



**TEL ÇEKME PROSESİNİN FARKLI KALİTE
ÇELİKLERDE MEKANİK VE KOROZYON
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**2023
YÜKSEK LİSANS TEZİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ**

Tunahan KAYIKÇI

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Fazıl HÜSEM**

**TEL ÇEKME PROSESİNİN FARKLI KALİTE ÇELİKLERDE
MEKANİK VE KOROZYON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Tunahan KAYIKÇI

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Fazıl HÜSEM**

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Metalurji Ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Temmuz 2023**

Tunahan KAYIKÇI tarafından hazırlanan “TEL ÇEKME PROSESİNİN FARKLI KALİTE ÇELİKLERDE MEKANİK VE KOROZYON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Fazıl HÜSEM

.....

Tez Danışmanı, Metalurji Ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından **Oy Birliği/Oy Çokluğu Seçiniz** ile Metalurji Ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.
06/07/2023

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Okan ÜNAL (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KARADEMİR (BARÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fazıl HÜSEM (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, **Yüksek Lisans** derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“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.”

Tunahan KAYIKÇI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEL ÇEKME PROSESİNİN FARKLI KALİTE ÇELİKLERDE MEKANİK VE KOROZYON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Tunahan KAYIKÇI

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Metalurji Ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Fazıl HÜSEM

Temmuz 2023, 61 sayfa

Bu çalışmada, SAE 1006, SAE 1008 ve SAE 1010 kalite filmaşınlar kullanılarak aynı ölçüde, aynı hızlarda teller çekilmiştir. Tel çekme işlemleri kuru çekimli ve 5 kafalı tel çekme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Tel çekme işlemleri aynı sabunlarla ve aynı makinede aynı sayıda haddeden geçirilerek aynı hız ve kalitelerde gerçekleştirilmiştir. Tedarikçiden alınıp çekilen tellerin öncelikli olarak spektral analizleri ölçümleri yapıldı. Sonrasında çekilen tellerin dayanımlarını belirlemek için çekme testi, yüzey sertliklerinin ölçümü için sertlik testi yapıldı. SAE 1006, SAE 1008 ve SAE 1010 kalite 3.80 mm çekilmiş tellerden alınan numuneler yüzey pürüzlülüğü testine tabi tutularak tellerin yüzey pürüzlülük analizleri gerçekleştirildi. Korozyon davranışlarını ölçmek için ise 3 ayrı gruptan oluşan 5 gün, 10 gün ve 15 gün numuneler %5'lik NaCl çözeltisinde bekletilerek korozyon testleri gerçekleştirildi. Yapılan korozyon testleri ile birlikte 1006, 1008 ve 1010 kalite tellerin numunelerinde meydana gelen ağırlık

kayıpları hassas terazi vasıtasıyla ölçölüp ve bu farkların yüzey kalitelerinin korozyona etkisi konusunda yorumlar yapılmıştır. Gerçekleştirilen tüm bu testler sonucunda elde edilen ham numuneler, çekme numuneleri ve korozyon numunelerinden oluşan toplamda 18 adet numunenin sem görüntüleri çekilerek test işlemleri tamamlandı.

Sonuç olarak yapılan incelemeler ve gözlemlere göre korozyon testlerindeki ağırlık kayıpları, yüzey kusurları ve sem görüntülerindeki korozyon miktarlarına bakıldığında bunların yanı sıra mekanik testlerde incelendiğinde 1008 kalite numunenin daha optimum şartları sağladığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler : Tel çekme, Korozyon, Yüzey kalitesi.

Bilim Kodu : 91519

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

EFFECT OF WIRE DRAWING PROCESS ON MECHANICAL AND CORROSION PROPERTIES IN DIFFERENT QUALITY STEELS

Tunahan KAYIKÇI

Karabük University

Institute of Graduate Programs

Department of Metallurgy And Materials Engineering

Thesis Advisor:

Asist. Prof. Dr. Fazıl HÜSEM

July 2023, 61 pages

In this study, wires were drawn at the same speed at the same size using SAE 1006, SAE 1008 and SAE 1010 quality wire rods. Wire drawing processes were carried out on a dry-drawing and 5-head wire drawing machine. Wire drawing processes were carried out with the same soaps and the same number of rolls in the same machine at the same speed and quality. Primarily, spectral analyzes and measurements of the wires taken from the supplier were made. Afterwards, the tensile test was performed to determine the strength of the drawn wires, and the hardness test was performed to measure the surface hardness. Samples taken from SAE 1006, SAE 1008 and SAE 1010 quality 3.80 mm drawn wires were subjected to the surface roughness test and surface roughness analyzes of the wires were performed. In order to measure the corrosion behavior, the samples consisting of 3 different groups for 5 days, 10 days and 15 days were kept in 5% NaCl solution and corrosion tests were carried out. Along with the corrosion tests, the weight losses in the samples of 1006, 1008 and 1010

quality wires were measured by precision balance and comments were made on the effect of these differences on the surface qualities of the corrosion. As a result of all these tests carried out, the SEM images of a total of 18 samples, consisting of raw samples, rupture samples and corrosion samples, were taken and the test procedures were completed.

As a result, according to the examinations and observations, when the weight losses in the corrosion tests, surface defects and the amount of corrosion in the sem images are examined, it has been observed that 1008 quality samples provide more optimum conditions when examined in mechanical tests.

Key Word :Wire drawing, Corrosion, Surface quality

Science Code : 91519

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle alıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Fazıl HÜSEM'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yapmış olduğumuz deneylerde desteğini esirgemeyen Pir-İnci Bijuteri ve İmalat Sanayi A.Ő firmasına teşekkür ederim.

Sevgili eşime tez yazma sürecimde vermiş olduğü destek ve katkılardan dolayı sonsuz teşekkür ederim.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımını esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	2
SOĞUK TEL ÇEKME İŞLEMİ VE TARİHÇESİ.....	2
2.1. SOĞUK TEL ÇEKME İŞLEMİ.....	2
2.2 SOĞUK TEL ÇEKME İŞLEMİNİN TARİHÇESİ	4
BÖLÜM 3	6
ÇELİK ÜRETİMİ.....	6
3.1. YÜKSEK FIRIN İLE CEVHERDEN ÇELİK ÜRETİMİ.....	6
3.1.2. BAZİK OKSİJEN FIRINI YÖNTEMİ.....	7
3.2. ELEKTRİK ARK OCAĞI YÖNTEMİ	8
3.3. İKİNCİL METALURJİ İŞLEMLERİ	10
3.3.1. DEOKSİDASYON	10
3.3.2. DESÜLFÜRİZASYON	11
3.4. FİLMAŞİN ÜRETİMİ.....	11
3.4.1. SÜREKLİ DÖKÜM.....	11

3.4.2. HADDELEME İŞLEMİ.....	12
BÖLÜM 4	13
FİLMAŞİNİN İŞLENEBİLİR TEL HALİNE GETİRİLMESİ	13
4.1. KURU TEL ÇEKME MAKİNESİ.....	13
BÖLÜM 5	20
TEL ÇEKME ÜRETİMİNDE KULLANILAN SABUNLAR	20
5.1. YAĞLAMA MEKANİZMALARI	20
5.2. TEL ÇEKME SABUNLARININ ÖZELLİKLERİ VE TÜRLERİ.....	21
5.3. SABUN SEÇİMİ.....	22
BÖLÜM 6	25
TEL ÇEKME HADDELERİ.....	25
6.1. HADDE İMALAT MALZEMESİ	25
6.2. HADDE PROFİLİNİN KISIMLARI	26
6.3. TEL ÇEKME HADDESİNİN SEÇİMİNİN ÖNEMİ	27
BÖLÜM 7	28
1006 1008 VE 1010 KALİTE FİLMAŞİNİN YAPISINDA BULUNAN ALAŞIMLARIN ELEMENTLERİNİN ETKİSİ	28
7.1. ALAŞIM ELEMENTLERİ.....	28
7.1.1. KARBON	28
7.1.2. MANGAN	28
7.1.3. SİLİSYUM	29
7.1.4. FOSFOR.....	29
7.1.5. KÜKÜRT	29
7.1.6. NİKEL.....	29
7.1.7. KROM.....	29
7.1.8. MOLİBDEN	30
7.1.9. VANADYUM	30

7.1.10. BAKIR	30
7.1.11. AZOT	30
BÖLÜM 8	31
TEST YÖNTEMLERİ	31
8.1. SPEKTRAL ANALİZ	33
8.2. ÇEKME TESTİ	34
8.3. SERTLİK TESTİ	39
8.4. KOROZYON TESTİ	41
8.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ TESTİ	44
8.6. SEM GÖRÜNTÜLERİ	48
BÖLÜM 9	55
SONUÇLAR	55
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Tel çekmenin prensip şeması.....	2
Şekil 2.2. Tel çekmenin şematik gösterimi	3
Şekil 3.1. Entegre demir-çelik tesisine ait akım şeması.....	7
Şekil 3.2. Elektrik ark ocağı şematik gösterimi.....	9
Şekil 3.3. Elektrik ark ocağı görüntüsü.....	10
Şekil 3.4. Potodan tandişe döküm.....	12
Şekil 4.1. 5 kafalı tel çekme makinesi.	14
Şekil 4.2. Kullanılan 6 mm filmaşın.	15
Şekil 4.3. Filmaşın açıcı kule ve hidrolik yükleyiciler.	16
Şekil 4.4. Tufal kırıcı makara sistemi.	17
Şekil 4.5. Kırılmış tufal tabakası görüntüsü	18
Şekil 4.6. Tufal tabakasının tel yüzeyinden kırılarak ayrılması	18
Şekil 4.7. Tel çekme kafası tungsten karbür kaplama görüntüsü.....	19
Şekil 5.1. Hidromekanik yağlama	21
Şekil 5.2. Arayüzey yağlama.....	21
Şekil 6.1. Hadde profilinin kısımları	26
Şekil 8.1. 5 kafa tel çekme makinesi boydan görüntüsü.....	32
Şekil 8.2. Optik emisyon spektrometre cihazı.....	33
Şekil 8.3. Çekme testi yapılan test cihazı.....	34
Şekil 8.4. Çekme testi yapılan numunelerin çekme işlemi sonrası kırık numune görüntüsü.....	35
Şekil 8.5. 1006 kalite 3.80 mm telin çekme testi grafiği	36
Şekil 8.6. 1006 kalite 3.80 mm telin çekme testi sonuçları.....	36
Şekil 8.7. 1008 kalite 3.80 mm telin çekme testi grafiği	37
Şekil 8.8. 1008 kalite 3.80 mm telin çekme testi sonuçları.....	37
Şekil 8.9. 1010 kalite 3.80 mm telin çekme testi grafiği	38
Şekil 8.10. 1010 kalite 3.80 mm telin çekme testi sonuçları.....	38
Şekil 8.11. 1006,1008 ve 1010 kalite tellerin çekme testi sonuçları.....	39
Şekil 8.12. Rockwell sertlik ölçüm cihazı	40
Şekil 8.13. Korozyon testinde kullanılan hassas terazi.....	42

Şekil 8.14. Korozyon testi esnasında korozyon test numuneleri.....	43
Şekil 8.15. 1006 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 1. ölçüm sonucu.....	45
Şekil 8.16. 1006 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 2. ölçüm sonucu.....	45
Şekil 8.17. 1006 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 3. ölçüm sonucu.....	45
Şekil 8.18. 1008 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 1. ölçüm sonucu.....	46
Şekil 8.19. 1008 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 2. ölçüm sonucu.....	46
Şekil 8.20. 1008 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 3. ölçüm sonucu.....	46
Şekil 8.21. 1010 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 1. ölçüm sonucu.....	47
Şekil 8.22. 1010 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 2. ölçüm sonucu.....	47
Şekil 8.23. 1010 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 3. ölçüm sonucu.....	47
Şekil 8.24. 1006,1008 ve 1010 kalite ham numunelerin sem görüntüleri.....	50
Şekil 8.25. Çekme numuneleri kopma yüzeyi sem görüntüleri.....	51
Şekil 8.26. Korozyon numuneleri sem görüntüleri.....	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 5.1. Sabun Seçimi.....	24
Çizelge 8.1. 1006, 1008, 1010 kalite filmaşınların çekme hızları	31
Çizelge 8.2. 1006, 1008, 1010 kalite filmaşınların kimyasal bileşimi.....	34
Çizelge 8.3. 1006, 1008 ve 1010 kalite tellerin sertlik ölçüm cihazları.....	41
Çizelge 8.4. Korozyon numunelerinin tartım sonuçları.....	43
Çizelge 8.5. Yüzey pürüzlülüğü değerleri.....	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Cr	: krom
C	: karbon
S	: kükürt
Al	: alüminyum
P	: fosfor
Sn	: kalay
Cu	: bakır
Fe	: demir
Ca	: kalsiyum
Mo	: molibden
Ni	: nikel
V	: vanadyum
N	: azot
Si	: silisyum
Mn	: mangan
Ni	: nikel
MgO	: magnezyum oksit
CaO	: kalsiyum oksit
FeS	: demir sülfür
CaO	: kalsiyum oksit
CaC ₂	: kalsiyum karbür
NaCl	: sodyum klorür
°C	: santigrat derece

KISALTMALAR

PPM : Milyonda Bir Birime Verilen İsimdir (Parts Per Million)

BOF : Bazik Oksijen Fırını

AC : Alternatif Akım (Alternating Current)

DC : Doğru Akım (Direct Current)

Cm : Santimetre

Mm : Milimetre

M.Ö : Milattan Önce

Y.y : Yüz Yıl

MPa : Megapaskal

M/Sn : Metre / Saniye

Ra : Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü Değeri

Rq : Ortalama Pürüzlülük Karelerinin Karekökü

Rz : On Nokta Pürüzlülüğü Ortalaması

μm : Mikro Metre

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Çubuk ve tel teknolojileri eski bir kökene sahiptir. Günümüze kadar süre gelen kanıtlara baktığımız takdirde tel çekme işleminin tarihi M.Ö 3000 'li yıllara kadar dayanmaktadır. Geçmiş dönem literatürlerinde tele ilişkin ilginç referanslar vardır, özellikle Homeros'un Odesa'sında M.Ö 5.yy'da Perslilerin bronz teli 0,55 mm'ye inceltmesi çoklu paso ve pasolar arası tavlama kavramlarını anlamış olabileceklerini göstermektedir. 1270'li yıllarda Paris'te yazılmış bir belge tel çekme ile ilgili şunları belirtmektedir:

1. Tel çekmeci işini iyice anlamalı ve yeterli sermayeye sahip olmalıdır.
2. Tel çekmeci istediği kadar çırak ve hizmetçiye sahip olabilir ve geceleri istediği kadar çalışabilir
3. Tel çekmeci'nin Paris'te satın aldığı veya sattığı hiçbir şey için vergi ödemesine gerek yoktur.
4. Tel çekmecilere çıraklar on yıl ücretsiz olarak hizmet verecek ve daha sonra 20 sous prim ödenecektir. [1]

Bulunan bu yazılar geçmiş zamanlarda da tel çekme sektörü ve çalışanlarına verilen değerde net bir şekilde anlatmaktadır.

Günümüze baktığımızda değişik çaplarda çekilmiş olan teller inşaat sektöründen elektrik sektörüne dekoratif ürünlerden cerrahi ürünlere bahçemizde kullanılan çitlerden evlerimizde bulunan banyo ve mutfak eşyalarına kadar çok geniş kapsamlı bir kullanım alanına sahiptir.

Kuru sistem tel çekme işlemi gerçekleştirilirken genel olarak hammadde olan filmaşın üretildiği tesislerden tel çekme tesisine sevk edilir. Sevkiyatı gerçekleşen filmaşın istenilen kalite ve çapta ürüne dönüştürülmesi için yeni system makinelerde tel çekme makinelerinin hidrolik yüklecilerine yüklenir ve ardından kule dediğimiz bir sistem ile filmaşın açıcı makaralardan geçirilerek tel çekme makinesi kafalarına sardırılarak nihai ürün elde edilir.

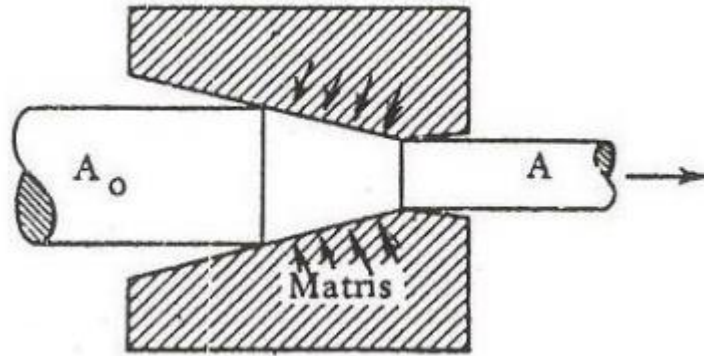
Bu çalışmada ise SAE 1006,SAE 1008 ve SAE 1010 kalite 6,0 mm filmaşınler tel çekme makinelerine yüklenerek nihai olarak 3,80 mm tel çekilmiştir. 3,80 mm farklı kalite ve hızlarda çekilen tellerin sonucunda tel yüzey kaliteleri ve korozyon durumları incelenmiştir. Kullanılan hammaddenin ve o hammaddeden üretilen telin mekanik özellikleri incelenmiş ve tartışılmıştır.

BÖLÜM 2

SOĞUK TEL ÇEKME İŞLEMİ VE TARİHÇESİ

2.1. SOĞUK TEL ÇEKME İŞLEMİ

Tel çekme, kalın kesitli olan bir telin kademeli olarak küçülen matrislerden (tel çekme haddesi) geçirilerek kesit küçültme işlemidir. Çekme işlemi sırasında tel çekme haddesi olarak adlandırılan kalıplar kullanılarak kesit daraltıp boy uzaması meydana getirilir. Bu plastik şekil değişimini gerçekleştirmek için çekme kuvveti vasıtasıyla teller tel çekme haddelerinden geçirilir [2].



