



ÇOK KADEMELİ HADDELEME PROSESİNİN İNCELENMESİ VE ANALİZİ

Furkan ŞAHİN

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. İsmail ESEN**

**ÇOK KADEMELİ HADDELEME PROSESİNİN İNCELENMESİ VE
ANALİZİ**

Furkan ŞAHİN

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

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. İsmail ESEN**

**KARABÜK
Şubat 2021**

Furkan ŞAHİN tarafından hazırlanan “ÇOK KADEMELİ HADDELEME PROSESİNİN İNCELENMESİ VE ANALİZİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. İsmail ESEN
Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 05/03/2021

<u>Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)</u>	<u>İmzası</u>
Başkan : Doç. Dr. İsmail ESEN (KBÜ)
Üye : Doç. Dr. Selami SAĞIROĞLU (KBÜ)
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Akif KOÇ (SUBU)

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

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ
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.”

Furkan ŞAHİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇOK KADEMELİ HADDELEME PROSESİNİN İNCELENMESİ VE ANALİZİ

Furkan ŞAHİN

**Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. İsmail ESEN

Şubat 2021, 107 sayfa

Bu çalışmada, Dünya ve ülkemizde büyük önem taşıyan ve her geçen gün ihtiyacı artan çelik esaslı malzemelerin imalatı incelenmiş olup, çelik imalatının en önemli ayağı olan sıcak haddeleme prosesinde tüm aşamalarıyla çelik üretimi ele alınmıştır. Proses bünyesinde yapılan tüm işlemler mühendislik esaslarına göre incelenmiş ve yapılan işlemlerin uygunlukları kontrol edilmiştir.

Sıcak haddelemenin ilk aşaması olan tavlama, mevcut tav fırınında yapılmaktadır. Tavlanan malzemenin tav sıcaklığı, tav fırının karakteristik özellikleri ve verimliliği incelenmiştir. Tavlanan kütük demirlerin hadde prosesinde istenilen tolerans ölçülerine göre üretim aşamaları ve hadde prosesinde kullanılan ekipmanlar açıklanmıştır. Tüm proses boyunca lama, kare, yuvarlak, nervürlü inşaat demiri üretimleri temel haddeçilik hesaplarıyla incelenmiştir.

Haddelenen mamulün spektral analizi, akma, çekme testleri ve çentik darbe deneyleri aynı mamul için yapılmış olup test sonuçları tez içinde anlatılmıştır.

Anahtar Sözcükler : Haddeleme, Kalibre, Merdane, Tavlama.

Bilim Kodu : 91438

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION AND ANALYSIS OF MULTI-STAGE ROLLING PROCESS

Furkan ŞAHİN

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Mechanical Engineering**

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. İsmail ESEN

February 2021, 107 pages

In this study, the manufacture of steel-based materials, which are of great importance in the World and in our country and whose need is increasing day by day , has been examined, all stages of steel production are handled in the hot Rolling process, which is the most important pillar of steel manufacturing. All operations carried out within the process have been examined according to engineering principles and the suitability of the transactions mad has been checked.

Annealing, which is the first step ofhot Rolling, is carried out in a hot annealing furnace. annealing temperature of annealed material, characteristics and efficiency of annealing furnace were investigated . production stages and equipment used in the Rolling process of annealed billets according to the desired tolerance dimensions in the Rolling processare explained. Throughout the whole process, flat, square, round, ribbed rebar productions have been thinned with basic rolling mill calculations.

yield, tensile tests and notch impact tests of the rolled product were made for the same product and the test results are explained in the thesis.

Key Word : Rolling, Gauge, Roller, Tempering.

Science Code : 91438

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi alaka ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. İsmail ESEN' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalışmama verdikleri destekten dolayı Sayın Burak AYWACI, Aykut ÖZCAN ve Mustafa BIÇAKCI' ya teşekkürlerimi sunarım.

Bu günlere gelmemde desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, çalışmalarım boyunca gösterdikleri anlayış ve hoşgörü ile maddi manevi her zaman yanımda olan tüm aileme çok teşekkürlerimi sunarım.

Sürekli gelişimim için destek veren ve bu tez çalışmasında desteklerini esirgemeyen Çaprazoğlu D.Ç. sahibi merhum Hacı Nazım ÇAPRAZ ve oğlu Sayın Fatih ÇAPRAZ ile Çaprazoğlu D.Ç. ailesine teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1. DÜNYADA DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜ.....	2
1.2. ÜLKEMİZDE ÇELİK SEKTÖRÜ	2
1.3. LİTERATÜR.....	3
BÖLÜM 2	5
HAMMADDE ÜRETİMİ	5
2.1. ENTEGRE TESİSLER	5
2.2. ARK OCAKLARI.....	6
2.3. İNDÜKSİYON OCAKLARI	6
2.4. ÇELİKLERDEKİ BAZI ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ÖZELLİKLERİ	7
2.4.1. Karbon (C)	7
2.4.2. Mangan (Mn).....	8
2.4.3. Silisyum (Si).....	8
2.4.4. Krom (Cr).....	8
2.4.5. Nikel (Ni)	8
2.4.6. Bakır (Cu).....	9
2.4.7. Molibden (Mo).....	9

2.5. HAMMADDE BOY AYARLANMASI.....	9
BÖLÜM 3	11
TAVLAMA.....	11
3.1. TAVLAMADA AMAÇ	11
3.1.1. Oksitlenme (Tufal bağlama).....	12
3.1.2. Dekarbürizasyon.....	13
3.1.3. Fazla Tavlama	13
3.1.4. Yanma	13
3.2. FIRIN TIPLERİ.....	14
3.2.1. Yığın Tipi Fırınlr	15
3.2.2. İtmeli Fırınlr	15
3.2.3. Döner Hazneli Fırınlr	15
3.2.4. Yürür Kirişli veya Makaralı Hazneli Fırınlr.....	16
3.2.5. Elektrik Enerjili Fırınlr	16
3.3. HADDEHANE TAV FIRINLARI.....	16
3.3.1. İtmeli Tip Ön Tav Fırını.....	17
3.3.2. Yürüyen Tabanlı Tav Fırını	17
3.4. TAVLAMA ORTAMI	18
3.5. KÜTÜK ŞARJI	20
3.5.1. Sıcak Şarj.....	21
3.5.2. Soğuk Şarj	21
3.6. BRÜLÖRLER	21
3.6.1. Katı Yakıt Yakan Brülörler	21
3.6.2. Sıvı Yakıt Yakan Brülörler	21
3.6.3. Doğal Gaz Brülörleri.....	22
3.6.4. Çift Yakıtlı Brülörler.....	23
3.7. FABRİKA İÇİNDE KULLANILAN TAV FIRINI ÖZELLİKLERİ VE YAKIT TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	24
3.8. ÇELİKLERİN TAVLAMA SÜRECİ.....	28
3.9. HADDE İÇİNDE KULLANILAN REKÜPERATÖR SİSTEMİ	31
3.10. ENERJİ ANALİZİ.....	32

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4	34
HADDELEME	34
4.1. SICAK HADDELEME	36
4.2. SOĞUK HADDELEME	37
4.3. HADDEHANEDE KULLANILAN TABİRLER	38
BÖLÜM 5	60
İMAL EDİLECEK MALZEMELERİN ÜRETİM AŞAMALARI	60
5.1. İNCE GRUP MAMULLER	62
5.1.1. 12x3 Lama Örnek Hesaplama	62
5.1.2. 6X6 Kare Üretim Aşaması	75
5.1.3. 6.35 Yuvarlak İçin Üretim Aşaması.....	76
5.2. KALIN GRUP MAMULLER	76
5.2.1. 8 mm Q İnşaat Demiri Örnek Hesaplama	76
5.2.2. 30 x 4 Lama İçin Üretim Tablosu	89
5.2.3. 11,5 x 11,5 Kare İçin Üretim Tablosu.....	90
BÖLÜM 6	91
TEST	91
6.1. ÇEKME TESTİ	91
6.2. ÇENTİK DARBE DENEYİ.....	95
6.3. MİKROYAPI İNCELEME	97
BÖLÜM 7	102
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	102
KAYNAKLAR	104
ÖZGEÇMİŞ	107

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Dünya da çelik üretimi.....	2
Şekil 1.2. Türkiye de çelik üretimi.....	3
Şekil 2.1. Entegre çelik tesisi üretim şeması.....	5
Şekil 2.2. Ark ocağı üretim şeması	6
Şekil 2.3. İndüksiyon ocak	7
Şekil 3.1. Malzeme üzerinde oluşan tufal tabakası.....	13
Şekil 3.2. Tavlama fırın ekranı (Çaprazoğlu D.Ç).	14
Şekil 3.3. Brülör diyagramı	23
Şekil 3.4. Haddehane tav fırını genel görünüm.....	24
Şekil 3.5. Tav fırını çalışma ve ölçüm sisteminin şematik gösterimi	32
Şekil 4.1. Haddeleme ile oluşan çeşitli ürünler.....	34
Şekil 4.2. a) Boyuna haddeleme, b) Enine haddeleme, c) Eğik haddeleme.....	35
Şekil 4.3. Çeşitli haddeleme tipleri	36
Şekil 4.4. Sıcak haddehane şematik yapısı.....	37
Şekil 4.5. Soğuk haddeleme sektörleri.....	37
Şekil 4.6. Soğuk haddelemede tane dizilimi	38
Şekil 4.7. Hadde tezgâhı (Çaprazoğlu D.Ç).	39
Şekil 4.8. Düz merdane (Çaprazoğlu D.Ç).	43
Şekil 4.9. Kalibreli merdane (Çaprazoğlu D.Ç).	43
Şekil 4.10. Kapma açısı.....	44
Şekil 4.11. Sıcak haddeleme sırasında merdane bükülmesi.....	45
Şekil 4.12. Deformasyon oranı az hata a), Fazla b), Timsah ağzı tipi çatlak (c).	46
Şekil 4.13. a) Oval kalibre, b) Yuvarlak kalibre, c) Baklava kalibre, d) Kare kalibre.	49
Şekil 4.14. Kalibre aralıkları	49
Şekil 4.15. Giriş yolluk-kasa (Çaprazoğlu D.Ç).	50
Şekil 4.16. Çıkış yolluk-kasa (Çaprazoğlu D.Ç).	52
Şekil 4.17. Redüktörlü yatay hadde tezgâhının şematik gösterimi	53
Şekil 4.18. İkili kutu (Çaprazoğlu D.Ç).	55

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.19. Şaft (Çaprazoğlu D.Ç).	56
Şekil 4.20. Parça ezilmesi	58
Şekil 5.1. Hazırlama tezgahı.	62
Şekil 5.2. 2.tezgâh.	62
Şekil 5.3. 3.tezgâh.	62
Şekil 5.4. 4.tezgâh.	64
Şekil 5.5. 5.tezgâh.	65
Şekil 5.6. 6.tezgâh.	66
Şekil 5.7. 7.tezgâh.	67
Şekil 5.8. 8.tezgâh.	68
Şekil 5.9. 9.tezgâh.	69
Şekil 5.10. 10.tezgâh.	70
Şekil 5.11. 11.tezgâh.	71
Şekil 5.12. 12.tezgâh.	72
Şekil 5.13. 13.tezgâh.	73
Şekil 5.14. 14.tezgâh.	74
Şekil 5.15. Hazırlama merdanesi.	77
Şekil 5.16. 2. tezgâh.	77
Şekil 5.17. 3. tezgâh.	77
Şekil 5.18. 4. tezgâh.	78
Şekil 5.19. 5. tezgâh.	79
Şekil 5.20. 6. tezgâh.	80
Şekil 5.21. 7. tezgâh.	81
Şekil 5.22. 8. tezgâh.	82
Şekil 5.23. 9. tezgâh.	83
Şekil 5.24. 10. tezgâh.	84
Şekil 5.25. 11. tezgâh.	85
Şekil 5.26. 12. tezgâh.	86
Şekil 5.27. 13. tezgâh.	87
Şekil 5.28. 14. tezgâh.	88
Şekil 6.1. Çekme deney çubuğu.....	91
Şekil 6.2. İşlenmemiş parça.	93

	<u>Sayfa</u>
Şekil 6.3. Çekme analiz grafiği.....	94
Şekil 6.4. İşlenmiş parça.....	94
Şekil 6.5. Çekme analiz.....	95
Şekil 6.6. Darbe deney cihazı.....	96
Şekil 6.7. Darbe deney cihazı çalışma prensibi.....	96
Şekil 6.8. Hammadde 50x görüntü.....	97
Şekil 6.9. Hammadde 100x görüntü.....	98
Şekil 6.10. Hammadde 200x görüntü.....	98
Şekil 6.11. İşlenmiş mamul 50x görüntü.....	99
Şekil 6.12. İşlenmiş mamul 100x görüntü.....	99
Şekil 6.13. İşlenmiş mamul 200x görüntü.....	100

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Demir çelik proses kontrol sistemi.	27
Çizelge 3.2. Çelik cinsine bağlı tavlama süreci düzeltme katsayıları	31
Çizelge 5.1. 6x6 kare üretimi.	75
Çizelge 5.2. 6,35 yuvarlak üretimi.	76
Çizelge 5.3. 30 x 4 lama üretimi.	89
Çizelge 5.4. 11,5 kare üretimi.	90
Çizelge 6.1. Darbe deney sonuçları.	97

