilmiştir. Buna ilave olarak gerçek üretim şartlarında ve yüksek tonaj oranlarında uygulama deneyleri ve ölçümlerinin yapılması bu çalışmayı oldukça değerli kılmaktadır. Bu çalışma ile endüstriyel fayda üretilmiştir. Ayrıca malzemelerin mikroyapı ve sertliklerinin aşınma davranışını nasıl etkilediği irdelenmiştir. Genel değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

- CPR çeliği yüksek sertlikle beraber yüksek tokluk göstermektedir.
- Karbür dağılımları bütün çelikler için kısmen benzer olmakla birlikte 1.2379 çeliği daha kaba bir karbür yapısı göstermektedir.
- Sertlik test sonuçlarına göre, CPR soğuk iş takım çeliğinin sertlik değerinin DIN 1.2379 ve DIN 1.2436 soğuk iş takım çeliklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- Numunelerin mikroyapıları incelendiğinde CPR çeliğinin aşınma dayanımını arttıran krom karbürlerin ince yapıda olduğu, malzemenin temperlenmiş martensitik morfolojiye sahip olduğu ve tane sınırlarının belirgin olduğu tespit edilmiştir. Tane sınırları kısmi temperlenmenin ve oluşan karbürlerin bir sonucudur. Bu durum, CPR malzemenin aşınma dayanımını DIN 1.2379 ve DIN 1.2436 çeliklerine göre daha üstün olmasında çok etkindir.

- Abrasif aşınma deneylerinde; 30N, 50N, 80N yüklerde ve 60 mesh, 220 mesh zımpara kalınlıklarında CPR soğuk iş takım çeliğinin aşınma dayanımının DIN 1.2379 ve DIN 1.2436 soğuk iş takım çeliklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- Gerçek çalışma şartlarında da laboratuvar ortamında elde edilen sonuçlarda olduğu gibi en az aşınma CPR malzemede gözlenmiştir. Gerçek üretim şartlarında tokluk özelliğininde iyi olması çok önemlidir.



KAYNAKLAR

1. Albaraz, Z., "Isıl işlem parametrelerinin ve kimyasal kompozisyonun sıcak iş takım çeliklerinin mekanik özelliklerine etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2010).
2. Akça, G., "Takım çeliklerinin kaynağı", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2006).
3. Özer, O., " 1.2344 kalite takım çeliğine alternatif sıcak iş takım çeliğinin ısı işlem parametrelerinin belirlenmesi ve hadde bıçak uygulamalarındaki performansının incelenmesi", *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, (2016).
4. Alan, Y., "AISI D2 ve AISI D3 soğuk iş takım çeliklerinin frezede işlenebilirliğinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2014).
5. İnternet: Makina Mühendisleri Odası, "Mekanik Tasarımda Çelik ve Özellikleri", <https://www.mmo.org.tr/kitaplar/mekanik-tasarimda-celik-ve-ozellikleri> (2019).
6. Erdoğan, M., "Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve Özellikleri 1", *Nobel Akademik Yayıncılık*, Ankara, (2000).
7. Önder, E., "Termoreaktif difüzyon (TRD) yöntemiyle krom karbür ve vanadyum karbür kaplanan AISI D3 seri soğuk iş takım çeliğinin mikroyapı ve aşınma özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bartın, (2012).
8. Erdem, S., "Yüksek karbon içeriğine sahip, yüksek kromlu, manganlı ve alaşımsız düşük karbonlu çeliklerin aşınma davranışlarının araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, (2006).
9. İnternet: Metalurji ve Malzeme Mühendisleri Odası, "Çelik Seçimi Eğitimi", <http://www.metalurji.org.tr/index.php/metemhaber-alt?start=50> (2019).
10. İzciler, M., "Yüksek krom alaşımlı dökme demirlerin farklı sıcaklıktaki abrasiv aşınma aşınma katkı oranının ve ısı işlem şartlarının etkileri", Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, (1997).
11. Çelik, H., "Kaynak edilebilen kobalt ve demir esaslı alaşımların yüksek sıcaklıktaki aşınma davranışları", Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (1991).

12. Yılmaz, F., "Sürtünme ve aşınma", *Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi*, İstanbul, 229–246 (1997).
13. Karataşoğlu, F., Gülenç, B., Türker, M., and Kurt, A., "Monoblok tekerlerin aşınan kısımlarının MAG kaynağı ile yapılan dolgu metalinin aşınma davranışlarının incelenmesi", *2. Uluslararası Kaynak Teknolojisi Sempozyumu*, İstanbul, 232–239 (1998).
14. Gülenç, B. and Kahraman, N., "Wear behaviour of bulldozer rollers welded using a submerged arc welding process", *Materials & Design*, 24 (7): 537–542 (2003).
15. Güleç, Ş. and Aran, A., "Malzeme Bilgisi", *Tübitak Yayınları*, Gebze, (1987).
16. Askeland, D. R., "The science and engineering of materials—second SI edition.", *Aeronautical Journal*, 95 (950): 385–386 (1991).
17. Internet: Metal ve Kaynak Teknolojileri, "Isıl İşlem Nedir? Çeliğe Niçin Isıl İşlem Yapılır?", <http://www.metaluzmani.com/isil-islem-nedir-celige-nicin-isil-islem-yapilir/> (2019).
18. Dikeç, G., "Malzeme Bilgisi ve İmal Usulleri", *Gedik Üniversitesi Yayınları*, İstanbul, (2013).
19. Ymanoğlu, O., "Soğuk iş takım çeliklerinin aşınma direnci üzerinde kriyojenik işlemin etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2015).
20. Çiçek, A., Ekici, E., Uygur, İ., Akıncıoğlu, S., and Kıvak, T., "AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin delinmesinde derin kriyojenik işlemin takım ömrü üzerindeki etkilerinin araştırılması", *Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 4 (1): 1–9 (2012).
21. Kaplan, Y., Nalbant, M., and Gökkaya, H., "AISI D2 ve AISI D3 soğuk iş çeliklerinin delinmesinde işleme parametrelerinin çapak oluşumuna etkilerinin deneysel olarak incelenmesi", *Karaelmas Fen Ve Mühendislik Dergisi*, 1 (1): 37–46 (2011).
22. Internet: Sağlam Metal, "Soğuk İş Takım Çelikleri", <https://www.saglammetal.com/tr/urun-kategori/takim-celikleri/soguk-is-takim-celikleri> (2019).

ÖZGEÇMİŞ

Aytekin KURT 1977 Karabük ilinde doğdu; ilk, orta ve lise eğitimini aynı ilde tamamladı.1996 yılında Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde öğrenime başlayıp 2000 yılında mezun oldu. 2001 yılında askerliğini tamamladı. 2004 yılında Karabük Saka D.Ç te iş hayatına başlayıp halen daha aynı şirkette Kalite Kontrol Müdürü olarak görevini sürdürmektedir.