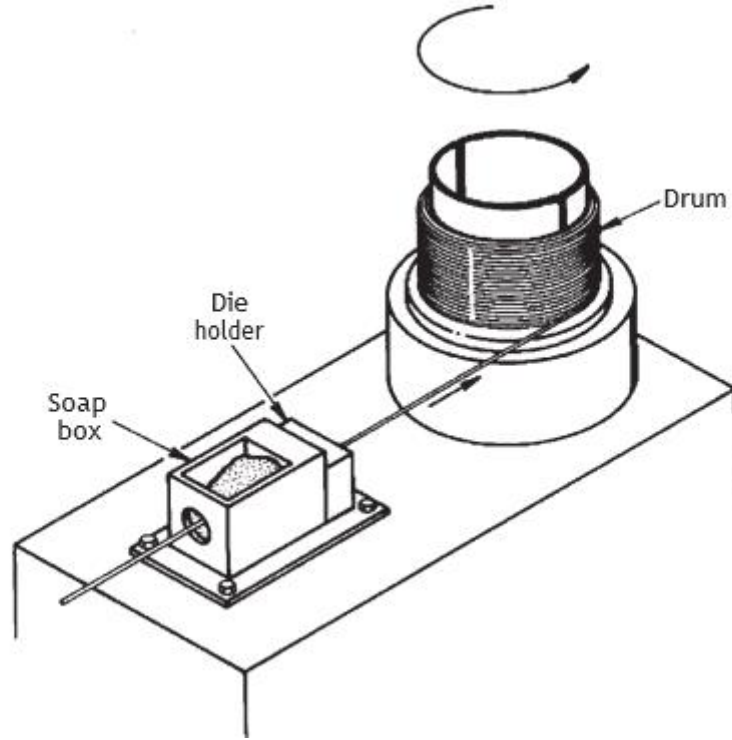
Şekil 2.1. Tel çekmenin prensip şeması [2].

Soğuk tel çekme işlemi gerçekleştirilen bir tesiste tüm işlemler ham maddenin (filmaşın) tesise gelmesiyle başlar. Şekil 2.1'de tel çekmenin prensip şeması verilmiştir. Tel çekme tesisine gelen filmaşınlar çekilecek olan telin son ölçüsüne göre kaç kafalı makine kullanılacaksa gerekli makinenin füze diye isimlendirilen hidrolik filmaşın yükleyicilerine yüklenir. Tel çekme personeli tarafından ilgili makineye gerekli olan hadde serisi hesabı yapılarak çekilecek olan tel ölçüsüne göre haddeler bağlanır. Telin çekilecek olduğu makinede mekanik kırma, fırçalama vb. gibi ön yüzey temizleyiciler varsa önce bu sistemlerden geçirilen filmaşın sırayla ilk haddeden başlamak üzere çektirme diye isimlendirilen aparatlar aracılığıyla tel kafalara tek tek sardırılır. Son haddeden de geçen tel coiler olarak isimlendirilen sarıcı ve aynı

zamanda telin kafeslere boşaltılmasını sağlayan makinenin son bölümünden kafeslere boşaltılarak tel çekme işlemi sonlandırılır.

Kuru tel çekme işlemleri gerçekleştirilirken tel her haddeye girmeden önce hadde kutusunun önünde bulunan sabun kutusuna doldurulan tel çekme sabunlarını yüzeyine alarak haddelere girer. Tel çekme sabunu sayesinde tellerin hadde çekirdeklerine temas noktaları azaltılarak haddelerin deforme olması engellenmiş olur. Şekil 2.2’de kuru tel çekme sisteminin şematik gösterimi verilmiştir. Tel çekme makinelerinde tel çıkış haddesine gelmeden önce kuru tel çekme sabunu değil sıvı tel çekme sabunu (emülsiyon) içerisinden geçerek haddeye girer.

Bu emülsiyonun amacı ise tel yüzeyinde var olan kuru sabunu mümkün olduğu kadar çözmek, tel haddeye girmeden önce tel yüzeyine kaplanarak kaydırıcılık sağlamak, aynı zamanda çekilen telin kaplama işlemine tabii tutulmasa dahi belirli bir süre yüzeyde koruyucu tabaka oluşturarak korozyona engel olmaktır.



Şekil 2.2. Tel Çekme'nin Şematik Gösterimi [1].

2.2. SOĞUK TEL ÇEKME İŞLEMİNİN TARİHÇESİ

Tel çekme işlemi ve tel imalatının geçmişi günümüzden geriye antik çağlara dek dayanır. M.Ö 3000’li yıllar gibi çok eski tarihlerde Mısır’da firavunların süsleme işlemlerinde altın tel kullandığına dair belgeler bulunmaktadır. Geçmişteki bulgulara göre tel çekme işlemlerinin yapıldığı ilk dönemlerde dövülmüş folyolardan şeritler kesilip sonrasında taş kalıplara açılan deliklerden katlanmış şerit halindeki folyolar geçirilir ve tel haline getirilmiştir.

Taşlara delik açma işlemi; Taşlardan yontularak imal edilmiş ince uçlu çubuklar ile yüzeye kum ve don yağı kullanımıyla tek bir nokta üzerinde aşınma gerçekleştirilerek yapılmıştır. Tel çekme tarihine bakıldığında 12. yy’dan itibaren tel çekme sisteminin matrislerinden bahsedilmeye başlandığı görülmektedir. Tel çekme süreci hakkında günümüze en yakın bulgular Almanya’nın Nürnberg şehrinde bulunmuştur. Rudolph Von Nuremberg 14. yy’ın başlarında ilk makineleşmiş tel çekme sistemini getiren kişi olmuştur. [1]

Tel çekme endüstrisi adına suyun tahrik gücüyle çalışan ilk makineleşmiş sistem Alman asıllı olan Nuremberg’li Rudolph sayesinde sanayiye kazandırılmıştır. 14. yy. ortalarında yünlü ürünler endüstrisinin gelişmesi ve yün tarak imalatı amacıyla İngiltere’de birçok tel çekme atölyeleri çalışanları bir araya toplanıp tel çekme endüstrisinin gelişimine katkı sağlamışlardır. Almanya’nın doğusunda yer alan Saksonya eyaletinde 1564 yılında tel çekme üzerine nam salmış kişilerden oluşan bir grup tel çekmeci usta İngiltere kraliçesi I. Elizabeth tarafından İngiltere’de kalıp çalışmaları için bu kişileri davet etmiştir. Davet edilip bölgeye yerleşen Alman sanatkarlar Alman tecrübesi, bilgi ve donanımıyla birlikte su tahrikiyle çalışan makinelerle kısa bir süre içerisinde karlı bir endüstri inşa etmişlerdir. İngiltere’de 1442-1483 yılları arasında krallık yapmış olan Kral IV. Edward tel çekme endüstrisi ve çalışanlarını koruyan kanunlar yayınlamış ve sektöre verilen önemi aleni bir şekilde ortaya koymuştur. İsveçli bilim insanı aynı zamanda İsveç’te mekaniğin babası olarak anılan Christopher Polhem tel çekme haddeleri üzerine kalibreler açmış fakat uygulama anlamında başarılı olamamıştır. Amerika’da farklı eyaletlere açılan tel

çekme atölyeleri 1812 yılına kadar küçük girişimler olarak görülmüş olsa dahi Amerika Birleşik Devletleri ile Büyük Britanya ve İrlanda Birleşik Krallığı'nın Kuzey Amerika'daki kolonileri ve Amerikan yerlisi müttefikleri arasında iki buçuk yıl süren askeri çatışmalar dizisi olarak tanımlanan 1812 savaşları sonrasında Amerikan tekstil endüstrisinin yıkılmasına önleyici olmuşlardır. Fransız mucit ve mühendis olan Marc Seguin 1825 yılında Fransa'nın Lyon kenti yakınlarına inşa edilen asma köprüünün imalatında ilk defa teli kullanan kişi olmuştur. 1821 yılında ise Almanlar tarafından tel halatların farklı bir çeşidi yapılmış olup 1837 yılına kadar bu halatlar tanıtılmamıştır. Tel sektörü adına ilklerin biri de 1840 yılında Amerika'da tel halat atölyesi kurulmasıyla olmuş olup bu atölye Almanya doğumlu Amerikalı bir inşaat mühendisi olan John A. Roebling tarafından kurulmuştur. 1862-1863 yılları arasında ilk olarak sürekli matris kullanımı ile tel çekme işlemi George Bedson tarafından gerçekleştirilmiştir. İlk olarak devamlı tel çekme sistemi 1871 tarihinde İngiltere ve Almanya'da geliştirilmiştir. Tel çekme sistemlerinde kullanılan matrislerin yüksek hızlarda kullanımı ve aynı zamanda aşınmaya karşı dayanıklı olacak şekilde üretilmesi gerekiyordu. 1925 tarihinde Amerika'da matrisler elmas türevi bir malzemeden imal edilip kullanılmaya başlanmıştır [3].

Geçmişten günümüze tel çekme sektörü ve sistemleri sıfırdan zirveye bir yükseliş yaşamıştır. Günümüzde kullanılan malzemeler ve yapılan üretimler geçmişte bir hayal iken gelecekte var olacak yenilikler ve sistemlerde günümüz için bir hayal olacaktır. Geçmişte kullanılan sistemlerin aksine özellikle 2000'li yıllardan itibaren internet ve teknolojik sistemlerin yakalamış olduğu ivme ile birlikte tel çekme sektörü ve makineleride her geçen gün gelişmelerden nasibini almıştır. Günümüzde gerek filmaşın imalatında gerekse tel imalatı konusunda değişimler olmuştur. Şimdilerde kullanılan matris ömürleri, makine parça ömürleri yeni kaplama yöntemleri ve malzeme ömrünü uzatacak yöntemlerle birlikte daha kullanışlı hale gelmiştir. Geçmişe kıyasla kullanılan tel çekme makineleri tam otomasyonlu sistemlerle entegre bir şekilde çalıştırılarak daha düşük maliyet yüksek üretim kapasitelerine ulaşmış tel çekme sektörü her geçen sene sanayide değeri artarak ve yatırım tercihi olarak dikkat çekmektedir.

BÖLÜM 3

ÇELİK ÜRETİMİ

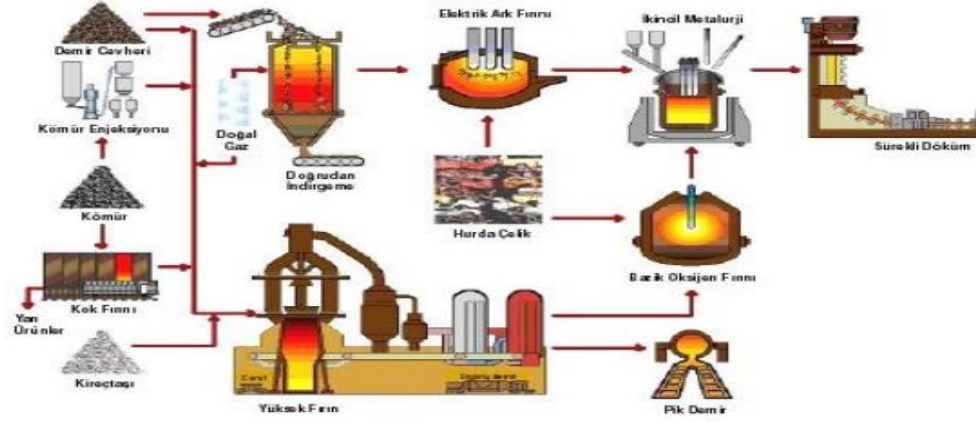
Tel çekme işleminin ham maddesi olan çeliğin imalatı ergitme ve döküm işlemleriyle başlayıp üretimi gerçekleşen kütüklerin haddelenip farklı çaplarda filmaşin haline getirilmesiyle son bulur. Kangallar halinde tel çekme tesisine getirilen filmaşinler tercihe ve tesisin imkanlarına göre kuru ve ıslak çekime tabii tutulur.

Genel olarak filmaşinler piyasada 5,5 mm ile 55 mm çaplar arasında bulunabilir şekilde imal edilirken her imalatçının çap toleransları farklı olabilmektedir.

Çelik üretimi cevherden veya hurdadan olmak üzere 2 farklı yöntemle gerçekleştirilebilir. İmalatı gerçekleştirilip yarı mamul olarak tel çekme tesisine gelen istebilen ve farklı çaplardaki filmaşinler firmanın kullanacağı alan doğrultusunda istenilen çapa indirilerek kullanılır.

3.1. YÜKSEK FIRIN İLE CEVHERDEN ÇELİK ÜRETİMİ

Yüksek fırından çıkan ürün olan pik demir bazik oksijen fırınında oksijen üflenmesiyle birlikte karbon istenilen seviyeye getirilir. Bu sayede çelik alaşımlama ve ikincil metalurji işlemleri ile döküm işlemine hazır hale gelmiş olur. Sürekli döküm yöntemi kullanılarak yapılan döküm işlemi sonrasında kütükler haline getirilen çelik filmaşin imalatı için hazır hale gelmiş olur [4]. Şekil 3.1'de entegre demir çelik tesisine ait akım şeması verilmiştir.



Şekil 3.1. Entegre demir – çelik tesisine ait akım şeması [5].

3.1.2. Bazik Oksijen Fırını (BOF) Yöntemi

Çelik imalatı temelinde, demirde bulunan safsızlıkların oksitlenerek ortadan kaldırılmasını kapsamaktadır. Kok fırınından alınan metalurjik kok, kireç ve demir cevheri yüksek fırına beslenir (şarj edilir) edilir. Buradan elde edilen ergimiş metal torpido arabaları ile yüksek fırın potalarına gönderilir. Ardından kükürt giderme işlemleri gerçekleştirildikten sonra bazik oksijen fırınına taşınır. Bazik oksijen fırınında safsızlıkları giderilip çelik haline getirilen metal çelik potalara boşaltılır. BOF'un dibinde biriken cüruf ayrı bir potaya aktarılır.

Çelik ikincil Metalurji tesisinde alaşımlama ve sıcaklık optimizasyonu işlemlerine tabii tutulur. Çelik bu işlemlerden sonra sürekli döküm yöntemiyle birlikte özel kalıplara dökülüp katılaşması sağlanır. Bazik oksijen prosesinde; hurda metalle birlikte pik demir kullanılır. Fırın içerisine yüksek basınç ile birlikte saflık derecesi yüksek oksijen gazı verilir. Ulaşılan sıcaklık yaklaşık olarak 1700 °C'lere eşittir. 1700 °C'lik sıcaklık hurda metalin ergimesi ve karbonun uzaklaşmasını sağlar.

Kireç veya dolomit ile yanma sonrası oluşan safsızlıkların tepkimesi cüruf fazını oluşturur. Cürufu oluşturan safsızlıkların içeriği; karbon, silisyum, manganez, fosfor ve az miktarda sıvı demir oksitlerinden oluşur. Bazik oksijen fırınlarında hurda şarj edilmesinin amacı tonaj arttırımı ve soğutma sağlamaktır. Fırında MgO ve CaO

dışındaki diğer oksitler sıvı pik ve hurda kaynaklıdır. Bunun dışında CaO ve MgO'nun kaynağı cüruf yapıcılardır.

3.2. ELEKTRİK ARK OCAĞI YÖNTEMİ

Elektrik ark ocakları ile çelik üretimi diğer yöntemlere kıyasla daha fazla tercih edilmektedir. Bunun bazı nedenleri; yatırım maliyetlerinin daha düşük olması, üretim anlamında esnek oluşu, tesisin daha seri bir şekilde devreye alınıp durdurulabilir olması olarak gösterilebilir. Elektrik ark ocakları asidik astarlı veya bazik astarlı şekilde olabilirler. Asidik astarlı ocaklarda; çelik imalatı tam ve kısmi oksidasyon yöntemi ile yapılabilir. Bu ocaklarda çelik üretiminde zararlı olan elementlerden gösterilen fosfor ve kükürt cüruf yapısı nedeniyle giderilemez. Bundan dolayı kullanılacak ham maddenin seçilmesi gerekmektedir. Bazik astarlı fırınlarda oksitleyici ve redükleyici cüruf uygulaması oluşturulabilir. S ve P'nin neden olduğu sıcak yırtılmalar dolayısıyla ortamdan kükürt ve fosfor rahatlıkla uzaklaştırılabilir. Elektrik ark ocaklarında AC veya DC akım türleri kullanılarak üretim yapılabilir. AC kullanılarak yapılan işlemlerde 3 adet elektrod kullanılır. 3 elektrod arasında oluşturulan akımla çelik eritilir. DC kullanılarak yapılan işlemlerde ise tek elektrod ile ocağın tabanı arasında akım oluşturularak çelik eritilir.

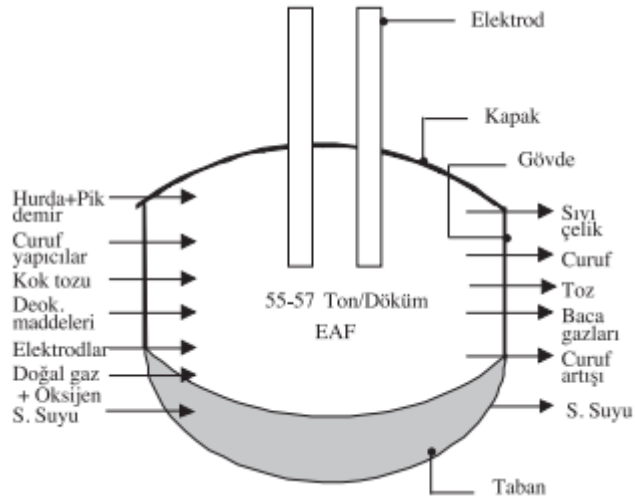
Elektrik ark ocağı uygulama sıralaması;

- Hurda şarjı
- Ergitme
- Oksidasyon
- Redüksiyon
- Alaşımlama
- Döküm alma
- Ocağın hazırlanması

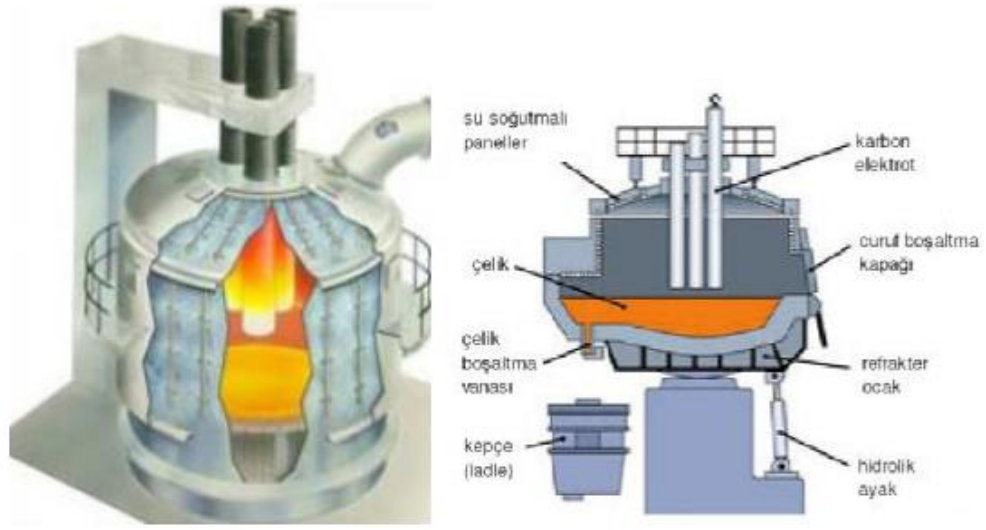
Elektrik ark ocaklarında genellikle hurda demir kullanılırken hurda şarjı soğuk veya ön ısıtma işlemi uygulanarak yapılır. Yapılan hurda şarjının ardından son işlem olarak grafit elektrod bulunan kapak kapatılır. Bu kapaklar genel olarak su soğutmalı olurlar. Uygulanan işlemle elektrodlar ve güçlü bir elektrik akımı sayesinde hurda malzeme ergiyik hale getirilir. Oksidasyon aşamasında istenmeyen malzemelerin cürufa karışması sağlanır. Redüksiyon aşamasında banyo sıcaklığı yükseltılarak kükürt'ün

uzaklaştırma işlemi yapılır. Bu işlemlerden sonra sıvı çeliğe istenilen ürün doğrultusunda gerekli olan eklemeler yapılarak alaşımlama işlemi gerçekleştirilir. Son olarak ise istenilen ürünü elde etmek için döküm işlemi gerçekleştirilir.