SİMGELER VE KISALTMALAR

kg/h	: Kilogram/Saat
m^3	: Metreküp
f	: Sürtünme kuvveti
D	: Merdane çapı
v	: Hız
λ	: Uzama katsayısı
n	: Hadde devri
n_1	: Redüktör giriş devri
n_2	: Redüktör çıkış devri
P	: Toplam haddeleme kuvveti
L	: Temas boyu
n	: Merdanelerin dönme hızı
h_0	: Giren malzeme yüksekliği
h_1	: Çıkan malzeme yüksekliği
Δh	: Mutlak yükseklik ezme miktarı
F_0	: Giren malzeme kesit alanı
F_1	: Çıkan malzeme kesit alanı
ΔF	: Mutlak alan ezmesi
σ_a	: Akma dayanımı
L_f	: Son boy
L_0	: İlk boy
A_{gt}	: Maksimum stresteki uzama
G	: Sarkacın ağırlığı (kg)
l	: Sarkacın salınım merkezine uzaklığı (m)
h_1	: Sarkacın ağırlık merkezinden düşme yüksekliği (m)
h_2	: Sarkacın ağırlık merkezinden çıkış yüksekliği (m)
α	: Düşme açısı (derece)
β	: Yükselme açısı (derece)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Enerji, ekonomik ve sosyal bakımdan ülkelerin mevcut ve gelecek planlarını etkileyen faktörlerden birisidir. Enerji ihtiyacı ve enerji tüketimini hızla artarken, enerji kaynakları da aynı hızla azalmaktadır. Dünya enerji üretiminin önemli bir kısmı fosil kökenli yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtlar yeryüzündeki tüm ülkelere eşit olarak dağılmamıştır. Bu nedenle dünyada bazı ülkeler enerji kaynaklarını elinde bulundurmakta ve üretici konumunda yer almaktadır. Fakat ülkelerin çok büyük bir kısmı enerji tüketen konumunda yer almaktadır. Enerji tüketimindeki artış trendi ve sınırlı enerji kaynakları, enerjide dışa bağımlı olan ülkemizin gelecek politikalarında, enerjinin dikkate alınan en önemli unsurlardan birisi olmasına neden olmaktadır. Mevcut durumda ülkemiz enerji tüketiminin yaklaşık %72'sini ithal etmektedir. Buda tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerji kaynaklarının etkin kullanımını zorunlu kılmaktadır [1].

Demir çelik sektörü, üretim sürecinde enerji tüketimi yoğun sektörlerden birisidir. 2013 yılında dünyanın toplam sanayi enerji tüketimi içerisinde demir çelik sektörü yaklaşık %18 paya sahiptir. Türkiye'nin toplam sanayi enerji tüketimi içerisinde ise yaklaşık %35 civarında paya sahiptir. Dünyadaki sanayi sektörleri içerisinde, demir ve çelik sektörü en çok enerji tüketen ikinci sektördür. Bu nedenle enerjinin yoğun olarak kullanıldığı demir çelik sektörü için verimlilik büyük önem arz etmektedir [1].

Ülkemizde, sanayi sektöründe %15, yerleşim yerlerinde %35 ve taşımacılık sektöründe %15 gibi yüksek enerji tasarruf potansiyeli bulunmaktadır. Dahası, sanayi tesislerinde ve endüstriyel işletmelerde bu tasarruf potansiyelinin asgari %10'unun hiç yatırımsız veya az yatırımla yapılması mümkündür [1].

1.1. DÜNYADA DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜ

Bir ülkenin sahip olduğu demir ve çelik üretim kapasitesi, o ülkenin ekonomik gelişmişliğinin göstergelerinden birisi olarak kabul edilmektedir. Demir ve çelik üretim tesislerinde üretilen ürünler yaygın olarak inşaat ve imalat sektörlerinde kullanılmaktadır. Demir çelik sektörü, son 100 yıl içerisinde teknoloji ve ürün kalitesi açısından hızlı bir ilerleyiş kaydetmiştir. Dünyadaki nüfus artışıyla birlikte kentleşme ve sanayileşme artmıştır. Artan sanayileşmeye paralel olarak teknoloji hızla gelişmiş ve dolayısı ile dünyada enerji ihtiyacı ve teknolojik ürünlerin ana ham maddesi olan demir ve çelik ürünlerinin üretimi de artmıştır [1].



Şekil 1.1. Dünya da çelik üretimi [1].

1.2. ÜLKEMİZDE ÇELİK SEKTÖRÜ

Ülkemiz, uzun ürünlerde ihracatçı olmakla birlikte yassı ürünlerde kendi tüketimine yetecek kapasiteye sahip bulunmaktadır. Üretim yöntemleri neticesinde elde edilen

çeliklerin çeşitliliği, katma değeri, milli ekonomiye katkısı ve gelecek perspektifi gibi birçok alanda üzerinde çalışmaların başladığı bu dönemde çelik sektörünün, katma değeri daha yüksek olan yassı ürünlere geçiş sağlayarak sahip olduğu pazarları korumak, hatta yeni pazarlara açılabilmek için çalışmalar yapılması gerekmektedir. 2018 yılında 37,3 milyon ton çelik üretimi gerçekleştiren Türkiye çelik sektöründe, bir önceki döneme göre (37,5 milyon ton) ham çelik üretimi yaklaşık %0,6 oranında azalmıştır. Üretimdeki düşüşe rağmen Türkiye, Dünya ham çelik üretim sıralamasında, ilk 10 ülke arasında 8. Sıradaki yerini korumuştur. Ülkemizde, 2018 yılı itibariyle, demir cevherinden üretim yapan 3 adet Entegre Demir Çelik tesisi ile hurdadan üretim yapan 31 adet İndüksiyon ve Elektrik Ark Ocaklı tesis bulunmaktadır [1].



Şekil 1.2. Türkiye de çelik üretimi [1].

1.3. LİTERATÜR

Başkaya, yaptığı bu çalışmada, soğuk haddeleme prosesinde hadde yükünü araştırmıştır. İlk olarak literatürde bulunan analitik yöntemleri derleyip hadde yükünün hesabını yapmış, daha sonra çekme deneyi yaparak literatüre göre değerleri karşılaştırmıştır. Yakın sonuçlar elde etmiştir. Analitik yöntemlerle gerçek sonuca erişebilmek için akma eğrisi çok önemli olduğunu tespit etmiştir [2].

Toptaş, yaptığı bu çalışmada, hadde merdaneleri, kaliteli mamul için en önemli parçalardan birisidir. Bu yüzden Hadde merdanelerinin ömrünü uzatmak için bir çalışma yapmıştır. Her geçen gün gelişen teknolojiyle HSS kalite merdaneler üstün aşınma performanslarıyla diğer merdanelere göre daha az aşınmış olduğunu tespit etmiştir. Bu merdaneler her haddeye uyum sağlamamaktadır. Bu yüzden hem merdane değişiminde, işçi ve zaman kayıplarını ortadan kaldırmak için sıcak hadde prensibine uygun yüksek hız çeliklerinin kullanımında nasıl değişiklik olur onu incelemiştir. Sonuç olarak haddehanelerde ilk olarak son merdaneler hariç kullanılmaya başlanabileceğini öngörmüştür. Son tezgâhlarda yük fazla olacağından oralarda uygun olmadığının tespit etmiştir [3].

İkiz, yaptığı bu çalışmada, temkor sisteminin mamule katkıları üzerine çalışma yapmıştır, temkor sistemiyle üretilen mamullerin daha sert bir yapıya sahip olduğunu tespit etmiştir. Hammaddesinde karbon oranı daha düşüktür. Bu da mukavemetini artırır. Çekme dayanımını artırdığını tespit etmiştir. İstenilen mekanik özelliklere sahip olmak için temperleme sıcaklığı 540-750 °C ve, finiş sıcaklığı ise 950-1050 °C aralığında olması gerektiği sonucuna ulaşmıştır [4].

Yıldırım, yaptığı bu çalışmada, tav fırınında enerji analizi üzerine çalışma yapmıştır. Tav fırınına giren enerjiden %91,63 ü doğalgazdan, %6,94ü yanma havasından ve %1,44 soğuk kütükten sağlandığını tespit etmiştir. Tav fırınından çıkan enerji ise %60,69 sıcak kütükten, %7.76 duvar yüzeyindeki kayıp, % 0,81 i hava kayıplarında, % 28,54 baca gazından ve %2,2 ise diğer kayıplardan oluştuğu tespit etmiştir. Enerji dengesi oluştuktan sonra tav fırını ısıl değesi %60,12 olarak çıkmıştır. Enerji verimliliğini artırıcı yöntemler tespit etmiştir. Gelen kütüklerin otomatik kesim yaparak daha sıcak girmesini sağlayacak yöntem yapılabilir buradan kazanç %3.84 gibi bir kazanç sağlayacağı tespit etmiştir. Reküperatör boruları iyileştirilerek %2,44 kazanç sağlayacaktır. Fırın içinde tuğlalar yalıtımı iyi olursa enerji kayıplarının az olacağını tespit etmiştir [5].

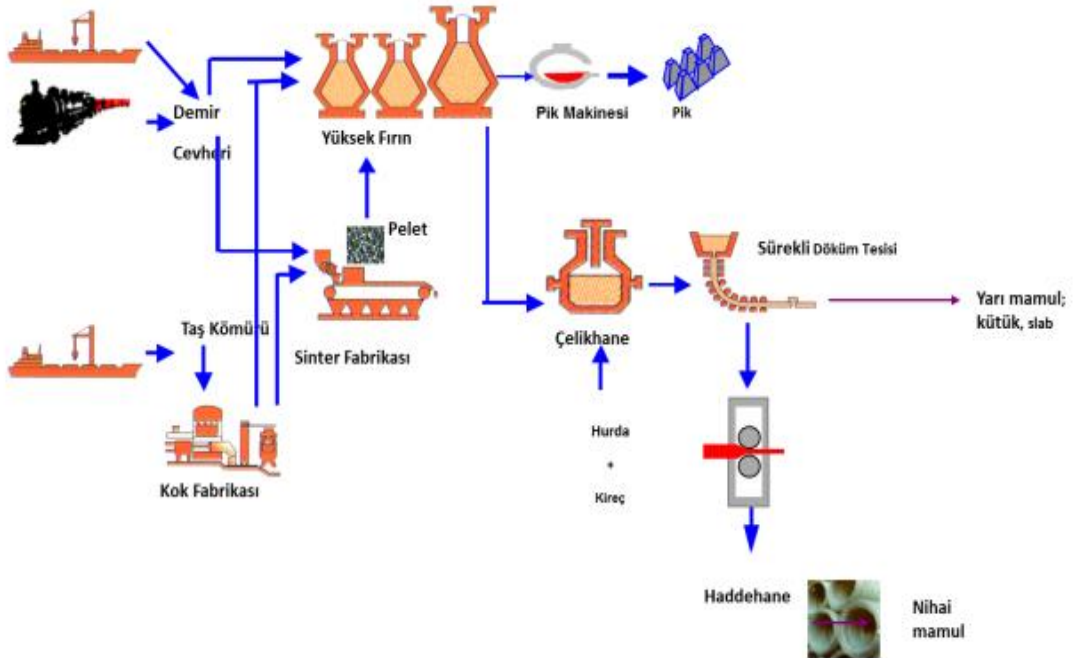
BÖLÜM 2

HAMMADDE ÜRETİMİ

Haddeleme için hammadde; kütük, slab, blum üretilmesi gerçekleşir. Bu ürünler entegre tesislerde, elektrik ark ocaklı tesisler ve indüksiyon ocaklı tesislerde gerçekleşir.

2.1. ENTEGRE TESİSLER

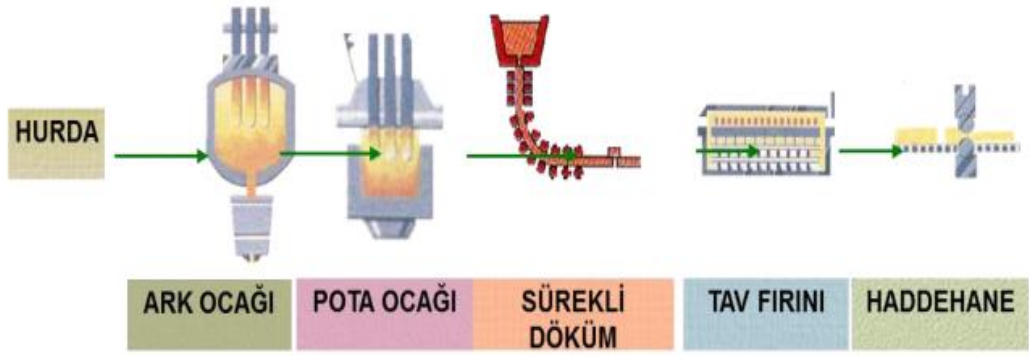
Entegre tesisler hammaddesi demir cevheri ve hurda demirlerdir. Diğer hammadde olan taş kömürü kok fabrikasından geçirilerek yüksek fırınlarda işlem görmeye hazır hale getirilir. Tesis bünyesinde yüksek fırınlarda alaşımlandırılan ergit çelikhaneler bünyesinde kütük demir olarak imal edilmektedir.



Şekil 2.1. Entegre çelik tesisi üretim şeması [1].

2.2. ARK OCAKLARI

Ark ocaklarında kütük demirin ham maddesi olarak hurda demir kullanılmaktadır. Hurda demirle birlikte gerekli alaşım elementleri ilave edilerek, ark ocaklarında elektrotların potalara daldırılması yöntemiyle arklandırılmakta ve homojen bir karışım oluşturulmaktadır. Çelik sürekli döküm makinesinden geçerek kütük ve slab elde edilir.



Şekil 2.2. Ark ocağı üretim şeması [1].

2.3. İNDÜKSİYON OCAKLARI

İndüksiyon ocaklarında sarılan bobinler sistemiyle potalar ısıtılmakta ve hurda demirler ergit haline getirip, gerekli olan alaşım elementleri ilave edilerek dinlendirildikten sonra sürekli döküm makinelerinden geçirilip kütük ve slab üretimi gerçekleşir.



Şekil 2.3. İndüksiyon ocak [1].

Hadde bünyesinde imalatı sağlanacak olan mamullerin istenilen sertlik, akma dayanımı, kopma mukavemeti, elastisite, çekme dayanımı gibi özelliklerine istinaden kütük demirlerin seçimi yapılır. Örneğin: 23 mm Q imal edilecek olan demir yolu cıvataları için S355JR (ST-37) kütük demir kullanılırken, bahçe dekorasyonları için kullanılan ferforje malzemeler için S 235JR (ST-37) kütük demirler kullanılmaktadır. İnşaat demiri standartlarına uygun olarak ise B420C veya S420 kütük demirler kullanılmaktadır.

2.4. ÇELİKLERDEKİ BAZI ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ÖZELLİKLERİ

2.4.1. Karbon (C)

Tüm çeliklerde öncü element karbondur ve istenilen mekanik özelliklere göre çelik içerisindeki miktarı belirlenir. Karbon malzemenin kaynak kabiliyetini, yüzdece uzamasını, akma ve çekme mukavemet değerlerini ve haddeleme sonrası şekil verilebilirliği gibi tüm özellikleri etkilemektedir. İstenen özelliğe göre karbon miktarı belirlenir. Karbon miktarı 0,2 C den düşük olan çelikler düşük karbonlu çelikler olarak adlandırılır. Bunların sertleştirilebilme özellikleri iyi değildir. Semantaston ve Nitrüleme ile yüzeyi sert yumuşak içyapı istenilen parçalarda kullanılır [6]. Orta Karbonlu Çelikler ise 0,2-0,5 C arası çeliklerdir. Şekil verilebilirlikleri ve haddeleme sonrası işlenebilirlikleri düşük karbonlu çeliklere göre daha zordur.

Makine parçaları, cıvatalar, somunlar, dişli çarklar, yük kancaları gibi birçok araç gereç bu malzemelerden üretilmektedir. Yüksek karbonlu çelikler ise 0,5 C üzerinde olan çeliklerdir. Yüksek aşınma direncine, az sünekliğe, yüksek mukavemete dayanıklıdır.

2.4.2. Mangan (Mn)

Çelik yapıda sertleşebilme ve kaynak edilebilme özelliklerini iyileştirir. Östenit yapıyı kararlaştırır [6]. Çeliğin yapısında mangan tane yapısını kabalaştırır ve imalat sonrasındaki ısıl işlemlere karşı hassaslaştırır. Sertleşme özelliklerine göre çekirdeğe kadar sertleşmesini sağlar.

2.4.3. Silisyum (Si)

Çelik üretiminde kullanılan başlıca deokside edici bir elementtir. Bu nedenle, silisyum içeriği üretilen çeliğin türünü de belirlemektedir. Deoksidasyon işlemi görmüş bir karbonlu çelikte en fazla %0,60 Si bulunmaktadır. Deoksidasyon işlemi tamamlanmamış çeliklerde ise orta miktarda Si içerebilir. Silisyum içeriği %0,30'un altına düştüğünde, silisyum tamamen ferrit içinde çözülür. Silisyum, içeriği %0,40 üzerine çıkıldığında sünekliği büyük ölçüde azalmaktadır [7].

Alaşımı düşük olan çelikler silisyum içerir. Yüksek silisyum içeren çelikler ise korozyona olan direnci yüksektir.

2.4.4. Krom (Cr)

Çelik malzemeler de krom elementi çeliğin paslanmazlığını artırıcı özelliktedir. Aynı zamanda kuvvetli karbür yapıcı özelliği olmasından dolayı çeliğin sertliği aşınma dayanımını olumlu yönde etkiler [6].

2.4.5. Nikel (Ni)

Alaşımlandırılması üzerine yapılan çalışmalar günümüzde aktif olarak devam etmektedir. Gaz motorları, gaz türbinleri, uçak motorları, deniz altılar, kesici takımlar gibi birçok günümüzün modern sanayi teknoloji gelişiminde nikel alaşımlı çelikler kullanılır. Çeliğin mukavemetini artırmaya yardımcı olur. Mangan ve silisyuma göre daha düşük oranla etki eder.

2.4.6. Bakır (Cu)

Demir tozuna temelde sinterlenmiş peletin mukavemetini arttırmak için ilave edilir. Demir-bakır peletlerin sinterlenmesi sırasında bakır yüzdesine bağlı olarak boyutsal değişimler meydana gelmektedir. Saf demir parçalar genellikle sinterleme esnasında büzülürler. Artan miktarlarda bakır tozu ilave edilerek ve bakırın ergime sıcaklığının (1083 °C) üzerinde sinterleme yapılarak bu büzülme tersine çevrilir ve sonuç olarak genişlemeye dönüştürülür [6].

2.4.7. Molibden (Mo)

Molibden nikel ve krom alaşımlarıyla beraber çelik dayanımını akma ve çekme dayanımlarını artırır. Uygulanan kuvvet altında ise elastisite ve yüzde uzamasını düşürür [6]. Molibden içerikleri tav dayanımı yüksektir ve çeliğini yapısında gevreklik azdır. Takım çeliklerinde kullanılan molibden, manatyumla beraber önemli bir alaşım elementidir. Yüksek hız ve yüksek darbe mukavemetiyle çalışan hassas çalışma toleransları isteyen yerlerde molibden alaşımları tercih edilir. Uçak ve yer taşıtları, imalat çelikleri gibi yerlerde çoğunlukla kullanılır.

2.5. HAMMADDE BOY AYARLANMASI

İncelemesi yapılan Çaprazoğlu D.Ç şirketinde;

- Hadde ürün gamı lama demir için 10x3 lama da 50x10 lamaya kadar,
- Kare demir için 6x6 kareden 20x20 kareye kadar,
- Yuvarlak için 6,35 mm yuvarlaktan 25 mm yuvarlağa kadar,

Nervürlü inşaat demiri için 8 mm 24 mm ye kadar olan tüm ürünlerin imalatı yapılabilmektedir. Bu imalatlarda önemli olan faktörlerden bir tanesi tavlama esnasındaki kütük boyunun ayarlanmasıdır. Kütük fırınının boy kapasitesi 3 metredir fakat her imalatta 3 metre kütük kullanılamaz. Örneğin; en dar kesitli lama olan 10x3 lama imalatı hadde uzamalarının fazla olmasından dolayı 3 metre kütükte yapılamaz hadde uzamalarında ince kesitli mamullerde boyca fazla uzayan malzemenin arka tarafları soğumakta soğuyan malzemeler haddelemede kuvvetlerini artırmakta çekilen amperlerin değerlerini yükseltmektedir. Aynı zamanda soğuyan malzemenin son kısımları haddelendiğinde istenilen ölçülerde malzemenin imalatı sağlanamamaktadır. Bu sebeplerden dolayı eğer imal edilecek kütük boyu 9 metre ise kütük 1,8 metre kütükten imalat yapılmakta eğer 12 metre ise 2 metre kütükten imal edilir.

BÖLÜM 3

TAVLAMA

Tavlama materyalin plastik şekil değiştirme sıcaklığına kadar ısıtılmasıdır. Haddehane fırınlarında kütük demirler 1100-1300 °C kadar ısıtılıp mikro yapının homojenleşmesi sağlanır. Haddehane fırınlarında ısıl gerilmelere bağlı olarak oluşacak yapısal kusurların önüne geçmek için bu ısıtma işlemi kademeli olarak gerçekleşir.

3.1. TAVLAMADA AMAÇ

Ham blokların, ingotların veya yarı mamulün mekanik şekil vermeden, haddelenmesinden önce ısıtılması ve tavllanması iki amaç içindir. İlk olarak şekil alma direnci azalması için malzemeye şekil almasını yarayacak plastikliğin verilmesi gerekmektedir, diğer amaç malzemenin dokusu kusursuz olması içindir.

Bu iki amaca erişmek için metalik malzeme, tav ocaklarında belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılır ve bu sıcaklıkta belirli bir süre tutulur. Teorik olarak gerekli olan tav sıcaklığı ve süresi, bir taraftan malzemenin fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliğine, diğer taraftan da ısı iletim şartlarına bağlıdır. Tav ocağına soğuk olarak giren malzemenin tavlmasında düşük ısı periyodu ile yüksek ısı periyotları aynıdır.

Çatlakların oluşması bakımından ilk periyodun (soğuk malzeme) ısınmasında dikkat edilmesi gerekir; Özellikle düşük sıcaklıklarda tavlanan malzemedede fazla gerilmeler meydana gelir. Malzemedeki bağlılığı bozar ve çatlakların ortaya çıkmasına sebep olur. Isı gerilmeleri kesitin muhtelif yerlerdeki ısı farklılıklarından ileri gelir. Kesitin muhtelif yerlerindeki ısı farklılıklarına 4 faktör neden olur;

- Isıtma hızı,

- Isıtılacak malzemenin kesiti ile doğru orantılıdır,
- Isıyı iletme katsayısı ters orantılıdır,
- Tav ocağı şartları

Tavlamanın birinci periyodu, ikinciye nazaran daha önemlidir. İkinci periyod sıcaklıklarında (çelikte 700-800 °C) malzemenin ısı iletme katsayısı artar. Kesitteki ısı farkı ve ısı gerilmeleri azalır. Bu sebepler, kesiti bütünü ile bu sıcaklığa erişmiş malzemeyi istenen hızla daha yüksek sıcaklığa tavlamayı sağlar. İkinci periyotta, malzemenin bütün kesitinin istenen sıcaklığa homojen olarak tavllanmış hale gelmesidir. Aksi takdirde şekil verme esnasında birçok zorluklar ve hatalar meydana gelebilir. Yüksek sıcaklıklarda oluşan 4 olay vardır.

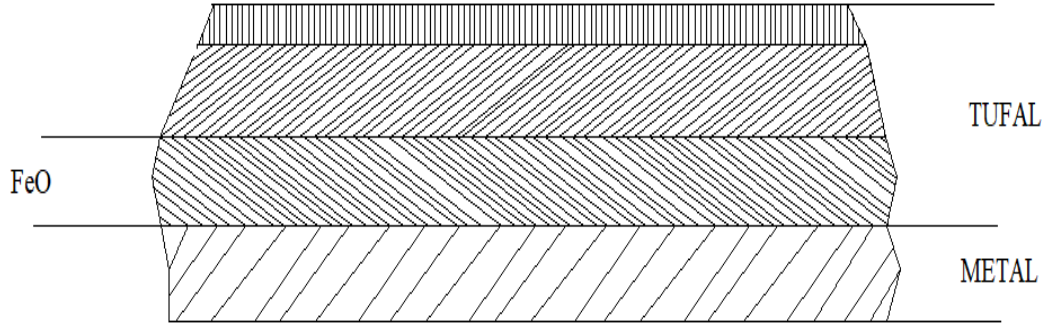
3.1.1. Oksitlenme (Tufal bağlama)

Demirin oksitle reaksiyonu sonunda, tavlanan malzemenin üst yüzeyinde bir oksit tabakası (tufal) oluşur. İlk önce oluşan oksit tabakasının arasından oksijen metalin içine doğru kayar ve tufal tabakası gittikçe kalınlaşır.

Tufal miktarını etkileyen faktörler;

- Tavlama sıcaklığı
- Tavlama süresi
- Tavlama ortamı
- Malzemenin kimyasal kompozisyonu

Tufal yüzey kalitesini bozar, onun için tavlama esnasında bunun asgari ölçüde tutulması için, fırın atmosferinde gereken tedbirlerin alınması şarttır.



Şekil 3.1. Malzeme üzerinde oluşan tufal tabakası.

3.1.2. Dekarbürizasyon

Malzemenin üst yüzeyine etki eder, malzemedeki karbon miktarı azalır. Bu nedenle malzemenin kalitesi bozulur.