Dünya üzerinde üretilen çeliklerin üçte biri elektrik ark ocaklarıyla üretilmektedir. Elektrik ark ocakları 50-150 ton kapasiteye sahiptirler. Elektrik ark ocağı ile üretimde devamlılık ve üretim kolaylığı için üretim yapılan bölgede elektriğin ucuz ve bol olması büyük önem taşımaktadır [6]. Şekil 3.2’de elektrik ark ocağının şematik gösterimi şekil 3.3’te ise elektrik ark ocağı görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 3.2. Elektrik ark ocağı şematik gösterimi [7].



Şekil 3.3. Elektrik ark ocağı görüntüsü [5].

3.3. İKİNCİL METALURJİ İŞLEMLERİ

İkincil metalurji işlemleri hem yüksek fırınlarda yapılan çelik üretiminde hem de elektrik ark ocaklarında yapılan çelik üretiminde uygulanan işlemlerdir. İkincil metalurji işlemleriyle elde edilmek istenen üretilen çeliğin kimyasal kompozisyonunun ayarlanması, inklüzyonların cürufa geçmesini sağlamak ve döküm içerisinde kalan inklüzyonların etkilerini azaltmaktır.

3.3.1. Deoksidasyon

Çelik içerisinde bulunan oksijenin giderilmesi işlemidir. İkincil metalurji işlemleri öncesinde ergiyik çelik içerisinde bulunan oksijen miktarı 400-1000 ppm (%0,004-%0,1) aralığında değişkenlik göstermektedir. Ergiyik çelik içerisinde oksijen çözünürlüğü %0,16, katı çelik içerisinde ise %0,003 oksijen çözünürlüğü vardır. Ergiyik çelik içerisinde oksijen miktarı azaltılırken çelik katılaştıktan önce gaz boşluğu oluşturmayacak şekilde bu miktarın azaltılması gerekmektedir. Elementlerin oksijen eğilimi en düşükten en yükseğe doğru Sn, Cu, Fe, P, C, Cr, Mn, Si, Al, Ca şeklinde sıralanmaktadır. Mn, Si, Al, gibi Fe'den daha yüksek oksijen eğilimine sahip elementlerin sıvı çeliğin içerisine ilavesi ile oksijen çözünürlüğünü düşürmeyi amaçlayan işlemlere "deoksidasyon" denilmektedir.

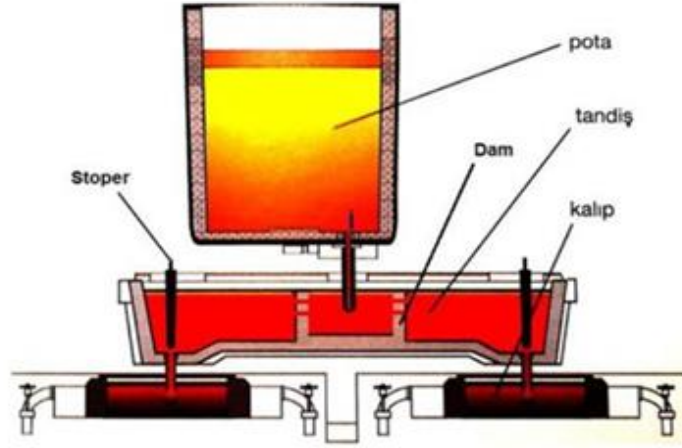
3.3.2. Desülfürizasyon

Çelik içerisinde tane sınırlarında FeS (demir sülfür) bileşikleri halinde çöken kükürt çelikte sıcak yırtılmaya neden olmaktadır. Dolayısıyla çeliklerde kırılma eğilimine, fiziksel ve mekanik özelliklerinde zayıflamasında olumsuz yönde etki edip malzemenin tokluk ve sünekliğini önemli ölçüde azaltmaktadır. Ergiyik çelik içerisine farklı ilaveler ile (CaO, CaC₂ vb.) meydana gelen kimyasal reaksiyonlarla birlikte kükürdün cürufa karıştırılarak uzaklaştırılması işlemine ise “ desülfürizasyon “ denilmektedir. [8]

3.4. FİLMAŞIN ÜRETİMİ

3.4.1. Sürekli Döküm

Sürekli döküm yöntemi bir potada bulunan sıvı çeliğin döküm makinesine aktarılmasıyla başlar. Döküm işlemi başladığında pota altındaki nozul açılarak çeliğin hızlı ve kontrollü bir şekilde tandiş içerisine akması sağlanır. Tandiş'ten genellikle bakır ve su soğutmalı kalıplara akan ergiyik çeliklerde ilk katılma metal/kalıp ara yüzeyinde gerçekleşir. Şekil 3.4'te potadan tandişe dökümün şematik gösterimi verilmiştir. Sürekli döküm yönteminde sıvı çelik hem soğutulup hem de şekillendirmektir. Ergiyik çelik böylelikle sıvı halden şekil alarak katılaştırılıp tekrardan haddeleme ihtiyacı duyulmaz. Sürekli döküm işleminde en zor iş, çeliği kesintisiz, sürekli olarak dökmektir. Ayrıca sürekli döküm işlemi sırasında homojen dağılım sağlayıp ani katılaşmaları engelleyerek kırılma eğilimlerini ortadan kaldırmak için döküm esnasında, çelik akışı ve katılma sırasında kalıplarda osilasyon hareketi (sallanma) uygulanır. Osilasyon hareketinin sıklığı ise 50-300 devir/dakika olarak değişkenlik göstermektedir. Sürekli döküm işlemlerinde tandiş'in ana işlevi ise döküm esnasında kesintisiz bir şekilde ergiyiği kalıplara dağıtmaktır. Tandiş değiştirme sıklığı ise sürekli döküm işleminde dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan biri olmakla birlikte eğer dikkat edilmez ve değişim sayısı az olduğu takdirde tandiş duvarları daha çabuk aşınacak aynı zamanda çelikte inklüzyon görülme ihtimalini de arttıracaktır. [9]



Şekil 3.4. Potadan tandişe döküm [10].

3.4.2. Haddeme İşlemi

Sürekli döküm yöntemi ile üretilen kütükler, haddeme işlemleri ile birlikte filmaşın üretimini sağlayan firmanın müşteri talebi ve tesis şartlarına göre uygun çaplara indirilir. Bu işlemleri gerçekleştirmek için öncelikli olarak kütük homojenizasyon sıcaklığına çıkarılarak (1200-1250 °C) sonrasında ise haddeme işlemine tabi tutulur. Haddeme işlemleri gerçekleştirilirken firmalar son haddelerde telde şekil bozukluğuna sebep olmayacak şekilde ve aynı zamanda uzaklıkta telde kopmaların meydana gelmemesi için tele azar azar eğim vermektedir. Filmaşın üretimi yapılan tesisin kapasitesine bağlı olarak üretim hızı değişkenlik göstermekle birlikte son olarak filmaşınlar konveyörlere halkalar halinde dökülerek soğutma işlemine tabi tutulup paketlenmektedir. Ardından müşteri talebine göre sevkiyatları gerçekleştirilmektedir.

BÖLÜM 4

FİLMAŞININ İŞLENEBİLİR TEL HALİNE GETİRİLMESİ

Tel çekme işlemi kuru tel çekme makinelerinde ilk olarak filmaşinin fabrikaya gelip tel çekme makinelerinin füze ismi verilen hidrolik yükleyicilerine yüklenmesiyle başlamaktadır. Filmaşinlerin çapı imalatı yapılacak nihai ürünün çapına göre yakın olarak ve istenilen yüzey kalitesine göre seçilip kullanılmaktadır. Filmaşinler geldiklerinde yüzeylerinde tufal tabakaları bulunmaktadır ve bu tufal tabakası kullanılan tel çekme haddeleriyle birlikte tel çekilebilirliğine etki etmektedir. Her zaman için ne kadar temiz filmaşin girdisi o kadar kaliteli ve temiz yüzey elde etmeyi sağlamaktadır. Hadde, sabun vb. gibi tel çekiminde kullanılan malzemelerin kullanılabilir ömrünü uzatmak, verimini arttırmak için tel çekmede kullanılan filmaşinlerin yüzeylerinin ön temizleme işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Yüzey temizleme işlemleri ana başlık olarak mekanik ve kimyasal temizleme şeklinde 2'ye ayrılabilir. Öncelerde tufal tabakalarının temizleme işleminde kimyasal temizleme yöntemi uygulansada şimdilerde çevresel kirlilik faktörleri göz önünde bulundurularak ve aynı zamanda pratik bir yöntem olması dolayısıyla daha çok mekanik yöntem ile tufal temizleme tercih edilmektedir. Tufal tabakaları temizlenen ve tel çekme makinesine verilen teller 6.0 mm çapta bulunan kangalların minimum 1.80 mm'ye kadar indirilmesiyle işlemleri son bulur. Bu aşamada filmaşinin çekilerek, nihai ürün haline getirilene kadar proseste yapılan işlemler ve prosese etki eden faktörler ele alınacaktır.

4.1. KURU TEL ÇEKME MAKİNESİ

Filmaşin imalatçısı firmalardan alınan 6.5 mm, 6.0 mm veya 5.5 mm filmaşinler tel çekme işlemlerinde kullanılıp istenilen ölçülere indirilebilir. Kullanılan filmaşinler

üretilecek ürüne, çekilecek nihai ölçüye, istenilen yüzey kalitesi gibi etkenlere göre değişkenlik göstermektedir.



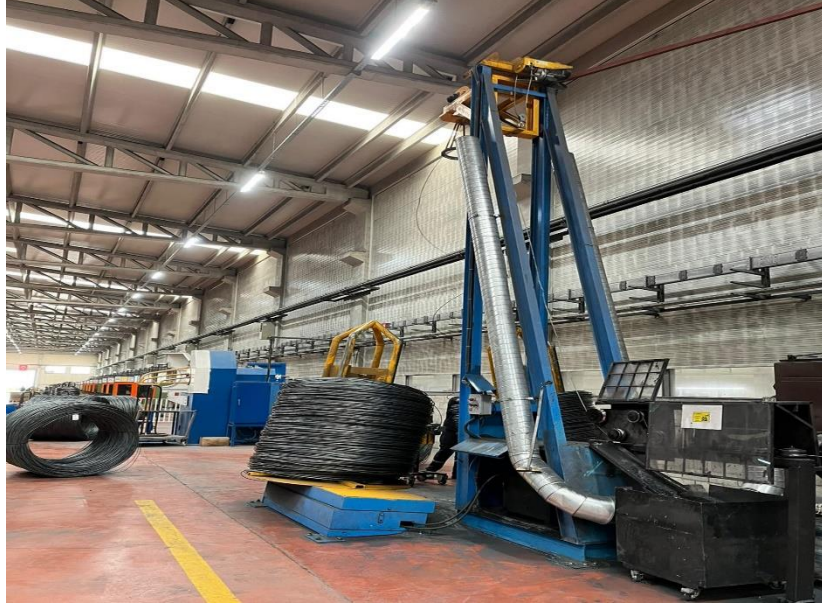
Şekil 4.1. 5 kafalı tel çekme makinesi.

Şekil 4.1’de 5 kafalı bir tel çekme makinesinin görüntüsü yer almaktadır. Tel çekme makinelerinde telin sarıldığı her bir tambura kafa veya balerin adı verilmektedir. Her kafanın önünde 1 adet sabunluk bulunmakta ve son tel çekme kafasının önünde genellikle sulu sabun haznesi bulunmaktadır. Sulu sabun haznesinde tel çekme sıvı sabunuyla birlikte su ile hazırlanmış emülsiyon doldurulmaktadır. Tel çekme kafaları hava ve su , hava veya su soğutmalı şekilde olabilmektedir. İyi tel çekilebilirlik sabun, hadde performansları gibi durumları olumlu yönde kullanabilmek için kafaların ve mümkünse hadde bağlantısı yapılan haznelerin soğutulması tercih edilmektedir. Tel çekme makinelerinde satın alırken makinede bulunacak kafa adedi, kafa çapları, soğutma sistemi vb. gibi özellikler tamamen üretilecek ürüne ve tercihe bağlı olarak değişebilmektedir.



Şekil 4.2. Kullanılan 6 mm filmaşın.

Ağırlıklı olarak kullanmış olduğumuz 6.0 mm filmaşınlar kuru tel çekme makinesi hidrolik yükleyicilerine yüklenir. Hidrolik yükleyicilere yüklenip tel çekme makinesi kulesinden filmaşın açıcıdan geçirilen filmaşınlar ardından kırıcı makaralara dolanarak tel fırçalama ile yüzey temizleme işlemine tabi tutulup sonra tel çekme makinesi girişine getirilir. Şekil 4.2’de gösterilen 6.0 mm genellikle kullanılan filmaşının şematik görüntüsü yer almaktadır. Şekil 4.3’te ise tel çekme sistemlerinde kullanılan filmaşın açıcı kule ve hidrolik yükleyicilerin şematik gösterimi bulunmaktadır.



Şekil 4.3. Filmaşın açıcı kule ve hidrolik yükleyiciler.

Tufal tabakasının temizlenmesinin amacı tel çekme işleminde kullanılan hadde ömrünü koruma, kullanılan sabun performansını arttırma, tel yüzey kalitesini iyileştirme gibi etmenlerdir. Tel yüzeyinden arındırılmayan tufal tabakası tüm çekim aşamalarını etkilemekle birlikte hem sabun haznelere hemde miktarına göre telin çıkışına kadar taşınabilmektedir. Çelikten daha sert yapıda bulunan tufaller kırıldıktan sonra yüzeyde kalan ufak kalıntılar haddelerden geçerken tel yüzeyine batarak delik ve gözeneklilikte oluşturabilmektedir. Kırıcı makaralarla tufal kırma işlemi tele iç ve dış bükümler yaptırılarak yüzeyde gerilme meydana getirilerek gerçekleştirilmektedir.



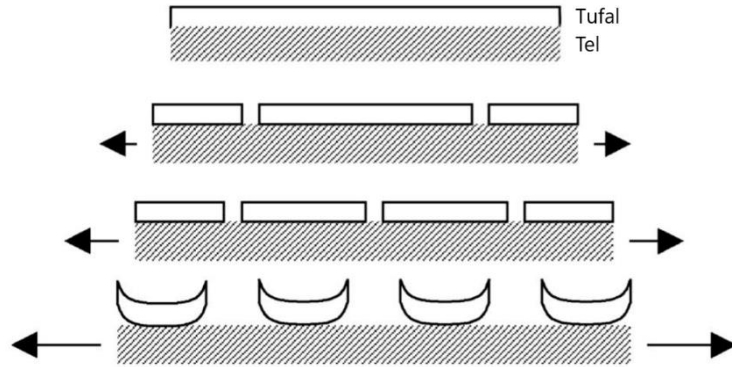
Şekil 4.4. Tufal kırıcı makara sistemi.

Bu işlemlerle birlikte tufal tabakası kırılıp tel çekme işlemi esnasında oluşan titreşim etkisiyle yüzeyden uzaklaşmaktadır. Buna ek olarak yüzeyde ufakta olsa kalabilen tufal tanecikleri için kırıcı makaraların ardına fırçalama ile temizleme işlemi yapılmaktadır. Şekil 4.4'te kırıcı makara sisteminin görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4.5. Kırılmış tufal tabakası görüntüsü.

Tufal tabakalarının tane boyutları ve görüntüsü kullanılan filmaşın ve o filmaşının üretimine göre değişkenlik gösterebilir.



Şekil 4.6. Tufal tabakasının tel yüzeyinden kırılarak ayrılması [11].

Mekanik tufal temizleme işleminde kullanılan makara çaplarının tel çapının 18-23 katı aralığında olması daha iyi tufal kırma için önerilmektedir. Bu aralıktan daha düşük çaplara indikçe telde gerilmeler arttırılmış olurken daha yüksek çaplara çıktığında ise yeterince tufal kırma işlemi gerçekleştirilememiş olmaktadır [11]. Şekil 4.5'te

kırılmış tufal tabakasının görüntüsü ve şekil 4.6’da ise tufal tabakasının tel yüzeyinden kırılarak ayrılmasının şematik gösterimi verilmiştir. Tufal kırma işlemleri gerçekleştirildikten sonra 1. sabun haznesine getirilen telin haddeden geçirilebilmesi için tellere uç açma işlemi dediğimiz giriş tel çapının ilk haddeden daha düşük ölçüye getirilmesi işlemi uygulanıp tel 1. haddeden geçirilip çektirme işlemi ile tel çekme makinesinin 1. kafasına tel sardırılır. Aynı işlemler bütün kafalarda tekrar edilir. Her haddenin çapı giriş tel ölçüsünden kademeli olarak küçülerek gider. Her haddeden geçen tel kesit alanı küçülürken boyda uzama meydana gelir. Nihai ölçüye gelen teller coiler ismi verilen sarıcı sayesinde belirli bir genişlikte (coiler blok genişliği) sarılarak tel kafeslerine aktarılmaktadır. Tel çekme makinelerinde her bir bloğu (kafayı) ayrı bir motor kontrol etmektedir. Ayrıca döner hadde sistemi kullanılıyor ise her bir hadde bloğunu da birer motor kontrol etmektedir. Tel çekme makinelerinde bulunan blokların yüzeyleri hem aşınma dayanımını arttırmak hemde telin daha rahat bir şekilde blok üzerinde kaymasını sağlamak için tungsten karbür kaplama ile kaplanmaktadır. Şekil 4.7’de tel çekme kafası tungsten karbür kaplama görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4.7. Tel çekme kafası tungsten karbür kaplama görüntüsü

BÖLÜM 5

TEL ÇEKME ÜRETİMİNDE KULLANILAN SABUNLAR

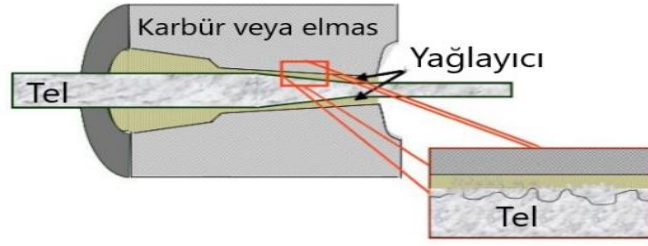
Tel çekme işleminde sabunların kullanımının asıl amacı tel ile kullanılan tel çekme haddesi arasında film tabakası oluşturarak kaydırıcılık görevi görüp aşınmayı makul seviyelere indirmektedir. Tel yüzeyinde bulunan sabun tabakasının kalınlığı arttıkça telin hadde ile teması dahada azalırken kaplama kalınlığı inceldikçe tel ve hadde teması artacaktır. Artan temas alanıyla birlikte hadde deformasyonu dolayısıyla tel yüzeyindeki deformasyon da artacaktır.