3.1.3. Fazla Tavlama

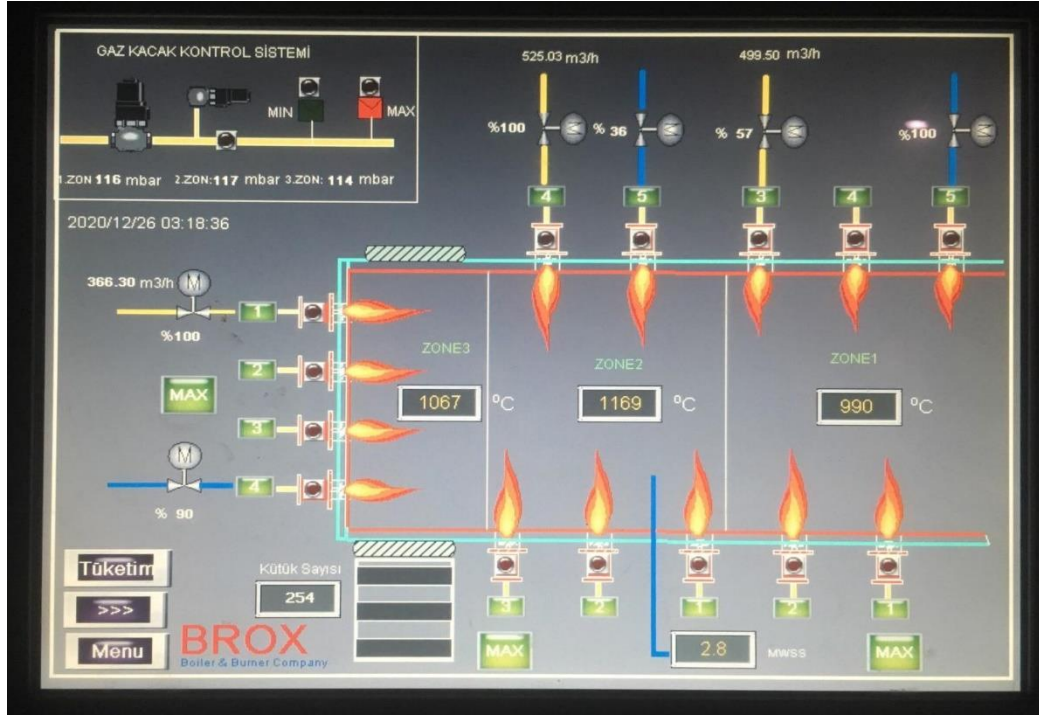
Fazla tavlama gereğinden fazla kristal büyümesi ve bunun sonucu olarak mekanik özelliklerin kötüleşmesini görür. Bazı durumlarda sonradan yapılan ısıl işlem ile düzeltilebilse de bazen kristaller rekristalizasyon kabiliyetini kaybeder. Fazla tavlama olayı malzemenin yüksek ısıda uzun süre tutulmasından meydana gelir.

3.1.4. Yanma

Yüksek ısıda tavlama ve uzun süre bekletmede, kristal kenarlarındaki alçak derecede eriyebilen kısımlar, kısmen veya tamamen erirler. Bu yüzden meydana gelen kristal arası boşluklarına fırın gazları girer ve kristallerin üst yüzeylerini oksitleştirirler. Bunun sonucu olarak kristaller arasındaki bağlılık çözülür ve malzeme sıcaklıkta kırılgan olur. Örneğin çelikte, tav derecesinin erime noktasının 200 °C kadar aşağıda olması gerekir.

Yakıttan ekonomik olarak istifade edebilmek için mümkün olduğu kadar yanmanın tam olmasını sağlamak gerekir. Yakıt ile yakma havasının birleşmesi için uygun şartların bulunması lazımdır. En başta yanma için gerekli havanın verilmesi gerekir.

Hava eksikliği olunca yakıt kısmen yanar ve fırın tütmeye başlar. Bunun tersi olarak fazla hava olunca fırın soğur. Çünkü yanmadan ileri gelen ısıнын bir kısmı fazla gelen havanın ısınmasına sarf edilmiş olur.



Şekil 3.2. Tavlama fırın ekranı (Çaprazoğlu D.Ç).

3.2. FIRIN TİPLERİ

5 çeşit fırın tipi mevcuttur;

- Yığın tipi fırınlar,
- İtmeli fırınlar,
- Döner hazneli fırınlar,
- Yürür kirişli veya makaralı hazneli fırınlar,
- Elektrik enerjili fırınlar

3.2.1. Yığın Tipi Fırınlr

Bu fırınlr yeniden ısıtma fırınlrının en eski olanıdır. Fırına şarj edilen malzemeler fırın haznesinde istenilen sıcaklığa ısıtılana kadar yeri değiştirilmeden kalır. Yığın fırınlrında ateşleme için sıvı veya gaz yakıt kullanılmakta, yanma için ise ön ısıtılmış veya soğuk hava kullanılmaktadır.

3.2.2. İtmeli Fırınlr

İtmeli fırınlr sürekli fırınlrın bir tipidir. Burada fırına şarj edilen malzeme istenilen sıcaklığa ısıtılırken fırın boyunca hareket halindedir. İlk yapılan itmeli fırınlrın amacı küçük kütükleri tavlama için dizayn edilmiş olup, bu fırınlarda kütüklerin fırın boyunca hareketini kolaylaştırmak için hazne eğimli yapılmıştır. şarjın boşaldığı kısımdaki yakıcılar tarafından fırına verilen yakıt ve havanın yanmasıyla sağlanan sıcak gazlar kütükleri üst yüzeylerinden ısıtır. Fırının yanma haznesine göre diğer ucunda bulunan iticilerle fırına şarj edilen kütükler yanma haznesine doğru itilir. Fırında malzeme akışı ile gaz akışı birbirine ters yönde hareket etmektedir. Modern itmeli tip fırınlr ilk yapılanlardan birçok farklılıklar göstermesine rağmen bugün eski tipteki itmeli fırınlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yeni yapılan modern itmeli fırınlr 25-30 m hazneli olup, üst ve taban ateşleme, ön ısıtma, ısıtma ve tavlama bölgeleri içermektedir.

Sürekli itmeli fırınlarda ısıtılacak kütük veya slab şeklindeki bir malzeme fırına bir uçtaki şarj kapısından iticiler vasıtasıyla şarj edildiğinde, fırının hazne kısmında istenilen sıcaklığa ulaşmış olan bir malzeme fırının boşaltma kapısından çıkıp, hadde tezgâhına gitmektedir.

3.2.3. Döner Hazneli Fırınlr

Bu tip fırınlr genellikle kısa kütük ve takozları veya küçük parçaları dövme sıcaklığında ısıtmada kullanılır. Bu fırınlarda hazne bölümü dönerken dış kısımlar ve çatı sabit durumdadır. Bu tipteki fırınlarda hazne üstünde iç ve dış duvarlarda yakıcılar vardır. Bu tipteki küçük fırınlr ısıl işlemler için de kullanılmaktadır.

3.2.4. Yürür Kirişli veya Makaralı Hazneli Fırınlr

Bu tür fırınlarda fırına şarj edilen malzemenin fırın içinde akışı sürekli olarak dönen kirişlerle veya makaralarla sağlanmaktadır. Bu fırınlarda da itmeli tipteki sürekli fırınlarda olduğu gibi malzeme fırına bir uçtan şarj edilmekte, diğer uçtan talanmış olarak çıkmaktadır. Kirişler hidrolik veya mekanik sistemle hareketlidir. Yakıcılar genellikle yan duvarların üst veya alt kısımlarında karşılıklı olarak yerleştirilir. Fırın çatısına da yakıcılar yerleştirilebilir.

3.2.5. Elektrik Enerjili Fırınlr

Elektrik enerjili ısıtma işlemlerinde en iyi yakıt olmasına karşılık pahalı olması nedeniyle uygulamada tercih edilmemektedir. Elektrik enerjili fırınlardan rezistanslı fırınlar genellikle küçük parçaların ısıtma işlemlerinde kullanılmaktadır. Elektrik enerjili fırınlar plastik şekil verme işlemlerinden yalnızca dövme ve şekilli kesme işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu uygulamada parçaların elektrik enerjisi ile ısıtılmasında başlıca iki metot kullanılır.

Isıtılacak parça direnç vazifesi görür. Parçaya elektrik akımı verilince, elektrik enerjisine dönüşerek malzeme istenilen sıcaklığa ısıtılır. Bu metot ile ısıtma üniform kesitli parçalarda uygulanabilmektedir.

Endüksiyonla Isıtma: Bu yöntem bugün fazla kullanılan elektrik enerjili ısıtma şeklidir. Isıtma hızı çok yüksektir ve değişik kesit alanına sahip parçalara uygulanabilmektedir. Endüksiyonla ısıtmada parçayı ısıtmak mümkündür. Isıtılan bölgede istenilen plastik şekil verme işlemi yapılır. Günümüzde endüksiyonla ısıtma endüstride ısıtma işlemleri için de yaygın olarak kullanılır.

3.3. HADDEHANE TAV FIRINLARI

2 tip fırın mevcuttur;

- İtmeli tip ön tav fırını

- Yürüyen tabanlı tav fırını

Bu fırınlardan ilki ön tav ve tav fırını olarak iki amaçlı kullanılmaktadır. Yürüyen tabanlı tav fırınının bakımı süresince itmeli tip ön tav fırını, tav fırını olarak çalıştırılır. İkinci fırın zemini hidrolik silindirler yardımıyla dikdörtgen hareketi yaparak kütüğün hareketi sağlanır.

3.3.1. İtmeli Tip Ön Tav Fırını

Fırına kütük şarjı, yükleme ünitesinden 4'er adet rulolar yardımıyla fırının itici pistonu önüne getirilerek yapılır. Kütükler itici piston yardımıyla fırına itilir. Fırın içi yaklaşık 110 adet 6 metre 130x130 mm boyutlarında kütük almaktadır. Fırın çıkışına gelen kütüğün duruş konumu bir switch tarafından sağlanır, daha sonra yandan itici bir kolla kütük dışarı çıkarılarak roleli yollar yardımıyla zincirli transfer ünitesi üzerine alınır. Zincirli transfer ünitesi kütüğü tav fırını giriş rulolu yoluna transfer eder.

3.3.2. Yürüyen Tabanlı Tav Fırını

Fırın hareket ve yanma sistemi tam otomatik olup, diğer fırında olduğu gibi fırıncı elemanın istemiş olduğu test değerlerine uygun olarak çalışır. Fırına kütük içinde bulunan 4 adet giriş rulolarıyla şarj edilir. Rulolar üzerinde kütük durdurulduktan sonra stoper yardımıyla hizalatılır. Daha sonra ikili itici kol kütüğü sabit ayaklar üzerine iter. Sabit ayaklar üzerine alınan kütük 3 sabit ayak arasındaki 2 adet hidrolik silindirli hareketli ayakla önce yukarı kaldırılır (20 cm) ,sonra ileri (21 cm)ötelenir, sonra aşağı harekete geçer ve tekrar geri gelerek ilk konumunda bekler. Bu hareket süresi azaltılıp çoğaltılabilir. Fırın çıkışına kadar gelen kütük yine fırın içinde bulunan 4 adet su soğutmalı rulolar yardımıyla dışarı alınır.

İncelenecek olan D.Ç de bünyesinde fırına kütüğün beslenmesi arkadan itmeli sistemle yapılır. Yatayda itme kapasitesi 400 tondur. Ocak arkası itici ünitesinde 30 KW 1400 devir GAMAK marka motor kullanılmıştır, çift kollu ortadan silindirli 450 mm switch durdurma özelliği olan kollar kütüğü ocağa sürmektedir. Pompa

kapasitesi 80 Lt/saat, 250 Lt yağ tankı mevcuttur ve pompa bu tanktan hidrolik tertibatlarla silindire yağ basmaktadır.

3.4. TAVLAMA ORTAMI

Plastik şekil verme işlemlerinde sıcak işlem için en uygun sıcaklık, işlemde uygulanacak deformasyon oranına, deformasyon oranına, deformasyon hızı ve şartlarına işlem sonunda üründen beklenen mekanik özelliklere bağlı olarak seçilir. Sıcak işlem için malzemenin tavlama sırasında önemli olan bir husus da oksitlenmedir. Tavlama da koruyucu bir atmosfer veya vakum kullanmak genelde hem pratik olmayıp, hem de pahalı olduğundan gerekmedikçe uygulanmamaktadır. Genellikle hava atmosferinde yapılan tavlama işlemlerinde de malzemenin yüzeyi oksitlenmektedir. Malzeme yüzeyinde oluşan oksit tabakasına uygulama da tufal denmektedir. Tufallaşma yani oksitlenme bir malzeme kaybıdır. Bu kayıp %1-3 oranındadır. Bu kaybı önlemek gerekir, fakat bu önleme işlemi ekonomik değilse avantajlı olmayabilir. Tufallaşmaya etki eden faktörler vardır;

- Sıcaklık
- Isıtma süresi
- Malzemenin cinsi ve bileşimi
- Parçanın boyutu ve şekli

Sıcaklığın artması ile tufallaşma artar, örneğin, karbon çeliklerinde 900 °C deki tufallaşma hızını 1 kabul edersek 1000 °C de 2, 1100 °C de 3,5, 1300 °C de 7 olacaktır. 1300 °C den sonra tufal oluşum hızı çok yüksektir. Isıtma süresinin de tufal miktarına etkisi fazladır. Yüksek sıcaklıkta ve diğer eşit şartlar altında daha uzun ısıtma sürelerinde tufallaşma kaybı artar. Isıtma süresi olarak bütün parçanın istenilen sıcaklığa homojen olarak erişebilmesi için gerekli en kısa zaman alınmalıdır.

Isıtma ortamı (fırın atmosferi) oksitleyici ise fal kaybı fazla, redükleyici ise çok az olur. Redükleyici ortama yakıt kullanımı fazla, yanma randımanı düşüktür. Uygulama da genellikle yakıtı tam yakacak hava miktarının biraz üzerinde hava

verilir. Bu sebeple genellikle fırın gazları oksitleyicidir. Fırın içinde yanma ürünleri nötr atmosfer oluşturamazlar. Redükleyici atmosfer için gerekli olan karbon monoksit ve hidrojen gazları ise yok denecek derecededir. Yakıtın cinsi de çok önemlidir. Sıvı ve gaz yakıtlarda hava ayarlanması mümkündür. Katı yakıtta bu zordur. Yanma için verilen havanın gereğinden fazla olması oksitleyici fırın atmosferi oluşturur, iyi yakıt ve hava miktarı karışımı gaz yakıtlarla sağlanır.

Malzemenin cinsi ve kimyasal bileşimi tufal oluşumuna etki eden önemli faktörlerdir. Örneğin, çeliklerde alüminyum, krom, silisyum ve bakır elementleri yüzeyde oksitlenmeyi azalttığından tufallaşmayı azaltır. Bu sebeple bütün alaşımlı çelikler, karbon çeliklerden daha az oksidasyona uğrarlar.

Parçanın şekli de oksitlenmeyi etkiler. Kompleks şekilli parçalarda yüzey alanı fazla olduğundan tufal kaybı fazla olacaktır. Küçük boyutlu ve işlenmiş parçalarda tufal oluşumu hiç istenmez, çünkü tufal oluşumu parça boyutlarının küçülmesine sebep olur.

Fırın atmosferine bağlı olarak çeliklerde görülen bir olay da dekarbürizasyon yani karbon yansımadır. Çelikteki karbon miktarı arttıkça, tavlama sırasında yüzeydeki karbon yanması artar. Alaşımlı çeliklerde oksijene ilgisi fazla olan alaşım elementlerinin yanması da söz konusudur. Tavlama sırası da oksidasyon ve dekarbürizasyon olayları birlikte olur, önce dekarbürizasyon sonra oksidasyon olayı başlamaktadır. Dekarbürizasyonu veya alaşım elementlerinin yanmasını önlemek için nötr atmosferde çalışmak ya da parçaların fırın atmosferinden izolasyonu gerekir.

Tavlama sırasında sıcaklık çok yüksek ise veya sıcaklık normal, süre çok uzun ise aşırı tane büyümesi meydana gelir. Bu durumda süneklik azalır yanma genellikle yüksek sıcaklıklarda uzun süre oksitleyici ortamda tavlanan malzemelerde görülen bir olaydır. Tavlama sırasında oksitleyici fırın atmosferinden malzemenin içine oksijen yayılır. Yüksek sıcaklık sebebi ile bir büyümüş olan tanelerin sınırları da oksitlenir. Böylece tane sınırlarında ince bir oksit filmi teşekkül eder. Bu durumda

malzemeyi şekillendirmek çok zor, hatta imkânsızdır. Yanmış malzemeyi düzeltmek mümkün değildir, bu malzeme ancak hurda olarak kullanılabilir.

Tavlama sırasında kullanılan yakıttaki kükürt miktarı da önemlidir. Kükürt miktarı fazla olan yakıtlar kullanıldığında kükürt yayınma yoluyla malzemeye girmekte ve bazı malzemelerde problem olmaktadır.

Örneğin; çeliğe kükürtün yayınması ile demir sülfür oluşmaktadır. Demir sülfürün ergime sıcaklığı düşük olup yüksek deformasyon sıcaklıklarında yapılan plastik şekillendirme sırasında sıcak yırtılmalara sebep olmaktadır. Bu sebeple yakıttaki kükürt oranının çok düşük olması gerekir. Çeliklere kükürt yayınıcı sıvı yakıtlar kullanıldığında daha çok görülür.

Tavlama işlemlerinde ısıtma hızı da önemli bir faktördür. Malzemenin ısıl yanma katsayısına bağlı olarak homojen ısınma süresi değişir. Isı iletim katsayısı düşük olan alaşımlı çelik gibi malzemelerde ısıtma hızı yüksek ise yüzey ve iç bölgelerin sıcaklıkları farklı olacağından oluşan temel gerilmeler malzemenin çatlamasına sebep olabilir. Bu sebeple böyle malzemeler de ısıtma hızı düşük olmalıdır. Büyük kesitli malzemeler ve alaşımlı çelikler genellikle kademeli ısıtılır. Alaşımlı çelikler için ön ısıtma sıcaklığı 800 °C civarındadır.

Genel olarak uygun bir tavlama yapmak için;

- Atmosfer kontrollü fırınlar kullanmak,
- Fırın sıcaklığını ölçerek kontrol etmek,
- Sıcaklık bütün kesitte aynı olacak şekilde bir ısıtma hızı kullanmak,
- Oksitlenme (tufallaşma) kaybı ve yakıt sarfiyatı en az olacak şekilde tavlama,
- Kullanılacak yakıtı amaca uygun seçmek,
- Homojen sıcaklık için gerekli en kısa zamanda tavlama

3.5. KÜTÜK ŞARJI

Demir elik haddehanelerinde tav fırınına şarjı üç yöntemle yapılmaktadır;

- Sıcak şarj
- Soğuk şarj

3.5.1. Sıcak şarj

Kontinü döküm makinasının çıkan kütüğün ortam sıcaklığında soğutulmasına müsaade etmeksizin fırına şarj edilmesidir. Sıcak şarj yapılacak kütüğün yüksek sıcaklıkta şarj yapılması halinde mamullerde sıcak yırtılma nedeniyle çapaklanma olabilir.

3.5.2. Soğuk şarj

Fırına ortam sıcaklığındaki kütüğün şarj edilme yöntemidir. Sıcak şarj yöntemiyle yapılan kütük şarjıyla yaklaşık %50'ye varan yakıt tasarrufu sağlanmasının yanı sıra, kütüğün merkeziyle yüzeyi arasındaki sıcaklık farkının minimum olması sağlanabilir.

3.6. BRÜLÖRLER

Brülör, mekanik tesisatta kazanlarda kullanılan ve hava ile yakıtın karıştırılarak yakılmasını ve kontrolünü sağlayan yanma mekanizması olarak düşünebilirsiniz. Yakıt brülöre gelerek, istenilen miktarda yakıt ve hava ile kazanın içerisinde yanma gerçekleştirilip, kazandaki suyun ısınmasını sağlar. Brülörlerin yakıt cinslerine göre çeşitleri vardır.

3.6.1. Katı Yakıt Yakan Brülörler

Bu brülör daha büyük alanlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Konutların ve sitelerin merkezi ısıtma sistemlerinde ve sanayide yüksek ısı üretimi gerekli yerlerde kullanılmaktadır [8].

3.6.2. Sıvı Yakıt Yakan Brülörler

Sıvı yakıt brülörleri üç grupta toplanabilir;

- Buharlaşmalı brülörler (Karbüratörlü)
- Pompalı brülörler
- Dönel brülörler

Isıtma amacı ile buharlaşmalı brülör kullanımı yaygın değildir. Kalorifer kazanlarında daha çok diğer iki tip brülör kullanılır. Pompalı brülörler 400 kg/h kapasitelere kadar mono blok olarak yapılır. Fan, pompa, motor, filtre, ısıtıcı ve kontrol elemanları kendi üzerindedir. Tam otomatik, tek veya çift kademeli olabilirler. Kumanda on-off veya oransal olabilir. Özellikle büyük kapasitelerde oransal kontrol yakıt ekonomisi sağlar. Dönel brülörler genellikle büyük işletmelerde kullanılırlar ve oransal kontrollüdür. Büyük kapasiteli brülörlerde yakma havası ayrı bir fanla sağlanır ve kanalla brülörün özel girişine adapte edilir [8].

3.6.3. Doğal Gaz Brülörleri

Gaz yakıt diğer yakıtlarla karşılaştırıldığında en kolay yakılan ve dolayısı ile gaz yakıt brülörü en basit yapıya sahip olan brülör tipidir. Doğal gaz brülörünün temel görevi yakıt ve havayı karıştırmak ve ateşlemektir. Ayrıca yanmanın kontrolü ve güvenlikle ilgili fonksiyonları vardır. Gaz brülörleri iki ana gruba ayrılır;

- Üflemesiz (Atmosferik) gaz brülörleri
- Üflemeli (Fanlı) gaz brülörleri

Üflemeli gaz brülörleri ise günümüzde ikiye ayrılmaktadır;

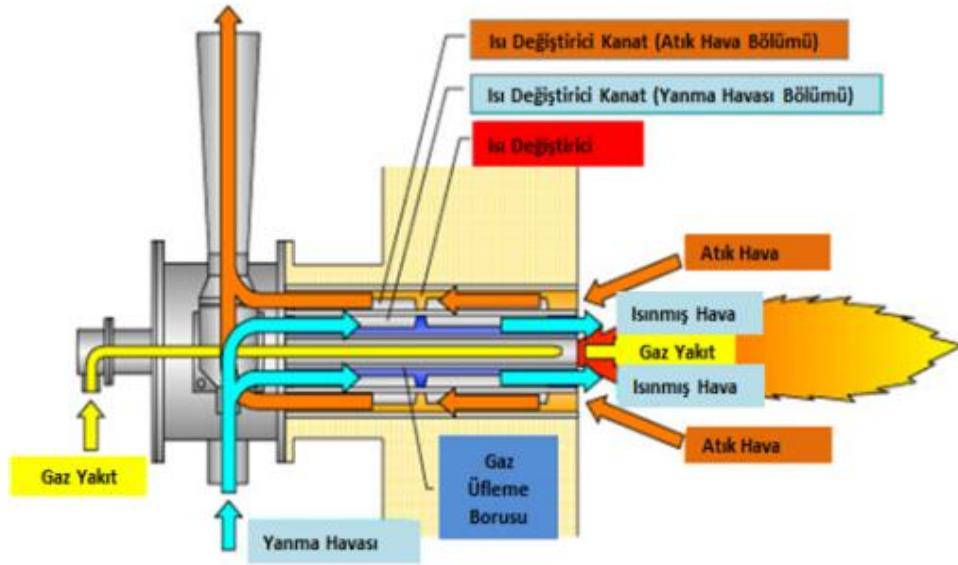
- Ön karışimsız (difüzyon alevli) üflemeli gaz brülörleri
- Ön karışimli üflemeli gaz brülörleri

Ön karışimli brülörler son yıllarda geliştirilen ve atmosferik brülör alternatifi olarak kullanılan tip brülörlerdir. Özellikle düşük emisyon değerleri ve oransal kapasite

kontrol imkanı ile öne çıkan ve daha çok modern kazanlarda kullanılan brülör tipidir [8].

3.6.4. Çift Yakıtlı Brülörler

Çift yakıtlı brülörler üfleme brülörlerinin hem sıvı yakıt, hem de doğal gaz yakabilen kombine tipleridir. Ancak çift yakıtlı brülörler 1000 kg/h ve daha büyük kapasiteli tesislerde (termik santraller, büyük fabrikalar vb.); doğal gazı kesintili tarifeden daha ucuza almak için kullanılır. 500 kg/h değerinden daha küçük kapasitelerde verim, işletme ve servis problemleri nedeniyle tercih edilmeleri pratik değildir [8].

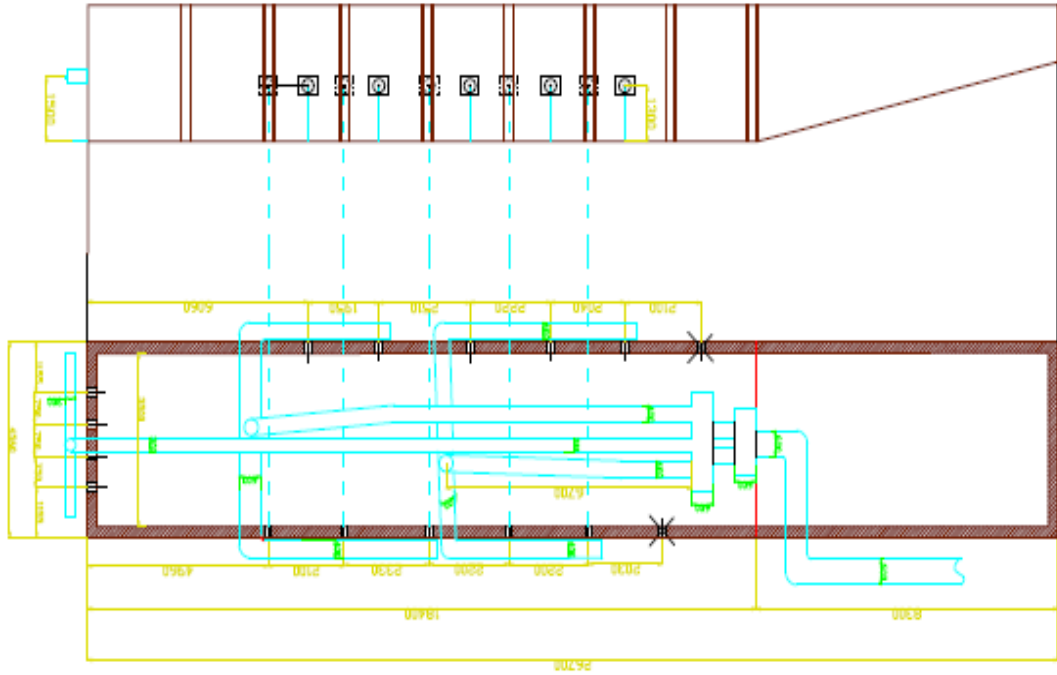


Şekil 3.3. Brülör diyagramı [9].