5.1. YAĞLAMA MEKANİZMALARI

Tel çekme işleminde yağlama işlemi 2 ayrı mekanizma ile sağlanabilmektedir.

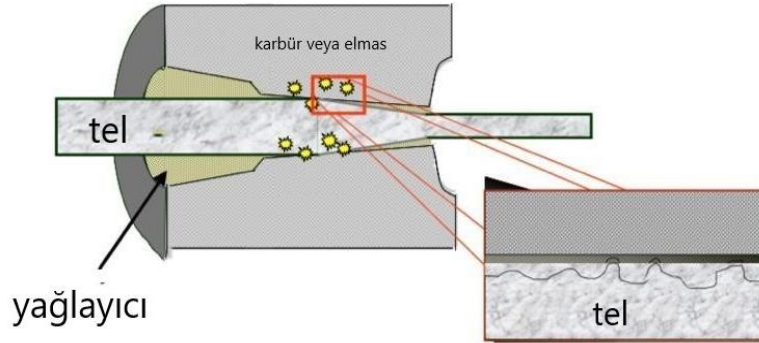
- 1-) Hidromekanik yağlama
- 2-) Ara yüzey (sınır) yağlaması

Hidromekanik yağlama: Bu yağlama mekanizması türünde yağlayıcı kalıba (hadde) girdiğinde sıcaklık ve basınç yağlayıcı telin kayması kolaylaştıran ve sürtünmeyi azaltan plastik bir filme dönüştürür [12]. Şekil 5.1’de hidromekanik yağlama şematik görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.1. Hidromekanik yağlama [12].

Ara yüzey (sınır) yağlaması: Belirli koşullar altında, yağlayıcı telin yüzeyi ile reaksiyona girerek arayüzdeki malzemenin kalıp veya telden daha az sert olmasına neden olur, böylece reaksiyona giren yüzey daha kolay deforme olur ve her iki yüzeyi de korur [12]. Şekil 5.2’de arayüzey yağlaması şematik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 5.2. Arayüzey yağlama [12].

Yağlayıcı: Hareketli parçalar arasındaki sürtünmeyi azaltmak için kayan veya temas eden yüzeylere uygulanan maddelerdir ve bunlar yağ asitleri, kalsiyum, sodyum ve inorganik katkılardan oluşur [12].

5.2. TEL ÇEKME SABUNLARININ ÖZELLİKLERİ VE TÜRLERİ

Sabunlar aslında bir yağ asidinin alkali ile reaksiyonu sonucu elde edilir. Sabunlar çekme işlemi sırasında hadde ve tel arasında oluşacak sıcaklık, basınç ve diğer etkilere karşı dayanımı olması gereken malzemelerdir [3].

Tel çekme sabunları ana başlık olarak 3 gruba ayrılabilir;

1-) Kalsiyum Sabunları

Genellikle giriş haddelerinde kullanılırlar. Asıl amaçları tele daha fazla kaplama yapmaktır. Suda çözünmezler. Kalsiyum sabunlarının saf halde yumuşama sıcaklıkları 145-165 °C arasında olup katkılarla birlikte bu özellikler değişiklikler gösterebilmektedir [3].

2-) Sodyum Sabunları

Genellikle temiz tel yüzeyi ve yüzey kalitesinin önemli olduğu durumlarda tercih edilirler. Suda çözünürler. Sodyum sabunlarının saf halde yumuşama sıcaklıkları 140-160 °C arasındadır [3].

3-) Alüminyum Bazlı Sabunlar

Bu sabunlar genellikle vida, civata gibi ürünlerin üretimi yapılan tellerin çekiminde kullanılırlar. Suda çözünmezler. Alüminyum bazlı sabunların saf haldeki yumuşama sıcaklıkları 140-160 °C arasında değişiklik göstermektedir [3].

Tel çekme sabunlarının özelliklerini belirleyen bazı faktörler vardır. Bunlardan başlıca olanları sabunların içerisinde kullanılan baz malzemelerdir ve bu baz malzemeler sabunlara aynı zamanda ismini veren malzemelerdir. Bir diğeri ise sabunların içerisinde bulunan yağ miktarı ve yağ cinsidir. Son olarak faktörlerden diğeri ise sabunların tane büyüklüğü ve tanecik şeklidir.

5.3. SABUN SEÇİMİ

Sabun seçimi yapılırken dikkat edilmesi gerekenler;

1-) Sabun seçimi yapılırken en önemli ve başlıca husus imalatı yapılacak olan telin cinsine göre sabun türünü belirlemektir. Çekilecek olan telin karbon miktarına göre

düşük, orta veya yüksek karbonlu şeklinde kullanılacak sabun türü de değişkenlik göstermektedir.

2-) Sabun seçimi yapılırken dikkat edilmesi gerekenlerden bir diğeri ise kullanılacak filmaşinin ön yüzey temizlik işleminin nasıl yapıldığıdır. Ön yüzey temizleme işlemi mekanik kırma veya kimyasal temizlemeye tabi tutulma şeklinde değerlendirildiğinde kullanılacak sabun türü değişmektedir.

3-) Sabunun kullanılacağı makinenin kafa sayısı bununla birlikte çekilecek tel çapları sabun seçimini etkilemektedir.

4-) Tel çekme makinesinin soğutma sistemi ve kullanılacak sabunların kaç derece sıcaklığa maruz kalacağı bir diğeri önemli husustur.

5-) Çekilecek olan tel çaplarına göre makinenin hangi hızlarda kullanılacağı istenilen yüzey kalitesi vb. gibi durumlar sabun seçimi konusunda önem arz etmektedir.

6-) Kullanılan hadde türü ve bu tel çekme haddelerinin açıları sabun seçimi yaparken özellik tanecik boyutu konusunda belirleyici bir etken olmaktadır.

7-) Tel çekme işlemi bittikten sonra telin ne tür bir işleme tabi tutulacağı kaplama yapılıp yapılmayacağı vb. gibi durumlar seçimi yapılacak sabunun türünü belirlemektedir.

Yukarıda maddeler halinde belirtilen ve bunun benzeri durumlar sabun seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken durumlardır. Çizelge 5.1'de ise sabun seçimi yapılırken malzeme türü, çekme hızı, kullanılacağı alana göre yapılabilecek sabun seçiminin tablosu yer almaktadır.

Çizelge 5.1 Sabun seçimi [13].

MALZEME	YÜZEY HAZIRLAMA	TEL ÇEKME HIZI	TOPLAM HADDE SAYISI	NİHAİ KULLANIM	TAVSİYE EDİLEN SABUN
DÜŞÜK KARBONLU ÇELİK	MEKANİK KIRMA	450 m/dk'DAN AZ	1 İLA 3	İNŞAAT ÇİVİSİ, TEL ÖRGÜ	1) YAĞ ORANI DÜŞÜK, YUMUŞAMA SICAKLIĞI ORTA DEĞERLERDE OLAN KALSİYUM SABUNU 2) MAKİNANIN ESKİ OLMASI, MALZEMENİN KÖTÜ KALİTE OLMASI HALİNDE BASINÇ YÜKSELTİCİ BAZI KATKI MADDELERİ KULLANILABİLİR.
DÜŞÜK KARBONLU ÇELİK	MEKANİK KIRMA	450 - 1350 m/dk ARASI	3 İLA 8	ÇİVİ, ÇOK İNCE TEL ÖRGÜ	YAĞ ORANI DÜŞÜK VEYA ORTA, YUMUŞAMA SICAKLIĞI YÜKSEK KALSİYUM SABUNU
DÜŞÜK KARBONLU ÇELİK	ASİTLE TEMİZLENMİŞ, SABUN TAŞIYICIYLA KAPLANMIŞ	300 - 1500 m/dk ARASI	2 İLA 8	YAN SÜTÜNDE VERİLMİŞTİR	KAPLANACAK TEL İÇİN: SODYUM BAZLI SABUN KALIN SABUN TABAKASI GEREKİYORSA: YAĞ ORANI DÜŞÜK, YUMUŞAMA SICAKLIĞI ORTA DEĞERLERDE, KALSİYUM SABUNU İNCE SABUN TABAKASI GEREKİYORSA: YAĞ ORANI YÜKSEK, YUMUŞAMA SICAKLIĞI ORTA DEĞERLERDE, KALSİYUM SABUNU
MUHTELİF METALLER	ASİTLE TEMİZLENMİŞ, SABUN TAŞIYICIYLA KAPLANMIŞ	YAVAŞ	1	VİDA, CIVATA	ALÜMİNYUM STEARATLI SABUN
YÜKSEK KARBONLU ÇELİK	MEKANİK KIRMA	600 m/dk 'DAN AZ	BİRDEN FAZLA	YAY	YAĞ ORANI ORTA, YUMUŞAMA SICAKLIĞI YÜKSEK, KALSİYUM SABUNU
YÜKSEK KARBONLU ÇELİK	ASİTLE TEMİZLENMİŞ, SABUN TAŞIYICIYLA KAPLANMIŞ	MUHTELİF	BİRDEN FAZLA	YAY, ÇELİK HALAT	A. 600 m/dk VEYA DAHA DÜŞÜK HIZLARDA İLK PASO İÇİN: YAĞ ORANI YÜKSEK, YUMUŞAMA SICAKLIĞI ORTA DEĞERLERDE OLAN KALSİYUM SABUNU B. 300 - 1200 m/dk ARASI HIZLARDA MÜTEAKİP KAFALARDA ÇEKMEK İÇİN: YAĞ ORANI YÜKSEK, YUMUŞAMA SICAKLIĞI ORTA VEYA YÜKSEK OLAN SODYUM BAZLI SABUN.

BÖLÜM 6

TEL ÇEKME HADDELERİ

İyi bir tel çekme işleminin sağlam kalıplar (hadde) olmadan yapılması mümkün değildir. Hem tel çekme işleminin gerekliliğince tel çekme kalıplarında aranan başlıca özellikler vardır. Bunlar şu şekildedir;

Tel çekme kalıpları çelikten daha sert ve aşınma dayanımlarının yüksek olması gerekmektedir. Termal iletkenliklerinin iyi olması gerekmektedir. Haddeler bu özelliklerinin yanı sıra sıcaklık etkisiyle birlikte belirli bir yüke dayanma kapasitesi olması gerekmektedir. Tel çekme işleminde kullanılan haddelerin malzemesi genel bilgi olarak elmas olarak geçmektedir piyasada elmas olarak bilinen bu malzeme aslında tungsten karbürdür.

6.1 HADDE İMALAT MALZEMESİ

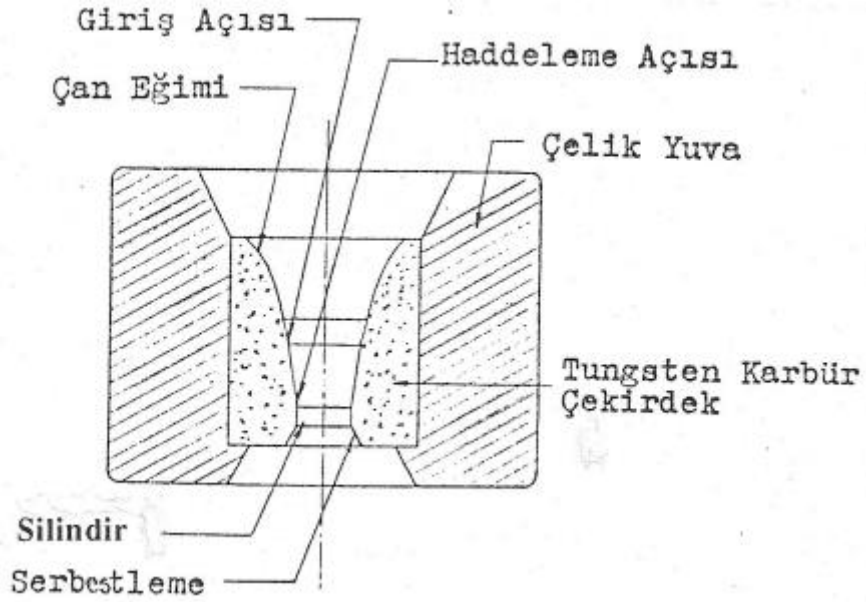
Tungsten karbürün hadde malzemesi olarak seçilmesinin nedeni; sertlik, yoğunluk ve basma mukavemeti gibi özelliklerinin sertleştirilmiş çeliklerden bile daha yüksek aynı zamanda genleşme katsayısının çeliğin yarısı kadar olmasıdır böylelikle tel çekme işlemi sırasında meydana gelen yüksek sıcaklıklarda hadde deforme olmaz. Bunların yanı sıra tufal tozu gibi maddelerin aşındırmasına karşı dayanıklıdır. Tungsten karbür yüzeyin hassas işlenebilirliği uygunluğu da diğer bir tercih nedenidir [13]

6.2 HADDE PROFİLİNİN KISIMLARI

Bir hadde temel olarak 5 kısımdan oluşmaktadır;

- 1-) Çan eğimi
- 2-) Giriş açısı
- 3-) Haddelme açısı
- 4-) Silindir
- 5-) Serbestleme

şeklinde ayrılabilir [13].



Şekil 6.1 Hadde profilinin kısımları [13].

- 1-) Çan Eğimi:** Tel çekme işlemi esnasında haddeye gelen telin doğrusal bir şekilde haddeye girmemesi durumunda telin yönlendirilmesini sağlamaktadır.
- 2-) Giriş Açısı:** Sabunun haddelme açısına doğru aktarılmasını sağlar.
- 3-) Haddelme Açısı:** Haddenin en önemli kısmı olup telde çap düşürme ve sabunun sıkıştırılıp tel yüzeyine sıvanması burada gerçekleşir. Bu kısmın doğruluğu ve yüzey işleme hassasiyeti haddenin verimini belirler. Haddelme açısının doğru seçimi tel çekme verimini yükseltirken, hadde ömrünü de arttırmaktadır.

4-) Silindir: Çekilecek olan nihai tel ölçüsünün bir nevi kontrolüdür. Amaç çekilen telin ölçü doğruluğu, yüzey kalitesi gibi durumlarını garanti almaktır. Tel çekme haddelerinde silindir bölümü çok hassas işlenmiş olması gerekmektedir.

5-) Serbestleme: Haddenin bu bölümünün görevi hadde çıkışını kuvvetlendirip çekirdeğin kırılmasını engellemektir.

Şekil 6.1’de hadde profilini kısımları gösterilmiştir.

6.3 TEL ÇEKME HADDESİNİN SEÇİMİNİN ÖNEMİ

Tel çekme haddeleri çekme prosesinin en önemli yapı taşlarından biridir diyebiliriz. Hadde seçimi yaparken haddenin aşınma dayanımı, silindir boyu, giriş açısı vb. gibi durumlara çok dikkat edilmelidir. Hadde seçimi yaparken çekim yapılan proseste kullanılan tel çekme sabunlarının türü, tanecik boyutu, makinenin hangi hızlarda çalıştığı, tel çıkışında istenilen tel yüzey türü (sabunlu veya temiz), üretilecek nihai ürün, çekme işlemi sonrasında telin kaplama işlemine tabi tutulup tutulmayacağı gibi bir çok konu göz önünde bulundurularak hadde seçimi yapılmalıdır.

BÖLÜM 7

1006 1008 VE 1010 KALİTE FİLMAŞİNİN YAPISINDA BULUNAN ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ETKİSİ

Bir tel çekme prosesinde en önemli etkenlerden birisi de telin imal edilebilmesi için ham madde seçimidir. Üretecek olduğunuz ürüne uygun ham madde seçimi doğru yapılmazsa istenilen kalite ve şartlarda ürün elde edilemez. Ham madde seçiminde çeşit ve seçenek çok olmakla birlikte filmaşinin alınacağı firmaya üreteceğiniz ürün ve sonrasında yapılan işlemlerle beraber istediğiniz sonuçları da iyi anlatmanız gerekmektedir. Çeliklerin ana alaşım elementi C'dur. Fakat çeliklerin içerisinde bulunan diğer alaşım elementleri de çeliklerin özelliklerini etkilemektedir.

7.1. Alaşım Elementleri

7.1.1. Karbon

Karbon çeliklerin en çok etki edeni olup çeliğin mukavemetini artırır [14]. Çelik içerisinde karbon miktarının artışı akma ve çekme mukavemetini olumlu yönde etkilerken yüzde uzama, işlenebilirlik ve kaynak kabiliyetine olumsuz yönde etki etmektedir [15].

7.1.2. Mangan

Mangan çeliğin dayanımını, sertleşebilme ve kaynak kabiliyetini artırır. Manganın en önemli özelliği kükürtle MnS bileşiği yapıp ve FeS bileşiği oluşumunu engeller. FeS ise sıcak kırılma nedeni olur. Tel çekme işleminde Mn'nın %0.50 'den düşük olması daha çok tercih edilir [15].

7.1.3. Silisyum

Silisyum çelikte oksijen giderici olarak kullanılır ve çelikte az miktarda da olsa bulunur. Çelik yapısında silisyum miktarı arttıkça sertlik, akma sınırı, ve çekme dayanımını yükselir. Filmaşınlerde silisyum miktarı azaldıkça tufal yapma oranı artar. Silisyum miktarı fazla olan filmaşınlerin küçük çaplara indirilmesi zorlaşır [15].

7.1.4. Fosfor

Fosfor çeliğin akma ve çekme dayanımını arttırıp, yüzde uzama ve eğme özelliklerini kötüleştirir. Çelikte soğuk kırılmalık yaratır ve talaşlı şekillendirme kabiliyetini arttırır. Fosfor kükürt gibi çelikten uzaklaştırılmak istenen bir elementtir [15].

7.1.5. Kükürt

Kükürt çelikte istenmeyen çelikte gevreklik ve kırılmalık yaratan bir elementtir. Çekme işleminde kopmaya neden olmaktadır. Vida imalatı yapılan tel üretiminde çatlama neden olur [15].

7.1.6. Nikel

Çelikte mukavemet arttırmaya yardımcı olur. Tavlı çeliklerde varlığı darbe dayanımını arttırmaya yardımcı olur [16].