Endüstriyel tav fırınlarında verimliliği etkileyen başlıca faktörler şunlardır:

- Eksik yanma,
- Hava yakıt oranı,
- Baca gazı sıcaklığı,
- Reküperatörler ve yakma havasının ön ısıtılması,
- Duvar kayıpları,

- Tufal kayıpları,
- Soğutma suyu kayıpları,
- Açıklık kaybı,
- Yakıt cinsi,
- Börnerler,
- Kütük şarj sıcaklığı [10].



Şekil 3.4. Haddehane tav fırını genel görünüm.

3.7. FABRİKA İÇİNDE KULLANILAN TAV FIRINI ÖZELLİKLERİ VE YAKIT TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

- Fırın beklerinden elde edilecek toplam ısı 1350 °C, yakma sıcaklığı(havası) 450 °C
- Fırın cehennemlik boyu 18 metre, 3 metre kütük boyuyla fırının nominal kapasitesi 27 ton / saat
- Kütükler fırın rekrakterdeki sıcaklığa bağlı olarak oluşan radyasyonla tavlınır.
- Cehennemlikten sonra alçalan kısımda ısınım olmaz. Bu yüzden buradaki kütük atık gazla ısı alır.

- Kütükler radyasyonla tavlendiğinde uzun süreli çalışmalarda kütüğün refrakter malzeme değiştirilir. Refrakter malzeme değişmediğinde yaktığın gaz artar.
- Refrakter malzeme cinsi, kalitesi, örüm şekli, izolasyon malzemeleri, çalışma süreleri gibi nedenler ısı kaybına neden olabilir.
- Yakma havalarının geri dönüşlerinde yakıt tasarrufu sağlamak için reküperatör sistemleri kullanılmaktadır. Reküperatör sistemleri ısıtılan havanın geri dönüşlerinde kayıpsız olarak beklere dönüşü sağlanmaktadır.
- Fırın tam kapasite çalışmalarda enerji sarfiyatları düşük olduğu zaman, kısa süreli çalışmalarda yüksek olur.
- Tufal malzemeye yapışan oksijenin malzemedan parça koparmasıdır. 900 °C üzeri sıcaklıklarda tufal oluşumu başlar. 1200 °C üzeri sıcaklıklarda kütük başlarında erimeler başlar.
- Doğalgazla çalışan fırınlar, fueloil ile çalışan fırınlara göre yarı yarıya azalır.
- Düşük kapasiteli çalışmalarda tufal oluşumunu azaltmak için kapasite düşüklüğü oranında bekler kapatılmalıdır.
- Beklerin kaliteli gaz hava karışımı ile oransal yakılabilmesi tufal kazancı olacaktır.
- Bekler yanarken hava açığa çıkarken tufala neden olmamalıdır.
- Fırın yanan gazlarının fırını terk ettiği noktada oksijen ölçümü yapılmalıdır.
- Ölçülen oksijen 0,5- 2 aralığında olmalıdır.
- 0,5 oksijen en az tufal için, 0,2 oksijen ise en az yakıt için ideal oranlardır.
- Yakma sistemleri yakıt hava oranları 1/9 – 1/10 aralığında olmalıdır.
- Gaz hava ölçümleri doğru yapılmalıdır.
- Ortam sıcaklığıyla ısınan gazın ve havanın hacmi değişmelidir.
- Hava 273°C ısıtıldığında hacmi 2 katına çıkar.
- Yapılan debi ölçüm sistemi gerçek normal m^3 cinsinden değer vermelidir.
- Fırının içinde yanmayan beklerden hava girebilir. Her bekin havası klepeleri tarafından otomatik olarak kapatılır.
- Fırın iç basınç ölçümü ve kontrolü tufal kontrolü için önemlidir.

- Fırın iç basıncı düşük olduğundan fırının açık yerlerinden içeriye hava girecek oksijen nedeniyle tufal artacak gereksiz olarak içeriye giren soğuk havanın 1250 °C ısıtılması gerektiğinde yakıt tüketimi artar.
- Tersine iç basınç gerektiğinden fazla yükseldiğinde fırının açık yerlerinden baca gazı çalışarak ısı kaybına neden olacaktır, böylelikle ömrü azalır.
- Fırın iç basıncı doğru yerden doğru şekilde ölçülmelidir.
- Fırın iç basıncı 1-4 mm aralığında olmalıdır.

Çizelge 3.1. Demir çelik proses kontrol sistemi.

(PLC DE OLMASI GEREKEN ASGARİ İMKANLAR)		<u>GENEL</u>	<u>ZON-1</u>	<u>ZON-2</u>	<u>ZON-3</u>
A	<u>GÖSTERİLECEK ÖLÇÜLEN DEĞERLER</u>				
1-	SICAKLIKLAR (C°)		X	X	X
2-	GAZ DEBİLERİ (Nm3/h) (Toplayıcı)		X	X	X
3-	HAVA DEBİLERİ (Nm3/h)		X	X	X
4-	FAN ÇIKIŞ BASINCI (mmSS)	X			
5-	SICAK HAVA SICAKLIĞI (C°)	X			
6-	FIRIN İÇİ BASINCI (mmSS)	X			
7-	BACA GAZI OKSİJEN (% valum)	X			
8-	REKÜPARATÖRDEN ÖNCE BACA GAZI SICAKLIĞI (C°)	X			
9-	REKÜPARATÖRDEN SONRA BACA GAZI SICAKLIĞI (C°)	X			
B	<u>SET DEĞERLERİ</u>				
1-	SICAKLIKLAR (C°)		X	X	X
2-	YAKIT/HAVA ORANI (%)		X	X	X
3-	FAN ÇIKIŞ BASINCI (mmSS)	X			
4-	FIRIN İÇİ BASINCI (mmSS)	X			
C	<u>OPERATÖRCE KUMANDA EDİLECEK DEĞERLER</u>				
1-	GAZ DEBİ KLEPELERİ %0-100		X	X	X
2-	HAVA DEBİ KLEPELERİ %0-100	X	X	X	X
3-	FAN ÇIKIŞ BASINCI	X			
4-	FIRIN İÇİ BASIÇ KLEPESİ	X			

	%0-100				
--	--------	--	--	--	--

Çizelge 3.2. (devam ediyor).

<u>D</u>	<u>GÖSTERİLECEK VE OPERATÖRCE DEĞİŞTİRİLEBİLECEK PID PARAMETRELERİ (KONTROL EDİLEN DEĞERLER)</u>				
1-	SICAKLIKLAR		X	X	X
2-	HAVALAR		X	X	X
3-	FAN ÇIKIŞ BASINCI	X			
4-	FIRIN İÇİ BASINCI	X			
<u>E</u>	<u>GÖSTERİLECEK % KLEPE AÇIKLIKLARI</u>				
1-	GAZ KELEPERİ		X	X	X
2-	HAVA KELEPERİ		X	X	X
3-	FIRIN İÇİ BASIÇ KLEPESİ	X			

Tav fırını otomasyon sisteminde 3 zona ayrılmıştı. Bu zonlarda operatörce kontrol edilecek ve değiştirilecek değerler ile operatörün istediği tav değerlerine göre sistem tarafından belirlenecek tüm değerler yer almalıdır. Zon 1-2 ve 3 de tüm sıcaklıklar gaz debileri hava debileri operatörce kontrol edilebilir. Aynı zamanda genel pano da operatörün sürekli görmesi sağlanan değerler vardır. Bunlar; fan çıkış basıncı (mmSS) dönüş hava sıcaklığı fırın içi basıncı (mmSS) baca gazı oksijen miktarı genel pano da sürekli olarak gösterilir. Tav fırını yanarken operatör bilinen set değerlerinin dışında farklı değerler okursa sistemdeki arızaları çözebilmektedir. Bunların yanında reküperatör sisteminin verimli olarak çalışabildiğinin kontrolü için reküperatörden önceki baca gazı sıcaklığı ile sonrası baca gazı sıcaklığı takip edilmektedir. Haddenin ürettiği mamullere göre tüm bu set değerleri değişiklik gösterebilir.

3.8. ÇELİKLERİN TAVLAMA SÜRECİ

200 °C ve düşük sıcaklığa sahip çeliklerin fırınların şarjına soğuk şarj, 200 °C ve daha yüksek sıcaklıkta olan çeliklerin şarjına sıcak şarj adı verilir. Karbonlu çelikler de ise;

Soğuk şarj için tavlama süresi (saat);

$$T_a = \frac{C \times D}{1000} \quad (3.1)$$

Sıcak şarj için tavlama süreci;

$$T_b = 3,6 - 0,0003 \cdot T \quad (3.2)$$

5/8 ton ağırlıklı kısa boylu ingot çelik blokların sıcak şarjında;

$$T_c = (7,0 - 0,006(t - 200))m \quad (3.3)$$

Bir kısmı soğuk bir kısmı sıcak olarak yapılan şarjlarda tavlama süresi;

$$T = n_1 \cdot t_a + n_2 \cdot t_b \quad (3.4)$$

Formülleri ile hesaplanabilir. Formüller sabit (1200 °C) hadde sıcaklığına göre hesaplanmıştır.

C: Tavlanan malzemenin cinsine bağlı katsayı

m: çeliğin cinsine bağlı katsayı

d: şarj edilen çeliğin çapı veya eşdeğer kenar boyu, mm

n_1 : fırına şarj edilen toplam malzeme miktarındaki soğuk malzeme %

n_2 : fırına şarj edilen n_2 toplam malzeme miktarındaki sıcak malzeme %

t: şarj edilen malzemenin sıcaklığı °C

Çizelge 3.3. Çelik cinsine bağlı tavlama süreci düzeltme katsayıları [11].

Çelik Cinsi	m	C
Karbonlu Çelikler	1	10 – 15
Alaşımlı Konstrüksiyon Çelikleri	1,07	15 – 20
Kaliteli Alaşımlı Konstrüksiyon Çelikleri	1,12	20 – 30
Yüksek Kalitede Alaşımlı Takım Çelikleri	1,2	30 – 40

Örnek: 260x340 mm kesitli kütükler şarj edilen bir hadde tav fırınına soğuk olarak şarj yapılmaktadır (karbonlu çelik). Hadde sıcaklığı 1200 °C ise tavlama sürecini hesaplayınız.

$$d = 1,128 \cdot \sqrt{a \cdot b} \quad (3.5)$$

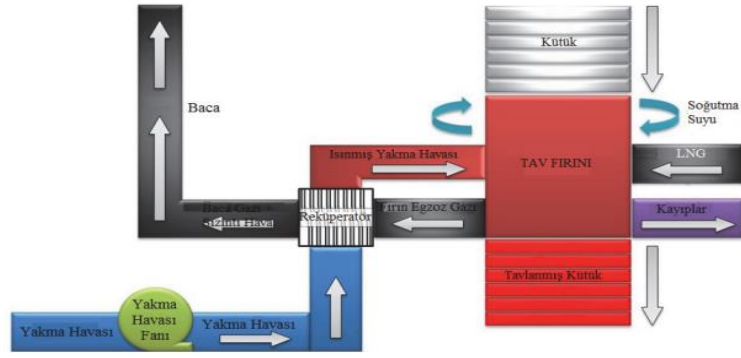
$$d = 1,128 \cdot \sqrt{260 \cdot 340} \quad (3.6)$$

$$d = 335,57 \text{ mm} \quad (3.7)$$

$$T_a = \frac{Cx D}{1000} = \frac{12x 335,57}{1000} = 4,0268 \text{ saat} \quad (3.8)$$

3.9. HADDE İÇİNDE KULLANILAN REKÜPERATÖR SİSTEMİ

Rekuperatörler haddehane fırınlarından çıkan atık ısının geri kazanımını sağlamaktadır. Tav fırınlarının atık gazının çıkışına yerleştirilip sıcaklığından yararlanılarak tekrardan fırına aktarılır. Fırına kullanılan gazdan tasarruf sağlanmış olmaktadır.



Şekil 3.5. Tav fırını çalışma ve ölçüm sisteminin şematik gösterimi [12].

3.10. ENERJİ ANALİZİ

Haddehane tav fırınları için enerji denklemi;

$$\dot{Q}_y + \dot{Q}_{yh} + \dot{Q}_{kg} + \dot{Q}_{ssg} - \dot{Q}_{kc} + \dot{Q}_{bg} + \dot{Q}_{ssc} + \dot{Q}_d \quad (3.9)$$

Burada \dot{Q}_y yakıt enerjisi, \dot{Q}_{yh} yakma hava enerjisi, \dot{Q}_{kg} kütüğün fırın girişindeki enerjisi, \dot{Q}_{ssg} soğutma suyunun fırın girişindeki enerjisi, \dot{Q}_{kc} kütüğün fırın çıkışındaki enerjisi, \dot{Q}_{bg} baca gazı enerjisi, \dot{Q}_{ssc} soğutma suyunun fırın çıkışındaki enerjisi ve \dot{Q}_d kayıp enerjilerdir.

Yakıtların yanması ile sisteme giren enerji şu şekilde hesaplanır:

$$\dot{Q}_y = \dot{m}_y H \quad (3.10)$$

Burada \dot{m}_y yakıtın debisi ve H yakıtın alt ısıl değeridir.