7.1.7. Krom

Çeliklerde paslanmazlık özelliğini arttıran bir elementtir. Özellikle paslanmaz çeliklerin temel alaşım elementidir. Korozyon ve oksidasyon direnci sağlar. Karbür yapıcı özelliğinden dolayı aşınma dayanımını arttırır [16].

7.1.8. Molibden

Çelikte sertleşebilme kabiliyetini artırır. Takım çeliklerinde önemli bir alaşım elementidir. Çeliklerde aşınma direncini yükseltir [16].

7.1.9. Vanadyum

Çeliklerde akma ve çekme dayanımlarını artırır. Sertleşebilme kabiliyetini artırır. Vanadyum tane küçültücü ve karbür yapıcı etkisi olduğundan dolayı mikro alaşımlı çeliklerde niobyum ve titanyumla birlikte bir mikro alaşım elementi olarak kullanılır [15].

7.1.10. Bakır

Akma ve çekme dayanımını artırıp yüzde uzama ve şekillenebilirliği azaltır. Çelikte az miktarda olsa bile atmosferik etkilere dayanım artırır. Soğuk çekilebilirliğe olumsuz etkisinden dolayı filmaşıninde bakır oranının az olması istenir [15].

7.1.11. Azot

Kırılganlık ve eğme özelliklerine olumsuz etkide bulunur. İstenmeyen bir elementtir [13].

Çeliklerin her birinde istenilen özellikler ve malzemenin türüne göre farklı miktarlarda alaşım elementleri kullanılabilir. Kullanılan her bir alaşım elementi ve malzemenin içerisinde bulunan miktar imalat esnasında pozitif veya negative yönde etki yaratmaktadır. Filmaşınlerde ise kullanılan alaşım elementleri soğuk çekme işlemine olumlu yönde etki etmesi için soğuk çekme işlemine göre miktarlarda ilave edilip imalatı gerçekleştirilmektedir.

BÖLÜM 8

TEST YÖNTEMLERİ

Deneysel çalışmalar yapılırken Pir-İnci İmalat Sanayi A.Ş ve Karabük Üniversitesi Demir Çelik Enstitüsü cihazlarından yararlanılarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Tüm çalışmaları gerçekleştirebilmek için öncelikli olarak fabrikamızda bulunan 5 kafalı kuru tel çekme makinesinden yararlanılarak farklı kalitede, aynı çaplarda ve farklı hızlarda teller çekilmiştir. Tel çekme makinesinde 3.80 mm teller 5 bloğun son bloğu sulu hazne olmak üzere 4'ü kullanılmış olup tel imalatı gerçekleştirilmiştir. Tel kaliteleri ve çekme hızları Çizelge 8.1' de verilmiştir.

Çizelge 8.1. 1006,1008 ve 1010 kalite tellerin çekim hızları

KALİTE	TEL ÇAPI	ÇEKME HIZI	MAKİNE KAFA SAYISI	KULLANILAN KAFA SAYISI
1006	3.80 MM	2.5 m/sn	5	4
1008	3.80 MM	2.5 m/sn	5	4
1010	3.80 MM	2.5 m/sn	5	4

Çıkış blok hariç tüm bloklarda kuru tel çekme sabunu kullanılmış olan çekme işleminde çıkış blok öncesi tel emülsiyondan geçirilerek imalatı gerçekleştirilmiştir. Çizelge 8.1'de farklı kalite tel çekimlerinin çekim hızları, toplam makine kafa sayısı ve bunun yanı sıra çekim işlemi esnasında kullanılan kafa sayıları verilmiştir.



Şekil 8.1. 5 kafa tel çekme makinesi boydan görüntü.

Şekil 8.1’de görünen tüm numunelerin soğuk çekme işlemlerinin gerçekleştirildiği makine olan 5 kafalı bir kuru tel çekme makinesi.

8.1. SPEKTRAL ANALİZ

Tedarikçi firmadan gelen çekilecek olan filmaşınların kimyasal kompozisyonlarının belirlenmesi için GNR Atlantis Optik Emisyon Spektrometre cihazı kullanılmıştır.



Şekil 8.2. Optik emisyon spektrometre cihazı.

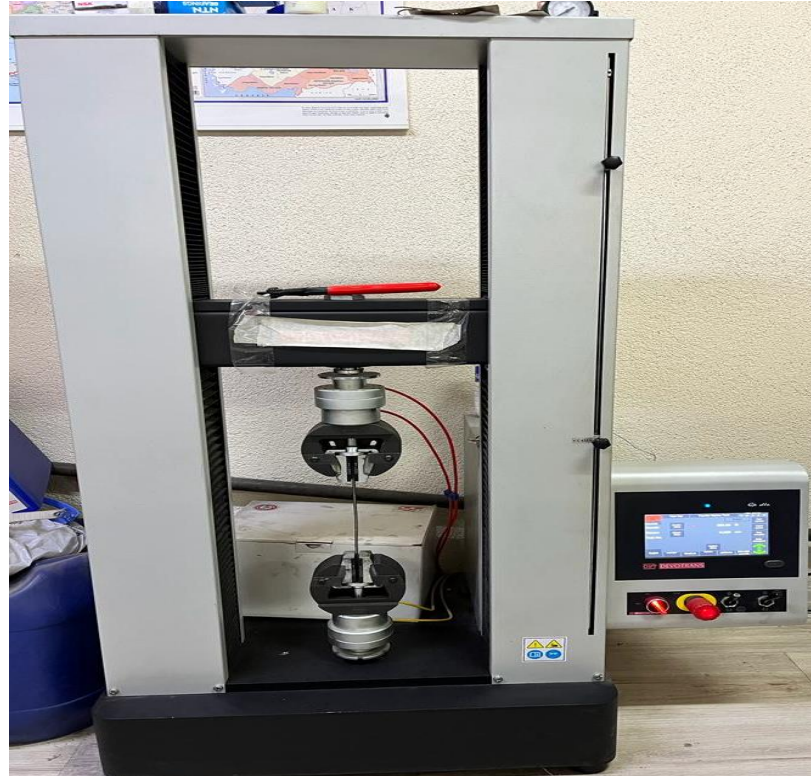
120-800 nm arasında geniş dalga boyuna sahip bu cihazla 20 kg'a kadar farklı şekil ve boyutlarda çelik ve demir esaslı numunelerin spektral analizlerini yapabilmek için kullanılmaktadır. Şekil 8.2'de kullanılmış olan optik emisyon spektrometre cihazı yer almaktadır. Firmamızda kullanılan ve tedarikçi firmadan gelen 1006, 1008 ve 1010 kalite filmaşınlerden alınan numuneler GNR Atlantis Optik Emisyon Spektrometre cihazı ile spectral analiz tabi tutulmuş olup elde edilen değerler çizelge 8.2'de verilmiştir.

Çizelge 8.2. 1006, 1008 ve 1010 kalite filmaşinlerin kimyasal bileşimi.

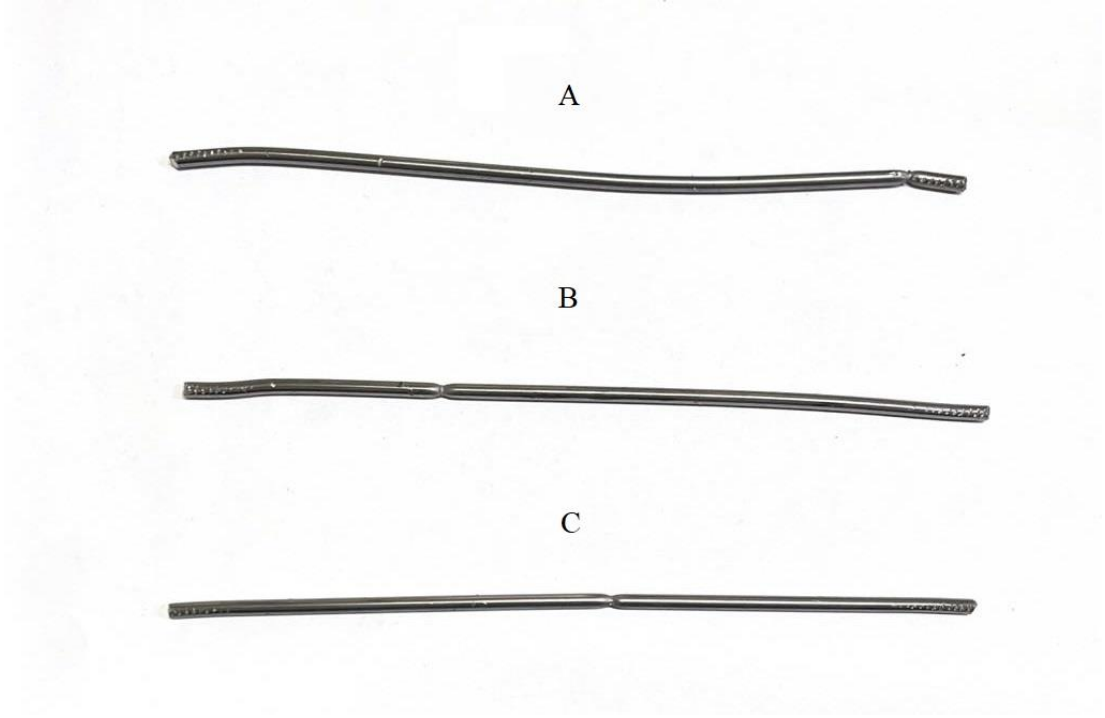
KALİTE	% C	% Mn	% Si	% P	% S	% Ni	% Cr	% Mo	% V	% Cu	% N
1006	0.06	0.42	0.12	0.010	0.008	0.10	0.10	0.02	0.002	0.28	0.0102
1008	0.07	0.43	0.12	0.009	0.004	0.10	0.10	0.02	0.002	0.28	0.0100
1010	0.13	0.59	0.12	0.018	0.003	0.11	0.12	0.02	0.002	0.36	0.0095

8.2. ÇEKME TESTİ

Çekme testleri TS EN ISO 6892-1 e göre kalibrasyonu yapılmış cihazda yapılmaktadır. Farklı kalitelerde ve aynı hızlarda çekilmiş olan 3.80 mm teller Devotrans marka 30 kN'luk bir çekme cihazı ile 1 mm/dk hız ile çekme testlerine tabi tutulmuştur. Yapılan çekme testlerinde her bir kaliteden tel için 5 numune alınıp çekme testine tabi tutulmuştur. Her bir numune boyu 200 mm olarak belirlenmiştir. Şekil 8.3'te çekme testlerinin yapıldı çekme testi cihazı görseli yer almaktadır.

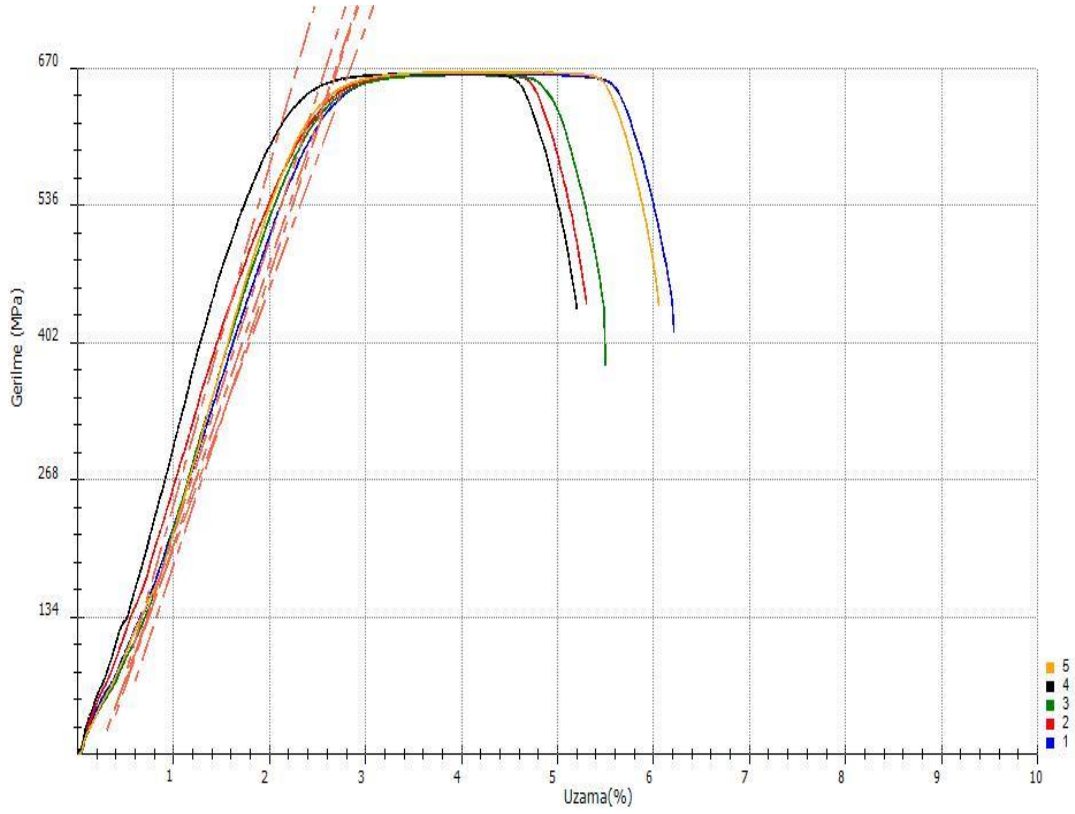


Şekil 8.3. Çekme testi yapılan test cihazı.



Şekil 8.4. Çekme testi yapılan numunelerin çekme işlemi sonrası kırık numune görüntüsü.

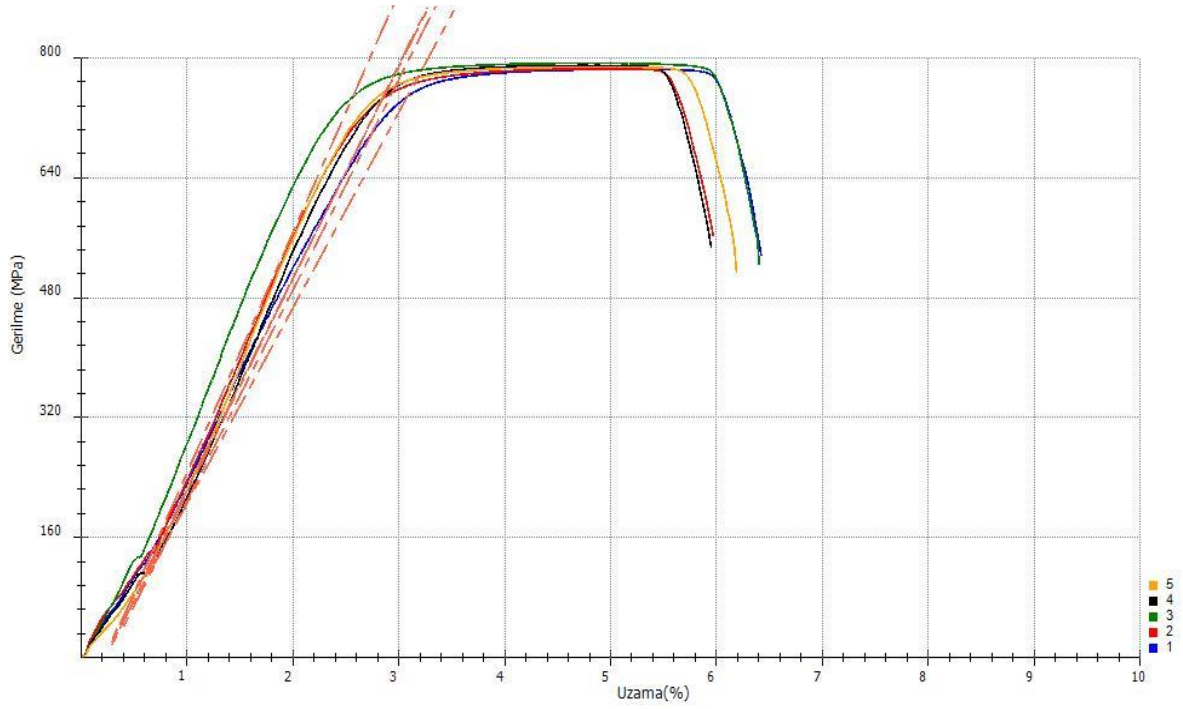
Şekil 8.4'te görünen çekme testi kırık yüzey görüntülerinde A ile ifade edilen 1010 kalite B ile ifade edilen 1008 kalite ve C ile ifade edilen tel 1006 kalitedir. Çekme testi yapıldıktan sonra çekme numunelerine bakıldığında en yumuşak olan numunemizin orta noktaya yakın bir bölgeden nispeten daha sert olan numunelerimizin ise numunun en zayıf olduğu bölgeden koptuğu görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.5'te 1006 kalite 3.80 mm telin çekme testi grafiği, şekil 8.6'da 1006 kalite telin çekme testi sonuçları, şekil 8.7'de 1008 kalite telin çekme testi grafiği, şekil 8.8'de 1008 kalite telin çekme testi sonuçları, şekil 8.9'da 1010 kalite telin çekme testi grafiği ve şekil 8.10'da 1010 kalite telin çekme testi sonuçları verilmiştir. Çekme testi grafik ve sonuçlarından da kalitelere göre akma dayanımı, çekme dayanımı, % uzama, kopma dayanımı verileri şekil 8.11'de verilen 1006,1008 ve 1010 kalite tellerin çekme testlerinin sonuçlarının ortalama değerlerinin bulunduğu tek bir tabloda toplanarak veriler elde edilmiştir.



Şekil 8.5. 1006 kalite 3.80 mm tel çekme testi grafiği.