Yakma havası enerjisi ise şu şekilde hesaplanır:

$$\dot{Q}_{yh} = \dot{m}_y c_{py} T_y \quad (3.11)$$

Burada \dot{m}_y yakma havası debisi, c_{py} yakma havası özgül ısısı, T_y yakma havası sıcaklığıdır.

Fırında kütüğe aktarılan enerji ise şu şekilde hesaplanır:

$$\dot{Q}_k = \dot{Q}_{kc} - \dot{Q}_{kg} = \dot{m}_{kc}c_{pkc}T_{kc} - \dot{m}_{kg}c_{pkg}T_{kg} \quad (3.12)$$

Burada \dot{m}_{kc} fırın çıkışı kütük debisi, \dot{m}_{kg} fırın girişi kütük debisi, c_{pkc} kütüğün fırın çıkış sıcaklığındaki özgül ısısı, c_{pkg} kütüğün fırın giriş sıcaklığındaki özgül ısısı, T_{kc} kütüğün fırın çıkış sıcaklığı ve T_{kg} kütüğün fırın giriş sıcaklığıdır.

Fırında soğutma suyuna aktarılan enerji ise şu şekilde hesaplanır:

$$\dot{Q}_{ss} = \dot{Q}_{ssc} - \dot{Q}_{ssg} = \dot{m}_{ss\check{c}}c_{pss\check{c}}T_{ss\check{c}} - \dot{m}_{ssg}c_{pssg}T_{ssg} \quad (3.13)$$

Burada $\dot{m}_{ss\check{c}}$ fırın çıkışı soğutma suyu debisi, \dot{m}_{ssg} fırın girişi soğutma suyu debisi, $c_{pss\check{c}}$ soğutma suyunun fırın çıkışındaki özgül ısısı, c_{pssg} soğutma suyunun fırın girişindeki özgül ısısı, $T_{ss\check{c}}$ soğutma suyunun fırın çıkış sıcaklığı ve T_{ssg} soğutma suyunun fırın giriş sıcaklığıdır.

Baca gazına aktarılan enerji ise şu şekilde hesaplanır:

$$\dot{Q}_{bg} = \dot{m}_{bg}c_{pbg}T_{bg} \quad (3.14)$$

Burada \dot{m}_{bg} baca gazı debisi, c_{pbg} baca gazı ölçüm ısısı, T_{bg} baca gazı sıcaklığıdır.

Haddehane tav fırınlarında verim şu şekilde hesaplanır:

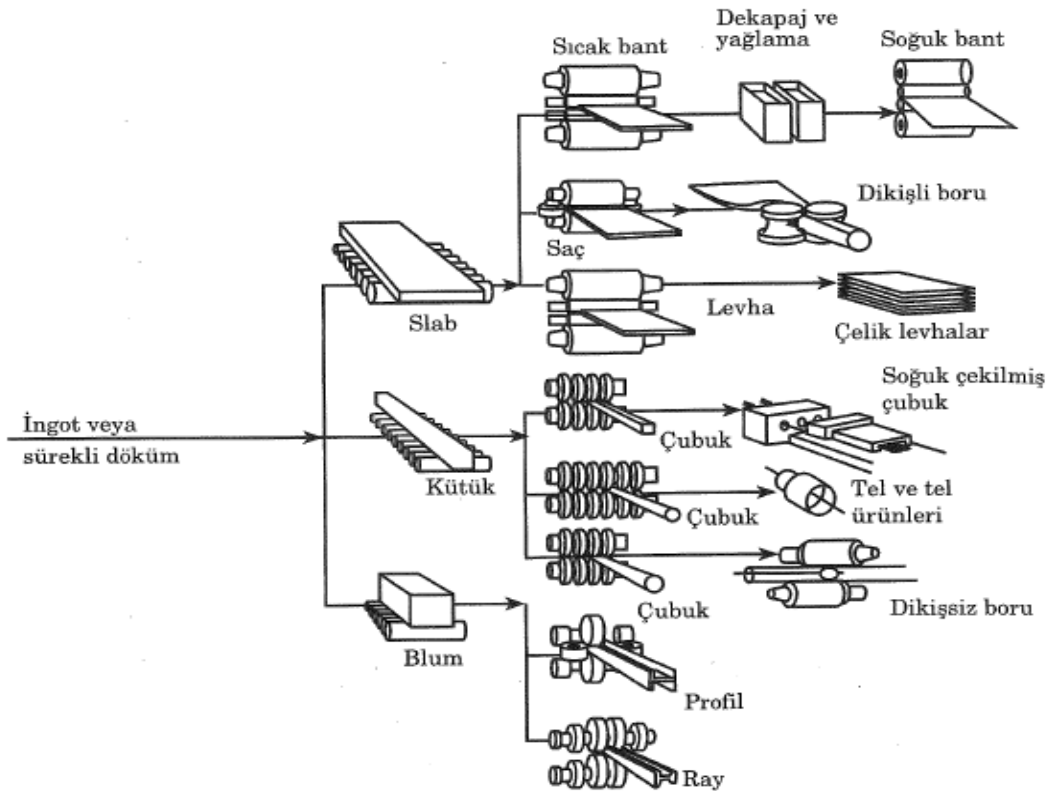
$$\eta = \frac{\dot{Q}_k}{\dot{Q}_y} \times 100 \quad (3.15)$$

Burada \dot{Q}_k kütüğe aktarılan enerji, \dot{Q}_y ise toplam yakıt enerjisidir.

BÖLÜM 4

HADDELEME

Malzemeleri, eksenleri etrafında dönen iki silindir arasından geçirilerek yapılan plastik şekil verme işlemine haddeleme denir. Haddeleme, üretim hızı ve sürekliliği ile işlemin ve ürünün kontrolünün kolay oluşu nedenleriyle en çok kullanılan plastik şekil verme yöntemidir. Plastik deformasyonun yapıldığı bütün malzemelerin %95 kısmı haddeleme ile şekillendirilir.

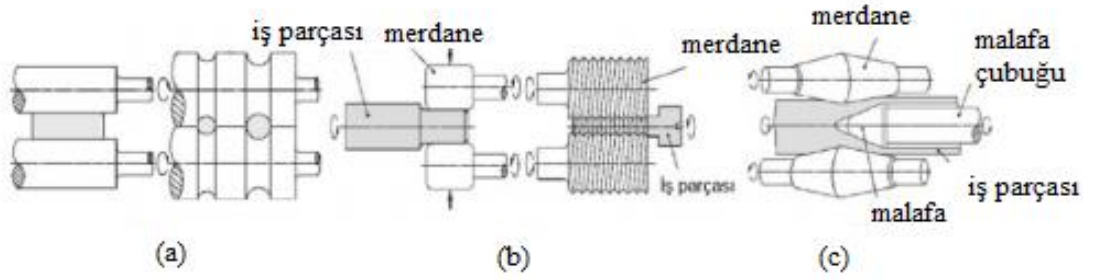


Şekil 4.1. Haddeleme ile oluşan çeşitli ürünler [13].

Merdaneler aynı hızla ve birbirine zıt yönde dönerler. Malzeme merdaneler arasından geçerken istenen şekli alır. Merdaneler arasındaki malzemenin giriş kalınlığından daha az olduğundan haddelenen malzemenin çıkış kalınlığında bir azalma olur.

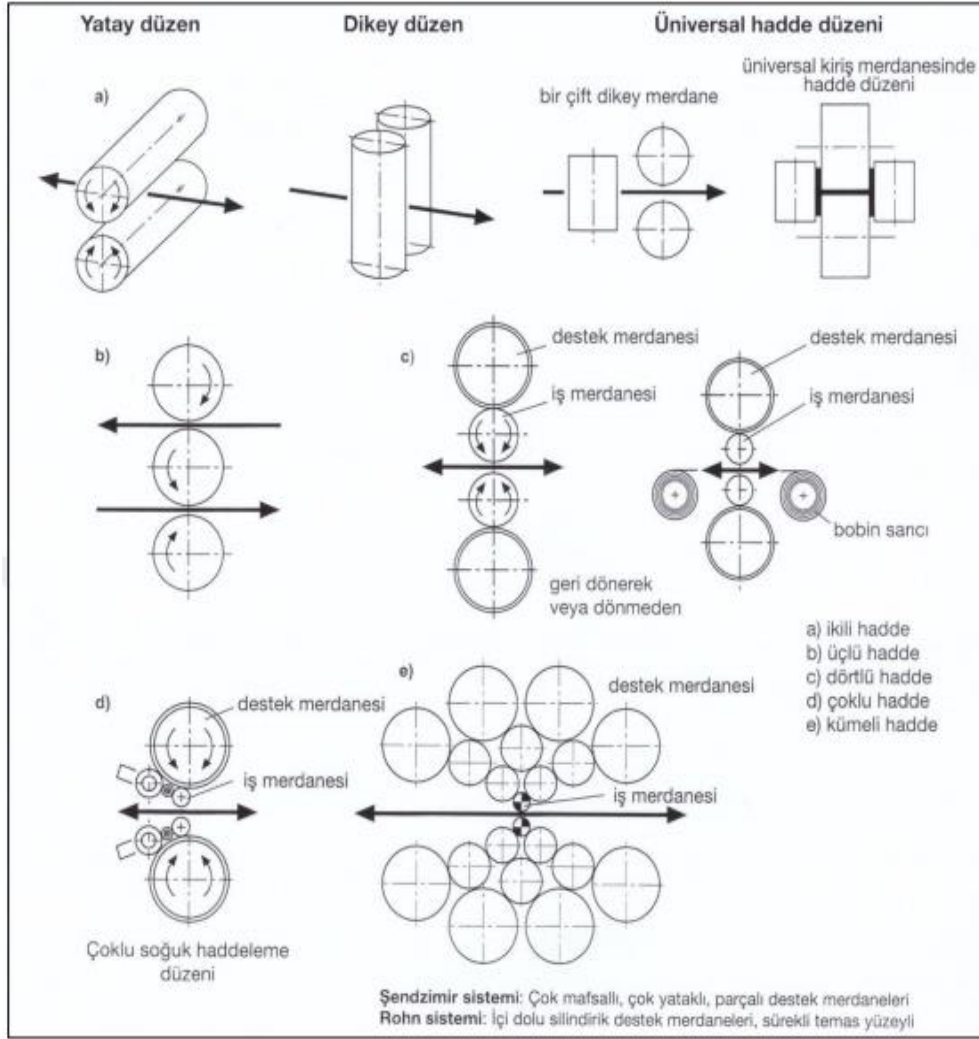
Malzemenin merdaneler arasından her geçişine paso denir. Haddeme dolaylı basma mekanik işlemler olup genellikle uygulanan tek kuvvet merdanelerle sağlanan radyal basınçtır.

Haddeme, merdane pozisyonları ve haddelenen ürünün şekline göre boyuna haddeme, enine haddeme ve eğik haddeme olarak gruplandırılır.



Şekil 4.2. a) Boyuna haddeme, b) Enine haddeme, c) Eğik haddeme [14].

Enine ve eğik haddeme yöntemlerinde genellikle içi boş cisimler veya borular imal edilmektedir. Enine haddemede haddelenen malzeme sadece kendi eksenini etrafında dönmekte olup buna bağlı olarak malzeme enine doğru akmaktadır. Eğik haddeme yönteminde ise iş merdanelerinin eksenleri birbirine karşı meyilli olması nedeniyle yuvarlak kütüğün sadece kendi eksenini etrafında dönmesi ve malzemenin de aynı zamanda boylamasına olmak üzere ileriye doğru sürülmesi esasına dayanmaktadır [14].



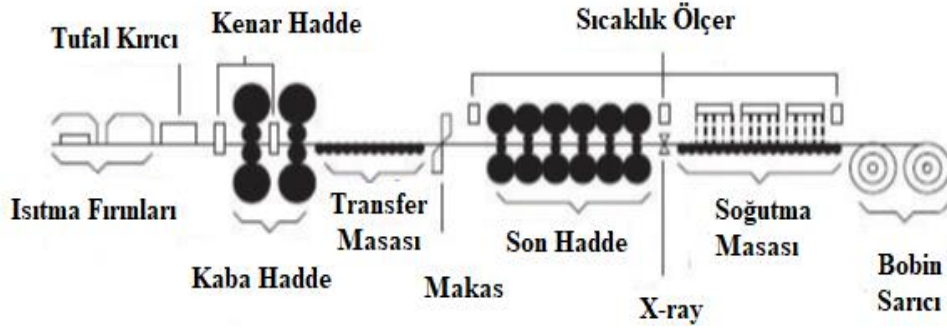
Şekil 4.3. Çeşitli haddeleme tipleri [14].

Hadde imal usulleri haddelenecek mamulün ısıtılması veya ısıtılmadan haddelenmesi olmak üzere 2 ye ayrılır. Tavlama yolu ile ısıtılarak haddelenen mamuller sıcak haddeleme, tavlanmadan imal edilen mamuller soğuk haddeleme olarak adlandırılır.

4.1. SICAK HADDELEME

Yeniden kristalleşme sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklarda yapılan şekil değiştirmelerine sıcak şekil verme, hadde için olanlarına da sıcak haddeleme denir. Malzemeye %40 ı kadar uygulanan ısıl işlemdir [15].