Numune No	Çap D0 (mm)	Kesit alanı S0 (mm ²)	Max. Kuvvet	Fmax uzama	Fmax uzama	Max gerilme	Akma gerilmesi	Elastik modülü	Kopma kuvveti	Kopma uzaması	Kopma uzaması	Kopma gerilmesi
			Fmax (N)	Δlmax (mm)	εmax (%)	σ _B (N/mm ²)	σ _s (N/mm ²)	E (N/mm ²)	F _k (N)	Δl _k (mm)	ε _k (%)	δ _k (N/mm ²)
1	3.8	11.341	7545.587	8.189	4.094	665.337	639.947	25461.584	5011.173	12.388	6.194	441.863
2	3.8	11.341	7533.091	8.101	4.051	664.235	610.333	28828.964	5128.671	10.566	5.283	452.224
3	3.8	11.341	7526.964	8.093	4.046	663.695	628.697	28370.308	4961.168	10.964	5.482	437.454
4	3.8	11.341	7539.853	7.375	3.688	664.831	612.894	33157.226	5080.317	10.365	5.182	447.96
5	3.8	11.341	7559.03	8.48	4.24	666.522	639.198	27537.847	5221.629	12.06	6.03	460.421
Ort.(x)	3.8	11.34	7540.91	8.05	4.02	664.92	626.21	28671.19	5080.59	11.27	5.63	447.98

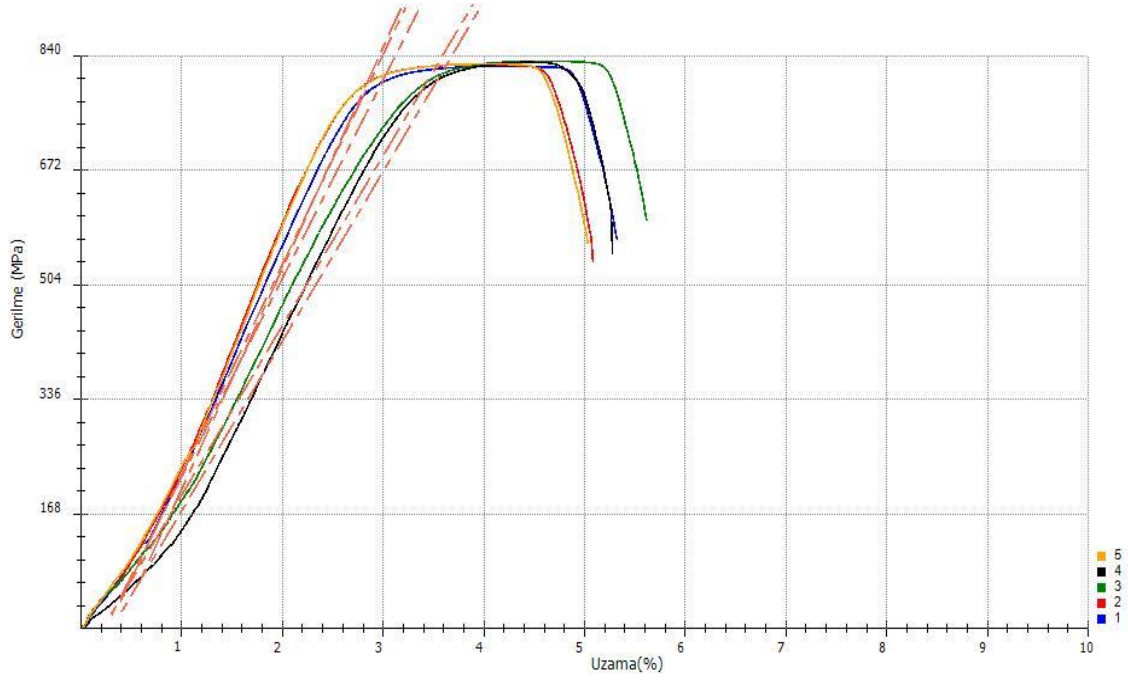
Şekil 8.6. 1006 kalite telin çekme testi sonuçları.



Şekil 8.7. 1008 kalite 3.80 mm telin çekme testi grafiği.

Numune No	Çap	Kesit alanı	Max. Kuvvet	Fmax uzama	Fmax uzama	Max gerilme	Akma gerilmesi	Elastik modülü	Kopma kuvveti	Kopma uzaması	Kopma uzaması	Kopma gerilmesi
	D0 (mm)	S0 (mm ²)	Fmax (N)	Δlmax (mm)	εmax (%)	σ _{ZB} (N/mm ²)	σ _s (N/mm ²)	E (N/mm ²)	F _k (N)	Δl _k (mm)	ε _k (%)	δ _k (N/mm ²)
1	3.8	11.341	8901.766	10.369	5.184	784.919	749.006	26100.616	6295.923	12.802	6.401	555.147
2	3.8	11.341	8909.588	10.061	5.03	785.609	745.679	28201.73	6170.163	11.954	5.977	544.058
3	3.8	11.341	8992.464	9.627	4.814	792.916	747.83	32023.585	6330.872	12.772	6.386	558.229
4	3.8	11.341	8958.614	9.536	4.768	789.932	760.77	28099.84	5333.846	11.929	5.964	470.315
5	3.8	11.341	8937.112	9.743	4.872	788.036	755.94	28570.257	6189.692	12.342	6.171	545.78
Ort.(x)	3.8	11.34	8939.91	9.87	4.93	788.28	751.84	28599.21	6064.1	12.36	6.18	534.71

Şekil 8.8. 1008 kalite telin çekme testi sonuçları.



Şekil 8.9. 1010 kalite 3.80 mm telin çekme testi grafiği.

Numune No	Çap	Kesit alanı	Max. Kuvvet	Fmax uzama	Fmax uzama	Max gerilme	Akma gerilmesi	Elastik modülü	Kopma kuvveti	Kopma uzaması	Kopma uzaması	Kopma gerilmesi
	D0 (mm)	S0 (mm ²)	Fmax (N)	Δlmax (mm)	εmax (%)	σ _B (N/mm ²)	σ _s (N/mm ²)	E (N/mm ²)	F _k (N)	Δl _k (mm)	ε _k (%)	δ _k (N/mm ²)
1	3.8	11.341	9354.234	8.645	4.322	824.816	800.932	29121.986	6649.844	10.601	5.3	586.354
2	3.8	11.341	9381.728	7.937	3.968	827.24	800.027	32434.212	6505.197	10.131	5.066	573.6
3	3.8	11.341	9442.428	9.238	4.619	832.592	802.789	24925.587	6537.526	11.268	5.634	578.214
4	3.8	11.341	9429.624	8.908	4.454	831.463	805.453	24898.241	7037.509	10.519	5.26	620.537
5	3.8	11.341	9394.584	8.071	4.036	828.374	802.081	30803.415	6578.839	10.031	5.016	580.095
Ort.(x)	3.8	11.34	9400.52	8.56	4.28	828.9	802.26	28436.69	6665.79	10.51	5.26	587.76

Şekil 8.10. 1010 kalite telin çekme testi sonuçları.

Numune Kalitesi	Çap D0 (mm)	Max. Kuvvet Fmax (N)	Fmax uzama Δl_{max} (mm)	Fmax uzama ϵ_{max} (%)	Max gerilme σ_B (N/mm ²)	Akma gerilmesi σ_s (N/mm ²)	Elastik modülü E (N/mm ²)	Kopma kuvveti F _k (N)	Kopma uzaması Δl_k (mm)	Kopma uzaması ϵ_k (%)	Kopma gerilmesi δ_k (N/mm ²)
1006	3.8	7540.91	8.05	4.02	664.92	626.21	28671.19	5080.59	11.27	5.63	447.98
1008	3.8	8939.91	9.87	4.93	788.28	751.84	28599.21	6064.1	12.36	6.18	534.71
1010	3.8	9400.52	8.56	4.28	828.9	802.26	28436.69	6665.79	10.51	5.26	587.76

Şekil 8.11. 1006,1008 ve 1010 kalite tellerin çekme testi sonuçları.

8.3 SERTLİK TESTİ

Sertlik testi öncesi referans blok üzerinde cihazın doğruluğu control edilip ölçümler yapılmıştır. Sertlik testi Devotrans marka Model HR- 150A Rockwell sertlik ölçüm cihazıyla yapılmıştır. Yapılan testlerde her bir kalite telden birer adet numuneler alınmış ve her numuneye 3 farklı bölgeden ISO 6508'e göre kalibrasyonu olan cihazda sertlik ölçümü yapılmıştır. Şekil 8.12'de sertlik testi yapılan cihazın görüntüsü yer almaktadır. Yapılan deney sonuçlarında elde edilen veriler ise çizelge 8.3'te her bir tel kalitesine ait tüm ölçümlerin sertlik değerleri tablo halinde verilmiştir.



Şekil 8.12. Rockwell sertlik ölçüm cihazı.

Çizelge 8.3. 1006, 1008 ve 1010 kalite tellerin sertlik ölçüm sonuçları.

Numune Kalitesi	1. Ölçüm HRC	2. Ölçüm HRC	3. Ölçüm HRC	Ortalama HRC
1006	3	4	5	4
1008	7	8	7	7,3
1010	9	10	12	10,3

8.4. KOROZYON TESTİ

Korozyon testimiz için toplamda 9 adet 3'er cm'lik numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler her bir kalite tel için 3'er adet olarak belirlenmiştir. Numunelerin bekletileceği 9 adet numune kapları içerisine ise %5'lik NaCl çözeltisi hazırlanmıştır. Her bir kalite için hazırlanan 1. numune kapları içerisine daldırılan teller 5 gün, 2. numune kapları içerisine daldırılan teller 10 gün ve 3. numune kapları içerisine daldırılan teller 15 gün bekletilmiştir. Bekletilen tellerin önce daldırma işlemi yapmadan sonra 5, 10 ve 15 günün sonunda gramajları alınmıştır. Deney sonucunda her bir kalite tel için bekleme sürelerine göre ağırlık kayıpları not edilmiş ve çizelge haline getirilmiştir.



Şekil 8.13. Korozyon testinde kullanılan hassas terazi.

Korozyon testi esnasında Necklife marka 0.01 hassasiyete sahip hassas terazi kullanılmıştır. Şekil 8.13'te ölçüm işlemlerinde kullanılan terazi görseli bulunmaktadır.



Şekil 8.14. Korozyon testi esnasında korozyon test numuneleri.

3 ayrı gruba ayrılan numuneler 5-10 ve 15 gün olmak üzere farklı sürelerde %5 NaCl çözeltisi içerisinde bekletilmiştir. Çözeltide bekletilen teller 5 gün sonunda 1. grup, 10 gün sonunda 2. grup ve 15 gün sonunda 3. grup olmak üzere tel kalitelerine göre gramaj tartımları alınmıştır. Tellerin yüzey kaliteleri, tel çekimi esnasında meydana gelen deformasyonlar vb. gibi etkiler tellerin korozyona uğrama kabiliyetine etki etmiştir. Şekil 8.14'te hazırlanan korozyon numune görselleri belirtilmiştir.

Çizelge 8.4. Korozyon numulerinin tartım sonuçları.

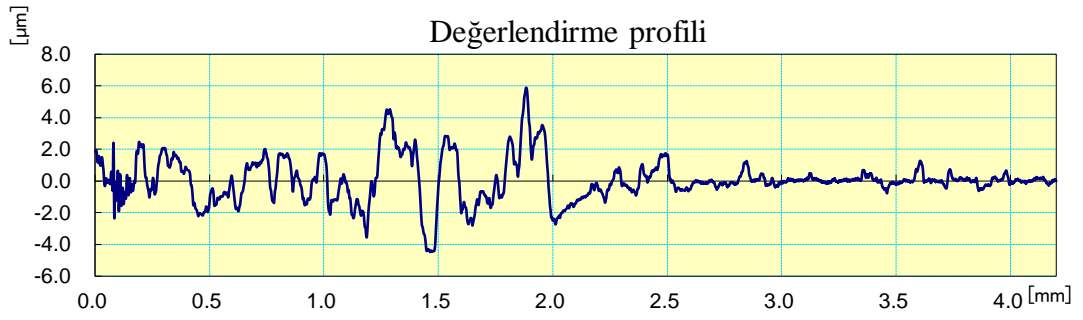
KALİTE	BAŞLANGIÇ NUMUNE	5. GÜN	BAŞLANGIÇ NUMUNE	10. GÜN	BAŞLANGIÇ NUMUNE	15. GÜN
1006	2.91 gr	2.90 gr	2.99 gr	2.99 gr	3.02 gr	3.01 gr
1008	3.05 gr	3.03 gr	3.12 gr	3.11 gr	3.18 gr	3.17 gr
1010	2.93 gr	2.91 gr	3.05 gr	3.04 gr	3.04 gr	3.02 gr

Yapılan korozyon testi ve numune tartımları sonucunda farklı kalitelerden tellerin gramajları ölçülmüştür. Tellerin yüzey yapılarına göre ve numune olarak kesilen parçaların bölgesel olarak tel yüzey değişkenliklerine göre numunelerin farklı gramaj

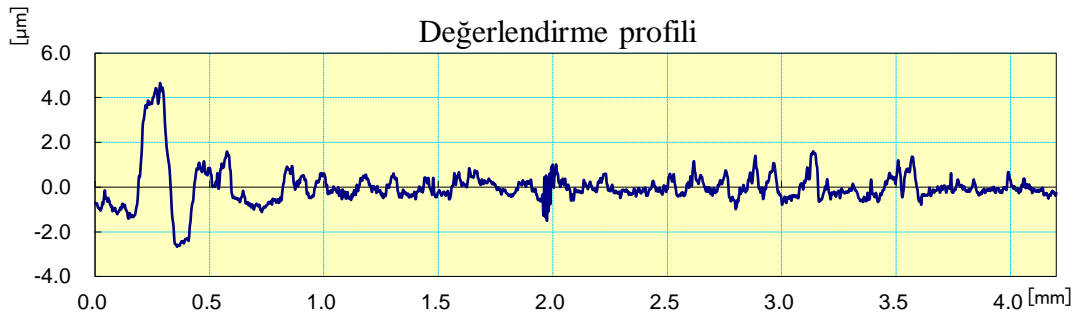
kayıpları tespit edilmiştir. Şekil 8.4'te bulunan çizelgede ölçüm sonuçları görülmektedir.

8.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ TESTİ

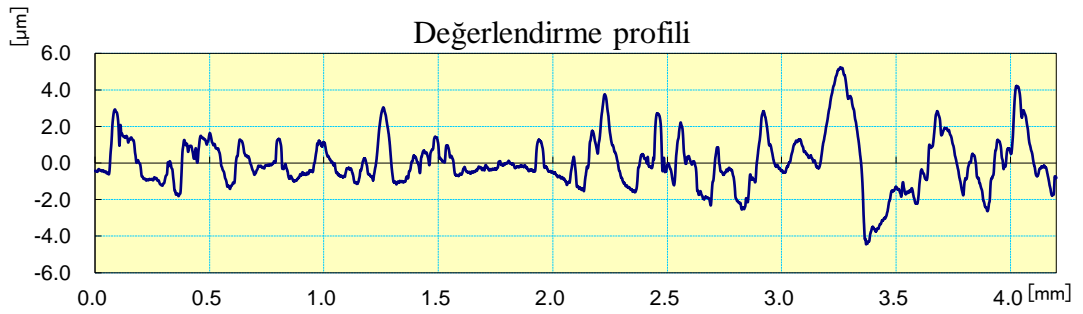
Yüzey pürüzlülüğü testi Mitutoyo marka SJ-410 serisi yüzey pürüzlülük test cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Bu cihazla cihazın dedektör kısmına takılan bir kalemlerle çalışılacak olan numunenin yüzeyindeki düzensizliklerin tespiti gerçekleştirilmiştir. Yapılan pürüzlülük testinde her bir kalite için (1006,1008 ve 1010) 3'er adet test yapılmış olup toplamda 9 ölçüm alınmıştır. Alınan ölçüm sonucunda elde edilen ham numunelerin grafikleri şekil 8.15'te 1006 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 1. ölçüm sonucu, şekil 8.16'da 1006 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 2. ölçüm sonucu, şekil 8.17'de 1006 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 3. ölçüm sonucu, şekil 8.18'de 1008 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 1. ölçüm sonucu, şekil 8.19'da 1008 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 2. ölçüm sonucu, şekil 8.20'de 1008 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 3. ölçüm sonucu, şekil 8.21'de 1010 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 1. ölçüm sonucu, şekil 8.22'de 1010 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 2. ölçüm sonucu ve şekil 8.23'de 1010 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 3. ölçüm sonucu şeklinde grafikler halinde verilmiştir.



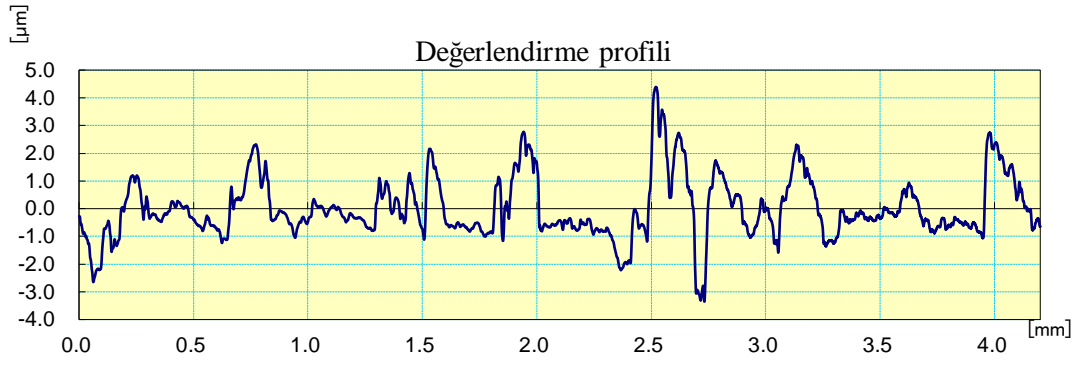
Şekil 8.15. 1006 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 1. ölçüm sonucu.



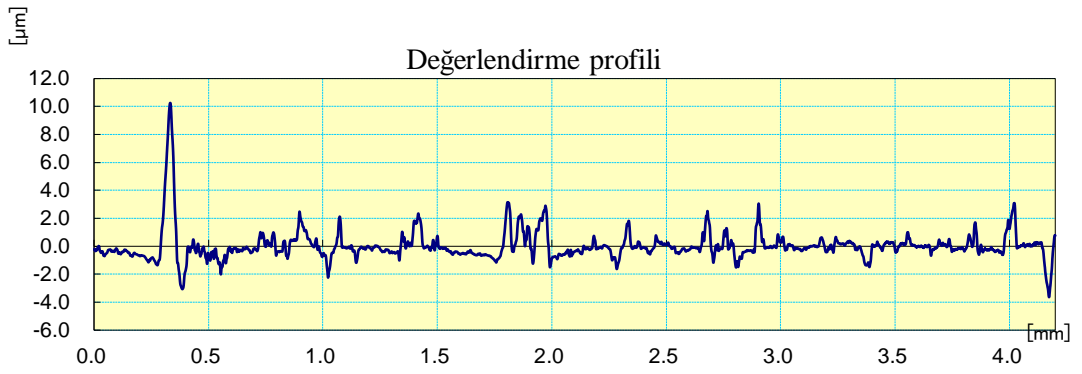
Şekil 8.16. 1006 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 2. ölçüm sonucu.



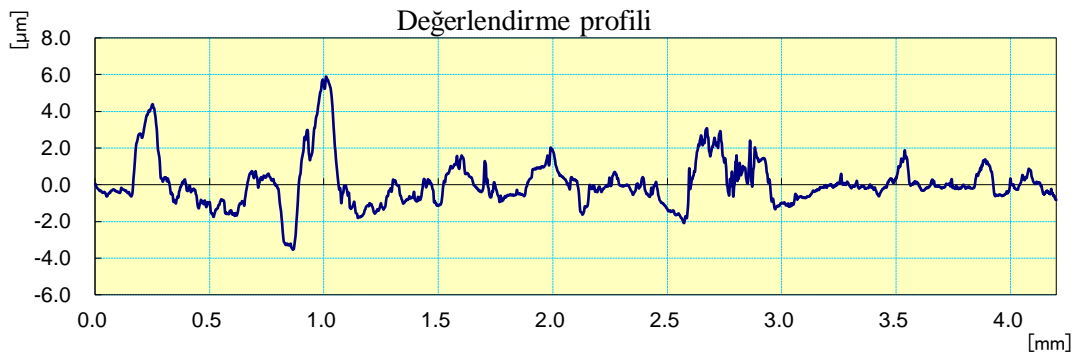
Şekil 8.17. 1006 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 3. ölçüm sonucu.



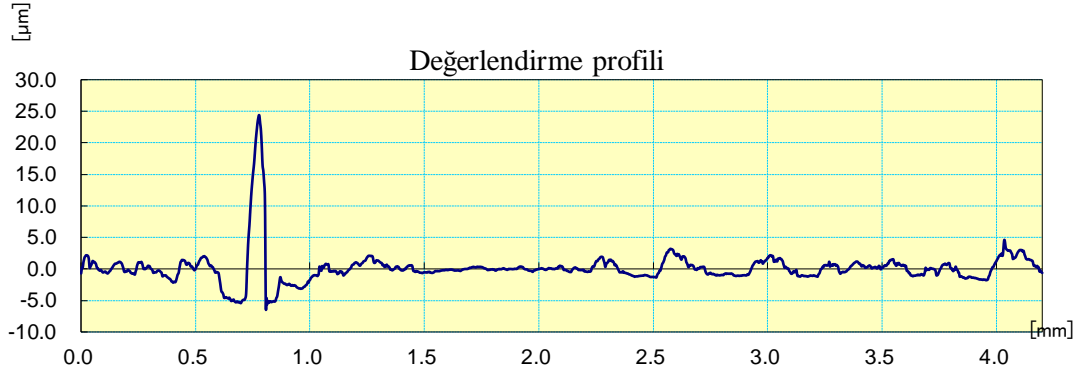
Şekil 8.18. 1008 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 1. ölçüm sonucu.



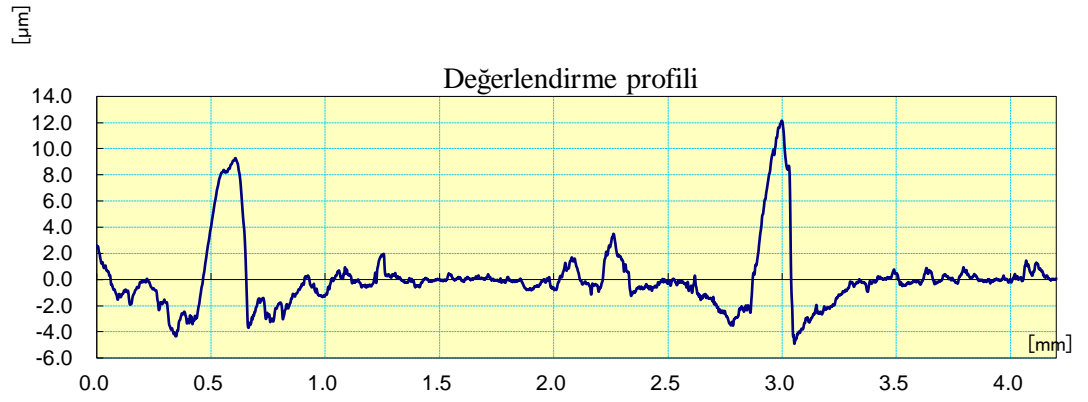
Şekil 8.19. 1008 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 2. ölçüm sonucu.



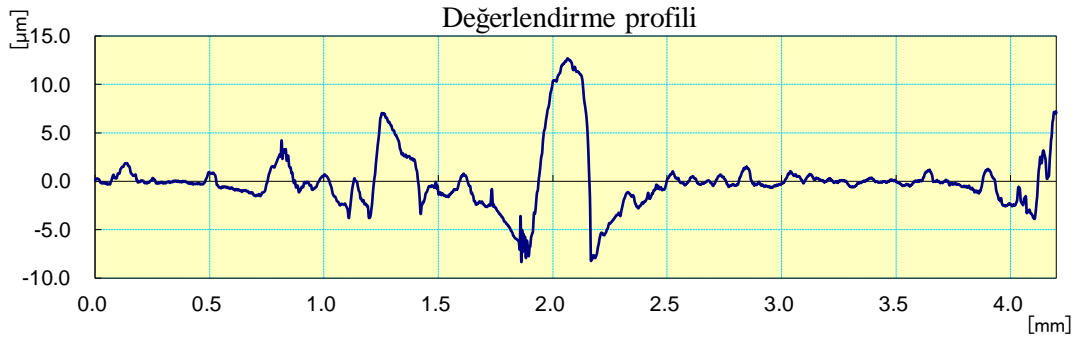
Şekil 8.20. 1008 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 3. ölçüm sonucu.



Şekil 8.21. 1010 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 1. ölçüm sonucu.



Şekil 8.22. 1010 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 2. ölçüm sonucu.



Şekil 8.23. 1010 kalite ham numune yüzey pürüzlülüğü 3. ölçüm sonucu.

Çizelge 8.5. Yüzey pürüzlülüğü değerleri.

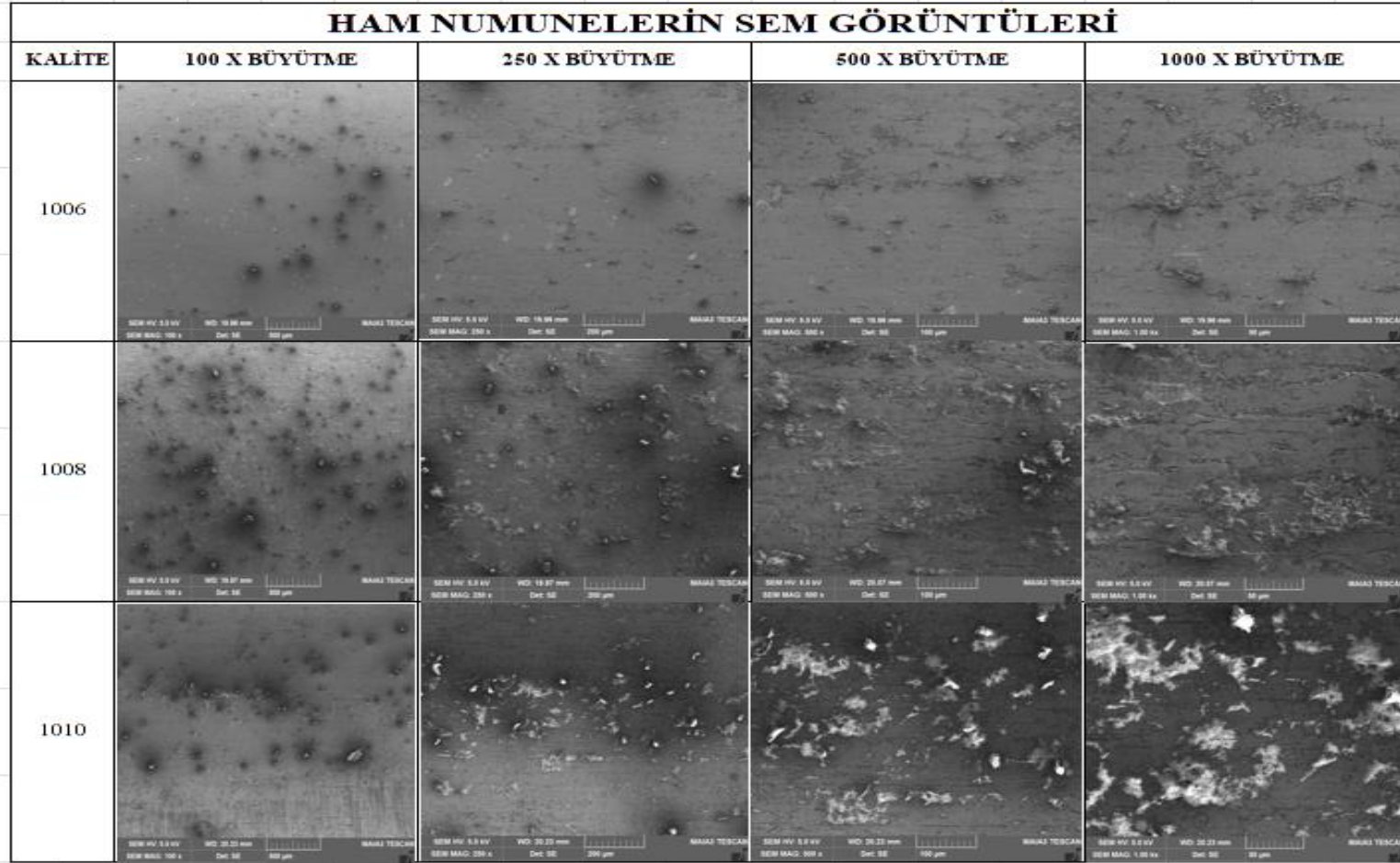
	KALİTELER	Ra (ORTALAMA PÜRÜZLÜLÜK DEĞERİ) µm	Rq (ORTALAMA PÜRÜZLÜLÜK KARELERİNİN KAREKÖKÜ) µm	Rz (ON NOKTA PÜRÜZLÜLÜĞÜ ORTALAMASI) µm
1. Ölçüm	1006	0,922	1,369	10,358
2. Ölçüm	1006	0,504	0,842	7,337
3. Ölçüm	1006	1,064	1,461	9,662
1. Ölçüm	1008	0,829	1,104	7,746
2. Ölçüm	1008	0,606	1,120	13,89
3. Ölçüm	1008	0,861	1,296	9,442
1. Ölçüm	1010	1,286	2,759	30,883
2. Ölçüm	1010	1,411	2,543	17,054
3. Ölçüm	1010	1,779	3,088	21,018

Çizelge 8.5'te 1006,1008 ve 1010 kalite her bir ham numunenin yüzey pürüzlülüğü testi sonucunda elde edilmiş olan Ra, Rq ve Rz değerleri yer almaktadır. Ham numunelere yapılan her testin değerleri 1-2 ve 3. ölçüm olarak belirtilmiştir.

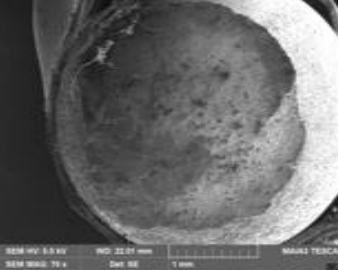
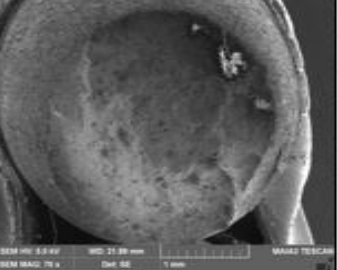
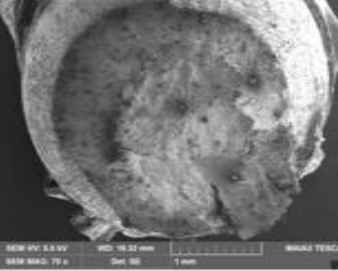
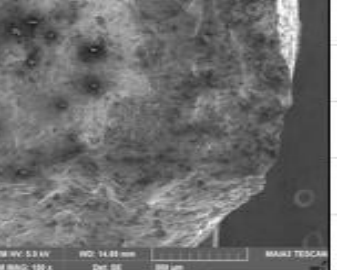
8.6. SEM GÖRÜNTÜLERİ

Sem görüntüleri Tescan MAIA 3 marka ve modeli mikroskopla çekilmiştir. Görüntülerin çekimi için 18 adet numune hazırlanmıştır. Numune içerikleri ise 1006,1008 ve 1010 kalite tellerden toplamda 3 adet her biri için 1'er adet ham tellerin görüntüleri, korozyon testine tabi tutulan 1006,1008 ve 1010 kalite tellerin her birinden 3'er adet toplam 9 adet (5 gün, 10 gün ve 15 gün NaCl çözeltisinde

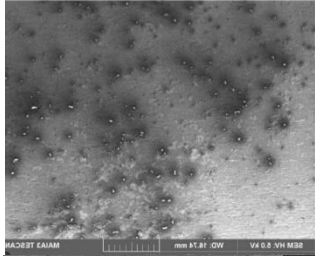
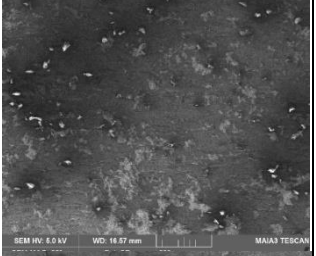
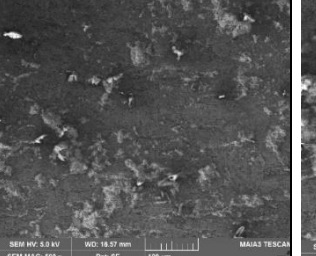
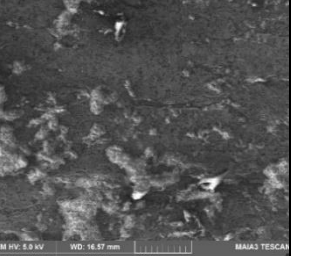
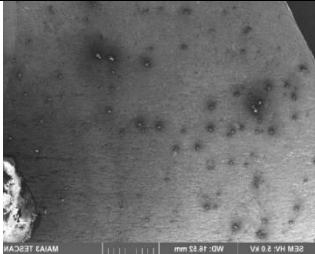
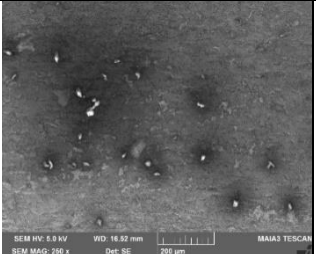
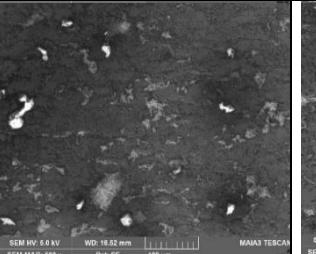
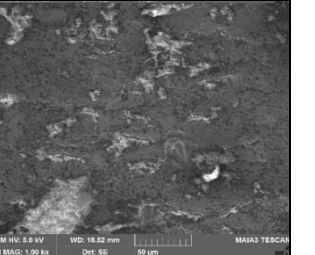
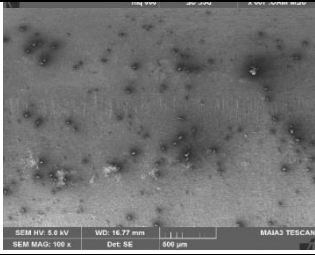



bekletilen numuneler) ve bunların yanı sıra çekme testi numunelerinden her bir kaliteye ait olan 1'er numune (1 çekme test numunesi 2 parça) toplamda 6 adet çekme testi numunesi olarak belirlenmiştir. Çekilen sem görüntülerinin sonuçları ise şekil 8.24'te 1006,1008 ve 1010 kalite ham numunelerin, şekil 8.25'te çekme numuneleri kopma yüzeyi sem görüntüleri ve şekil 8.26'da korozyon numuneleri sem görüntüleri şeklinde verilmiştir.

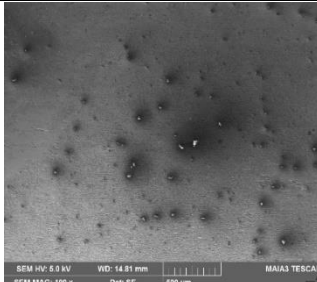
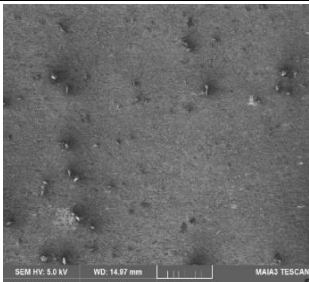
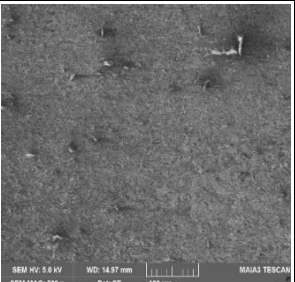
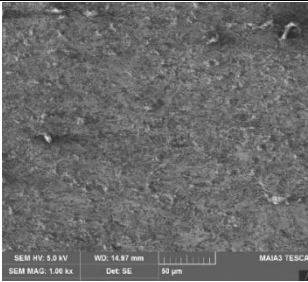
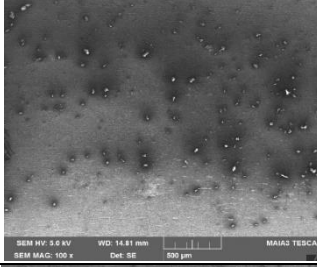
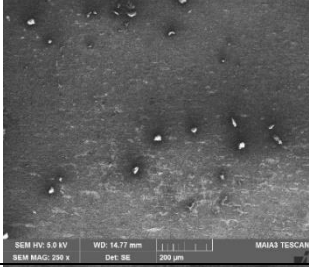
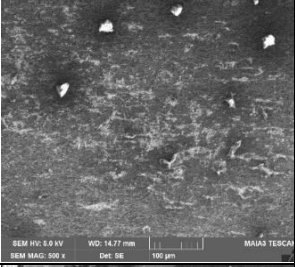
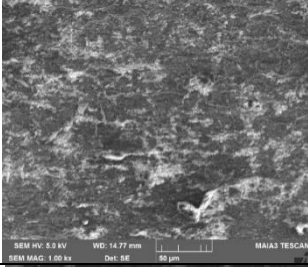
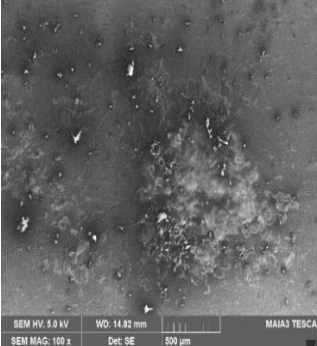
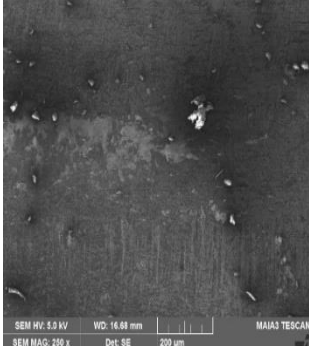
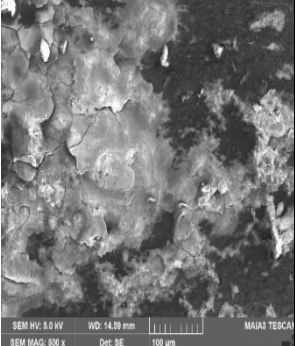
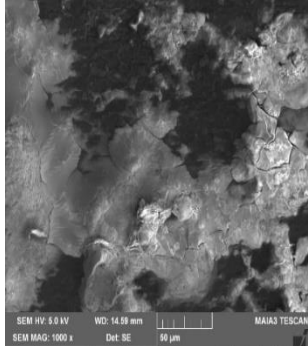


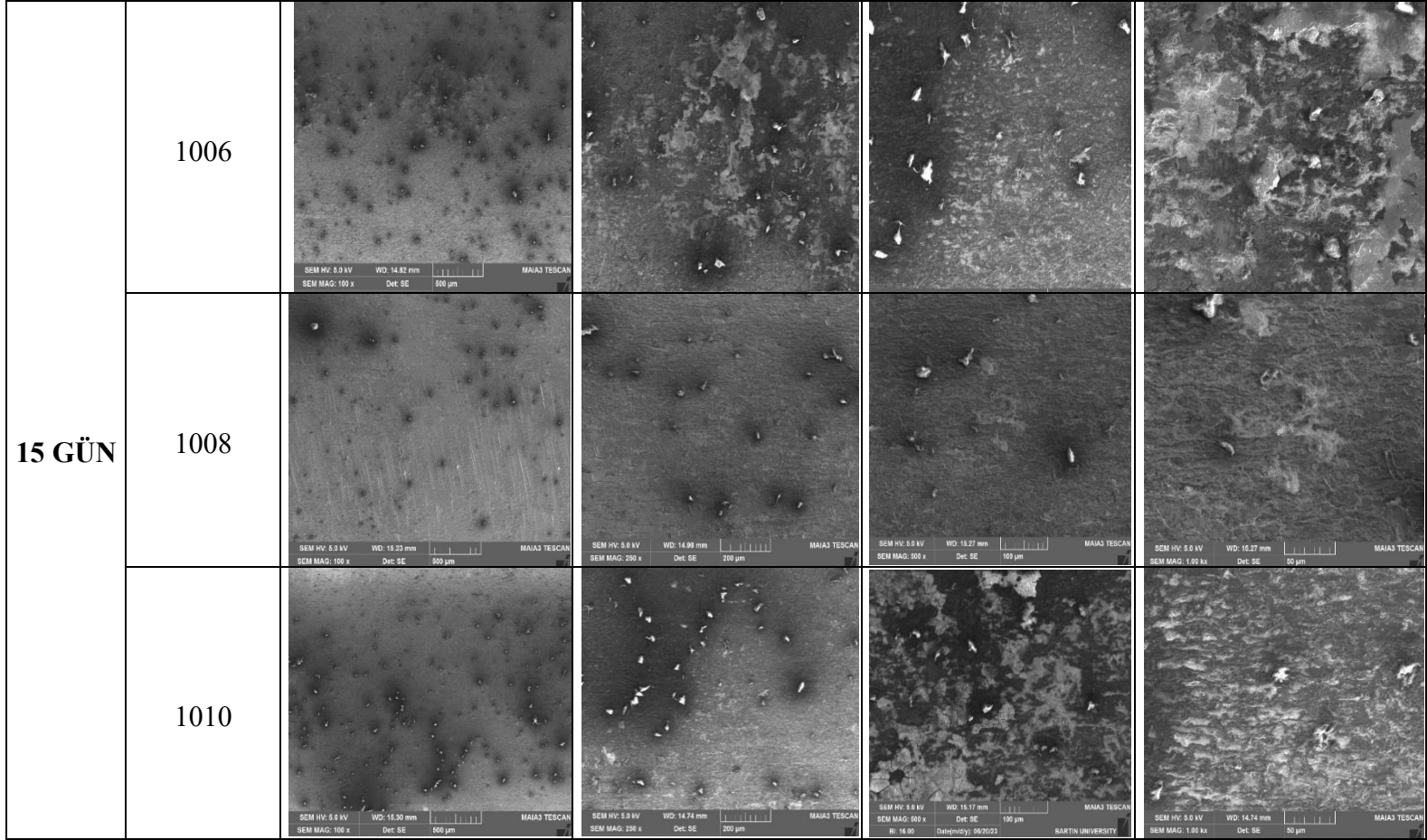
Şekil 8.24. 1006,1008 ve 1010 kalite ham numunelerin sem görüntüleri.

ÇEKME NUMUNELERİ KOPMA YÜZEYİ SEM GÖRÜNTÜSÜ				
KALİTE	70 X BÜYÜTME 1. AÇI	150 X BÜYÜTME 1. AÇI	70 X BÜYÜTME 2. AÇI	150 X BÜYÜTME 2. AÇI
1006				
1008				
1010				

Şekil 8.25. Çekme numuneleri kopma yüzeyi sem görüntüleri.

KOROZYON NUMUNELERİ SEM GÖRÜNTÜLERİ					
SÜRE	KALİTE	100 X BÜYÜTME	250 X BÜYÜTME	500 X BÜYÜTME	1000 X BÜYÜTME
5 GÜN	1006				
	1008				
	1010				

10 GÜN	1006	 SEM HV: 5.0 kV WD: 14.81 mm MAIA3 TESCAN SEM MAG: 100 x Det: SE 500 µm	 SEM HV: 5.0 kV WD: 14.97 mm MAIA3 TESCAN SEM MAG: 100 x Det: SE 500 µm	 SEM HV: 5.0 kV WD: 14.97 mm MAIA3 TESCAN SEM MAG: 100 x Det: SE 100 µm	 SEM HV: 5.0 kV WD: 14.97 mm MAIA3 TESCAN SEM MAG: 1.00 kx Det: SE 50 µm
	1008	 SEM HV: 5.0 kV WD: 14.81 mm MAIA3 TESCAN SEM MAG: 100 x Det: SE 500 µm	 SEM HV: 5.0 kV WD: 14.77 mm MAIA3 TESCAN SEM MAG: 250 x Det: SE 200 µm	 SEM HV: 5.0 kV WD: 14.77 mm MAIA3 TESCAN SEM MAG: 500 x Det: SE 100 µm	 SEM HV: 5.0 kV WD: 14.77 mm MAIA3 TESCAN SEM MAG: 1.00 kx Det: SE 50 µm
	1010	 SEM HV: 5.0 kV WD: 14.82 mm MAIA3 TESCAN SEM MAG: 100 x Det: SE 500 µm	 SEM HV: 5.0 kV WD: 14.68 mm MAIA3 TESCAN SEM MAG: 200 x Det: SE 200 µm	 SEM HV: 5.0 kV WD: 14.59 mm MAIA3 TESCAN SEM MAG: 500 x Det: SE 100 µm	 SEM HV: 5.0 kV WD: 14.59 mm MAIA3 TESCAN SEM MAG: 1000 x Det: SE 50 µm



Şekil 8.26. Korozyon numuneleri sem görüntüleri.

BÖLÜM 9

SONUÇLAR

Yapılan çalışmalarda tedarikçi firmadan alınan 1006, 1008 ve 1010 kalite filmaşınların soğuk çekme metoduyla üretimi sonucunda 3.80 mm tellerin aynı hızlarda tel çekme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tel çekme işlemi yapılmadan önce filmaşınların istenilen kalitede olup olmadığının kontrolü için spektral analizleri yapıldı. İstenilen malzemelerin kalitelerinin uyumlu olduğu kimyasal kompozisyonun kontrolü ile anlaşılmıştır.

Üretilen tellerin mekanik özellikleri incelenmek üzere öncelikle kalibrasyonu yapılmış çekme cihazında TS EN ISO 6892-1 standartına uygun olarak çekme testleri yapılmıştır.

Yapılan testler sonucunda elde edilen değerler beklenildiği üzere kimyasal kompozisyona uygun olarak çıkmıştır. Burada karbon oranı daha yüksek olan 1010 kalite çeliklerde hem çekme hem de akma değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Yapılan çekme testi sonuçlarında ortalama değerler alındığında en düşük çekme dayanımı ortalaması 665 MPa 1006 kalite tel olarak ölçülürken en yüksek ise 828 MPa 1010 kalite tel için ölçülmüş olup 1008 kalite tel için ise 788 MPa olarak tespit edilmiştir. Akma dayanımlarında ise 1006 kalite tel için 626 MPa değer ölçülürken 1010 kalite tel için ise en yüksek değer olarak 802 MPa ve 1008 kalite tel için ise 751 MPa olarak değerler ölçülmüştür.

Aynı tel çekme hızlarında çekilen tellerin sertlik deneyi için ise rockwell sertlik cihazı kullanılarak önce kalibrasyon bloğu ile cihazın ölçüm sonuçları kontrol edilmiş olup sonrasında TS EN ISO 6508-1'e göre sertlikleri ölçülmüştür. Yüzey sertlikleri incelendiğinde ise her bir numunenin yüzeyine yapılan 3 adet sertlik ölçüm ortalamalarına bakıldığında en düşük ortalama yüzey sertliği 1006 kalite telde 3 HRC olarak tespit edilirken en yüksek ise 1010 kalite telde 10.3 HRC ve 1008 kalite tel için ise 7.3 HRC olarak tespiti gerçekleştirilmiştir.

Filmaşınlar farklı kalitelere olmasına rağmen kimyasal içerik olarak birbirine yakın değerler gözlemlenmiştir. Aralarında en yumuşuk ve mukavemeti en düşük olan tel 1006 kalite en yükseği ise 1010 kalite tel olarak tespit edilmiştir.

Tel çekme işlemleri sırasında ise sırasıyla 1006, 1008 ve 1010 kalite teller için 2.5 m/sn hızla kalitelere göre teller çekilmiştir.

Yapılan testler sonucu elde edilen gözlemler ve veriler doğrultusunda 1006 kalite tel en yumuşak ve mukavemetsiz 1010 kalite tel ise en sert ve mukavemetli olarak tespit edilse de tel çekme hızının etkisiyle tellerde belirli bir miktar sertleşme meydana geldiği görülmüştür. Aynı şekilde tel kalitelerine göre çekme hızları tel yüzey deformasyonunu arttırdığı tespit edilmiştir.

Yapılan tel çekme işlemi sonucunda malzeme yüzeyinde redüksiyon sebebi ile oluşan yüzey kusurları mikroyapısal olarak incelenmiştir. Aynı şekilde malzemelerin yüzey pürüzlülük değerleride ölçülmüştür. Ölçülen değerler sonucunda ortalama yüzey pürüzlülüğü değerine baktığımızda en fazla olan yüzey pürüzlülüğü olan ham numunemizin 1010 kalite olduğu ($R_a=1,49 \mu\text{m}$), en az ortalama yüzey pürüzlülüğü değerine sahip olan ham numunemizin ise 1008 kalite olduğu ($R_a=0,76 \mu\text{m}$) tespit edilmiştir. Yüzey pürüzlülükleri incelendiğinde ise 3 numunede de yüzey kalıntılıları ve boşluklar tespit edilmiş olup korozyona miktarına etki edici bir etmen olarak görülmüştür.

Korozyon testlerinin yapılabilmesi için öncelikli olarak 9 adet numune kabı hazırlanmış olup her bir kaba ölçülü kap yardımıyla %5'lik NaCl çözeltisi

hazırlayabilmek için saf su ve hassas terazi yardımıyla tuz miktarları tartılıp tuz ilavesi yapılmıştır. Hazırlanan numune kaplarına numuneler daldırılmadan önce ağırlıkları hassas teraziyle tartılıp 1006, 1008 ve 1010 kalite kesilen numuneler sallandırılmış olup kapların içlerinin hava ile teması olmaması için kapakları kapatılıp numuneler çözelti içerisinde askıda bekletilmiştir. 5 gün, 10 gün ve 15 gün olarak 3 gruba ayrılmış olan numuneler grubuna göre günü geldiğinde numune kabından çıkarılıp ağırlıkları tartılmış ve tel kalitelerine göre ağırlıkları not alınmış ve çizelge haline getirilmiştir. Yapılan deneyler ve kaydedilen ağırlık kayıpları sonucunda 5 gün %5'lik NaCl çözeltisinde bekletilen numune grubunda en fazla ağırlık kaybı 1008 ve 1010 kalite tellerde 2 gr olarak tespit edilmiş olup 1006 kalite telde ise 1 gr olarak ölçülmüştür. 10 gün %5'lik NaCl çözeltisinde bekletilen numune grubunda en fazla ağırlık kaybı 1008 kalite numunede 2 gr, sonrasında 1010 kalitede 1 gr ve 1006 kalitede ağırlık kaybı tespiti yapılamamıştır. 15 gün %5'lik NaCl çözeltisinde bekletilen numune grubunda ise en fazla ağırlık kaybı 1010 kalite numunede 2 gr, 1006 ve 1008 kalite numunelerde 1'er gr olarak tespit edilmiştir.

Sem görüntüleri çekilmek üzere 1006,1008 ve 1010 kalite çekme testi yapılan tellerin her birinden 2 parça halinde toplamda 6 adet çekme numunesi hazırlanmıştır. Bunların yanı sıra 3 ayrı gruptan oluşan ve 9 adet numune barındıran korozyon testine tabi tutulmuş numuneler ve her kaliteden 1'er adet ham numunede sem görüntüsü çekilmek üzere hazırlanmıştır. Toplamda 18 adet numuneden oluşan sem analizi sonucunda yapılan tespitler şu şekildedir;

Çekme testi sonucunda numunelerin kırık yüzeyleri incelendiğinde 1006 kalite numunenin daha sünek yapıda olduğu 1010 kalite numunenin kırık yüzeyinin diğer kalitelere nazaran daha gevrek yapıda olduğu anlaşılmaktadır. Yine her korozyon testinin numunesi işlem görmemiş numune ile karşılaştırıldığında korozyon tabakası görülmektedir. Burada yüzey pürüzlülüğünün korozyon üzerindeki etkileri SEM görüntülerinde anlaşılmaktadır. Tel çekme işlemi ile oluşan bu yüzey kusurlarının malzemenin çekme ve akma dayanımına standart dışında kalacak bir etkisi olmamasına rağmen malzeme yüzeyinde oluşan kusurların malzeme korozyonunda etkin olabileceği görülmektedir. Daha gevrek yapıdaki 1010 kalite çeliğin yüzey kusurları diğer numunelerden az da olsa yüksek olduğu görülmektedir. Aynı şekilde

numunenin korozif ortamda beklediği sürenin uzaması ile oluşan korozif etkinin arttığı net şekilde görölmektedir.

Genel olarak incelendiğinde tel çekme prosesi sonrası üretilen malzemelerin kullanım alanına bağlı olarak en önemli etkisi malzemelerin yüzey kusurları ve bunların korozif etkilerinin ilerleyen proseslere etkisi olduğu görölmektedir. Hali hazırda ticari olarak elde edilen malzemelerin standart sağlayan mekanik özellikleri kullanım için yeterli görölrken esasında malzemelerin daha sonrasında görebileceği diğer prosesler ve bu prosesler sonrasında karşılaşılabilecek sıkıntılar ön plana çıkmaktadır. Bu yüzey kusurları malzemelerin tel çekme prosesindeki yüzey pürüzlölükleri ki bu redüksiyona ve tel çekme hızına bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada biz optimum koşullarda çalışan bir sistemin 2.5 m/sn çekme hızında işlemlerimizi yapmış bulunmaktayız. Bununla birlikte eğer tel sonrasında galvaniz işlemleri görecekte bu yüzeyde oluşan korozif tabaka ve malzeme yüzeyindeki kusurlar sonrasındaki şekillendirme prosesinde etkin rol oynamaktadır. Bu sebeple malzemenin en iyi mekanik özelliklerde en iyi korozyon direncine sahip kalitede çelikten üretilmesi gerekmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda hem korozyon testlerindeki ağırlık kayıpları hem de yüzey kusurları dikkate alındığında 1008 kalite numunenin daha optimum şartları sağladığı görölmektedir.

KAYNAKLAR

1. Wright, Roger N. "Wire Technology: Process Engineering and Metallurgy." Butterworth-Heinemann (2016).
2. Güzey, A. "Demirsel tellerin üretim sürecinin incelenmesi." Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne (2009).
3. Özer, Ö. "Tel çekme işlemine etki eden faktörlerin mekanik ve teknolojik olarak incelenmesi." Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (1993).
4. Altun, K. "Soğuk çekme metoduyla üretilen kaynak tellerinde görülen hataların belirlenmesi ve giderilmesi." Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (2015).
5. Bilen, M. "Çelikhane curuflarından liç-karbonatlaştırma prosesi ile kalsiyum karbonat kazanılması." Yüksek lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana (2010).
6. Mohsunlu, S. "Çelik üreten bir endüstri tesisinde enerji maliyetinin düşürülmesi çalışması." Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük (2021)
7. Camdalı U. ve Tunc M. "Elektrik ark fırınında bir cins sıvı karbon çeligi üretimi için enerji analizi." Turk J Engin Environ Sci 25:545-553 (2001).
8. Özaksoy, M. "İkincil çelik üretiminde kükürt giderme ve çelik kalitesi." Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (2004).
9. Clark, R. "Continuous Casting of Steel." Institute for Iron and Steel Studies (1970).
10. Özdemir, M. "Sürekli döküm yöntemi ile çelik üretime ait proses optimizasyonu." Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa (2007).
11. Gillström, P, and Magnus J. "Mechanical descaling of wire rod using reverse bending and brushing." Journal of materials processing technology 172.3: 332-340 Örebro, Sweden (2006).
12. Beunens P. ; Tecnología Del Alambre, Bekaert, Bélgica (1994).
13. Steel Wire Handbook Committee, Steel Wire Handbook Wire Association International, Vol. 1 & 4, USA (1965).

14. Cunat, P. "Alloying elements in stainless steel and other chromium-containing alloys." Euro Inox 1-24 Paris, France (2004).
15. Balin, B. "Seçilen karakteristiklerin tel çekme işlemi üzerindeki etkileri." Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (2004).
16. Şahin, F. "Çok kademeli haddeme prosesinin incelenmesi ve analizi." Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük (2021).

ÖZGEÇMİŞ

Tunahan KAYIKÇI ilk, orta ve lise öğrenimini Karabük’te tamamladı. 2015 yılında başladığı Karabük Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümünü 2019 yılında tamamladı. 2020 yılında Karabük Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Malzeme Bilimi Anabilim Dalı’nda yüksek lisansa başladı. 2020 yılında Pir-İnci Bijuteri İmalat Sanayi A.Ş.’de Üretim Mühendisi olarak işe başladı. Şu anda aynı firmada Tel Çekme ve Tel Toka Bölümlerinin Üretim Müdürü olarak görevine devam etmekte.