Sıcak haddelemelerde; mayi çeliklerden dökülmüş, kütük, ingot, blüm, slap ve bunlardan üretilmiş kütükler şeklindeki yarı mamul malzemeler kullanılır. Yapıları itibarı ile büyük kütleyle sahip olan bu külçeler, yeteri kadar sünek (ezilgen) olmadıklarından dolayı, sıcak haddeleme yapılarak istenilen ürüne dönüştürülürler, başka bir deyişle; Bu külçeler tavlanarak süneklik (ezilgenlik) kazandırılmış olurlar



Şekil 4.4. Sıcak haddehane şematik yapısı [2].

4.2. SOĞUK HADDELEME

Sıcak haddeleme devamı niteliğinde olan haddelemedir. 6 mm altındaki çubuklar, özel amaçlarla kullanılacak olan saclar soğuk haddeleme suretiyle elde edilir. Sıcak haddeleme de oluşan kusurlu toleranslı malzemeler soğuk haddeleme ile istenilen ölçüye toleranssız getirilir.



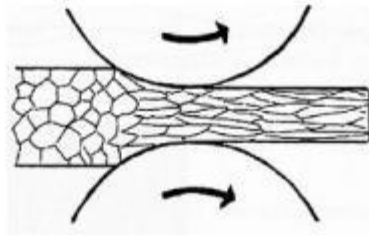
Şekil 4.5. Soğuk haddeleme sektörleri [16].

Soğuk haddelemelerde; tavlamaadan da süneklik (ezilgenlik) kazanmış ve sıcak haddeleme ile belirli ölçülere kadar indirilmiş olan ürünlerin, yarı mamul olarak soğuk haddelenmesi sonucu istenilen ürünler (tel ve sac gibi) elde edilirler.

Soğuk haddelemelerde, sıcak haddelemelere göre daha düzgün ve pürüzsüz yüzeyle mamuller elde edilirler.

Haddeleme işi; esasında mekanik bir harekettir. Hareketin, kaynağından yaradığı (kullanıldığı) yere kadar gelmesine, hareket yolu adı verilir.

Haddeleme sırasında meydana gelen hareketleri; doğru ve eğri olarak görebildiğimiz gibi, karakterleri bakımından da; dönme hareketi, ileri geri hareket, sarkaç hareketi ve dalgalı hareket olarak da görülmektedir. Bir haddeleme tesisinde bu hareketlerin hepsine rastlanır.



Şekil 4.6. Soğuk haddelemede tane dizilimi [17].

4.3. HADDEHANEDE KULLANILAN TABİRLER

Sıcak ve soğuk haddeleme de, ezme işini gören yani haddelemeyi yapan merdaneler bir tezgâh içerisinde tespit edilen yatakların içinde dönerek bu işlemi gerçekleştirirler.

Günümüzde çok değişik tezgâh tiplerinin bulunmasıyla birlikte genel olarak bir hadde tezgâhının oluştuğu kısımlar;

Tezgâh ayakları veya tezgâh gövdesi: Tezgâh ayakları veya gövdesi yekpare döküm olarak imal edilebildiği gibi sac konstrüksiyon olarak da imal edilebilir. Görevi,

ortasındaki boşluğa yataklı merdanelerin yerleştirilmesi ile onları tutmaktır, ayrıca hadde yüklerine karşı oldukça dayanıklı ve mukavim olmalıdır.

Tezgâh kafası: Yataklanmış hadde merdaneleri tezgâh içine yerleştirildikten sonra tezgâh kafası, tezgah gövdesine üstten yerleştirilir. Yerleştirme işi mekanik olarak cıvata somun sistemi ile veya hidrolik kafa sıkma pistonları ile yapılabilir.



Şekil 4.7. Hadde tezgâhı (Çaprazoğlu D.Ç).

Hadde merdaneleri: Metali deforme etmek için kullanılan hadde merdaneleri hadde tezgâhlarının en önemli elemanıdır. Merdaneler başlıca iki kısımdan oluşur.

Gövde: Merdane gövdesi, dış çapı ve gövde boyu verilerek merdanenin tanımlanmasını belirten aynı zamanda üzerine kalibre açılmak suretiyle haddeleme

işinin yapıldığı kısımdır. Örneğin: Q340x600 mm hadde merdanesinin dış çapı $D=340$ mm, gövde boyu $L=600$ mm'dir.

Muylu: Muylular hadde merdanesi gövdesinin her iki yanında yer alırlar ve hadde merdanesinin yataklanmasını aynı zamanda da redüktörlere şaftlar vasıtası ile bağlanarak merdane tahrik edilmesini sağlarlar.

Hadde merdaneleri kullanacakları hadde tezgâhı gruplarına göre, finiş hadde grupları, hazırlama grubu, ara hadde grubu gibi farklı yapıda ve özelliklerde üretilirler.

Bu özellikler merdane yapısı, merdane yüzeyi sertliği ve yüzey sertliği derinliği gibi değerlerdir.

Haddehane merdane üretiminde beklenen özellikler vardır. Bunlar;

- Kırılmaya karşı güven,
- Aşınmaya karşı dayanıklılık,
- Yüksek sıcaklıklarda mekanik dayanımının yüksek olması,
- Ani ve mevzi ısı değişikliklerine karşı dayanıklılık,
- Ani ve yüksek darbelere karşı dayanıklılık,
- Sürekli sıcak malzeme ile temas eden yüzeylerde çatlama oluşmaması yani yüksek paso ömrü,
- Merdane doğrudan maliyetinin düşük olması,
- Paso ve merdane değiştirmelerden doğan maliyetlerin düşük olması,
- Haddelenen mamulün yüzey kalitesinin yüksek kalite de olması.

Genellikle paso başına haddelenen tonaj, ton /mm olarak ifade edilen merdane ömrü toplam maliyetlerin en önemli faktörüdür. Uzun merdane ömrü için iki temel şart vardır.

- Sürekli çap düşmesi mümkün olduğu kadar yavaş olmalıdır,
- Üretken olmayan çap düşmeleri tamamen önlenmelidir.

Haddelenen ürünün kalitesi normlardaki asgari koşulları sağlamalıdır. Bu koşulları genellikle mamul ölçüleri ve yüzey pürüzlülüğünü içerir.

- Hadde merdanelerinden azami ömrü alabilmek için dikkat edilmesi gereken hususlar vardır.
- Hadde merdaneleri çalışacakları tezgâh grubuna uygun kalitede seçilmelidir.
- Hadde merdaneleri ve bazı hadde tezgâhı aksamlarının aşırı yüklenmelerine izin verilmemelidir. Hadde merdaneleri üzerine açılan kalibreler birbirine uyumlu olmalıdır, kalibre uyumsuzluğundan dolayı haddeler gelecek aşırı yükler hadde merdanelerinin ya da tezgâh aksamlarının kırılmalarına yol açabilir.
- Hadde merdaneleri tek başına ve yeterli şekilde soğutulmalıdır.
- Merdane üzerindeki pasoların değişimi zamanında yapılmalı, aşınmış pasolardan daha fazla üretim yapmaya çalışılmamalıdır. Aksi halde merdanelerden tashih işlemi sırasında çaptan daha fazla kesmek gerekecektir.
- Merdane yatakları içinde rahatça dönebilmeli, yani kasıtsız çalışmalıdır. Merdanelerin yataklanması esnasında temizliğe çok önem verilmelidir. Aksi olduğunda sık sık yatak ve rulman arızaları, merdane muylularının bozulması gibi durumlarla karşılaşılacaktır.
- Merdaneler tozdan, nemden uzak ortamlarda özel istif raflarına istif edilmeli, kullanılmayan yedek merdanelerin muylu kısımları mutlaka koruyucu ya filmi ile kaplanmalı ve çarpmalara karşı da uygun bir muhafaza şekli dille teçhiz edilmelidir.

Merdane soğutma ve merdane ömrü: Merdanelerden azami istifade edebilmek için en önemli husus olan soğutma konusuna gereken önem gösterilmeli ve bilinçli bir şekilde hareket edilmelidir.

Merdanelerin, haddeleme işlemi sırasında ısınması ve soğutma işlemi nedeniyle soğuması esnasında dış yüzeylerinde ısıl gerilmeler oluşur. Isıl gerilmelerin sonucunda merdanelerin dış yüzeylerinde ısıl çatlaklar oluşur. Bu çatlaklar merdanelerin yüzey derinliklerine kadar inebilir ve bunun sonucunda merdane kırılmaları ile karşılaşılabilir.

Merdanelerin üst yüzeylerinde etkili olan ısı merdanelerin derinliklerine inmeden soğutma suyu ile kapatılmalıdır. Bu yüzden soğutma suyu kapasiteleri ve soğutma aksesuarları özenle seçilmelidir.

Merdanelerin değişik kısımlarında hızlı ısı değişimleri önlenmelidir. Merdane, normal işletme sıcaklığına ulaştığında artık su bu sıcaklık mümkün olduğunca sabit tutulmalıdır.

Merdanelerin soğutulması genellikle çalışan pasoların şekline uygun formlu borudan veya kutu profilden yapılan suluklar ile direk olarak paso içine su püskürtülerek yapılır.

Soğutma suyu miktarı ve soğutma suyu basıncı da çok önemlidir.

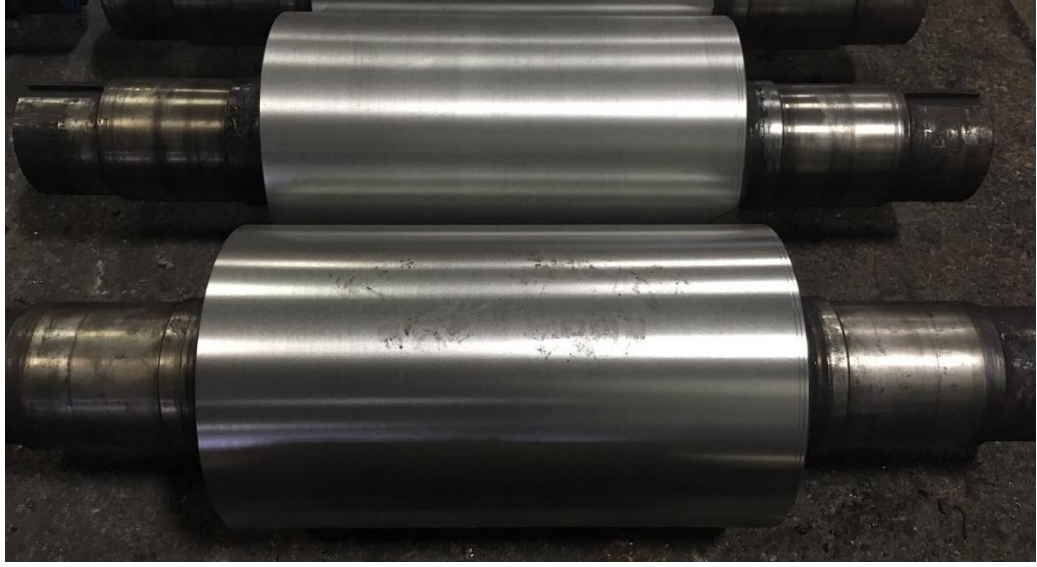
Yapılan çalışmalara göre merdane gövdesinin sıcaklığı 35 °C geçmemeli, soğutma suyu sıcaklıkları da 25-30 °C arasında olmalıdır. Merdane boyu ne kadar büyük ve ısı ne kadar yüksek ise soğutmada o derece etkili olmalıdır. Yüksek haddeleme hızları da etkili soğutma sistemlerini gerektirir.

Uzun süreli duruşlarda soğutma suyu kapatılmalı, sabit duran merdaneler üzerine su püskürtülmemelidir. Bu durumda, merdaneler uygun olmayan ve sakıncalı bir şekilde soğutulmuş olur. Bunun sonucunda oluşan büyük ısıl gerilmeler merdane kırılmalarına yol açabilir.

Yüksek kapasiteli ve derin kalibrasyonlu haddelemelerde de yüksek kapasiteli soğutma gereklidir.

Merdane malzemesi ne kadar sert ise soğutma sistemi de o kadar mükemmel olmalıdır.

Düz merdaneler: Yassı ürünlerin haddelenmesinde silindirik gövdeli düz merdaneler kullanılır. Üniversal tezgâhlarda kullanılır.



Şekil 4.8. Düz merdane (Çaprazoğlu D.Ç).

Kalibreli merdaneler: Profillerin haddelenmesinde ise gövdesinde istenilen profile göre şekiller bulunan kalibreli merdaneler kullanılır. Duo tezgâhlarda kullanılır.



Şekil 4.9. Kalibreli merdane (Çaprazoğlu D.Ç).

Merdane çapının etkisi: Haddelenen profilin merdaneden düz çıkabilmesi için merdanelerin çaplarının birbirine eşit olması gerekir.

Paso: Merdaneler arasından geçiş anlamına gelir. İngilizce 'pass' kelimesinden alınmıştır. Hadde tesisleri içinde pratikte yanlış kullanılmakta olup merdaneler üzerinde bulunan kalibre kanallarına da paso denilmektedir.

Paso sayısı: İstenilen şekil elde edinceye kadar materyalin hadde tezgâhları arasından geçiş sayısıdır.

Kapma: Merdaneler arasına ilk girişi ve kavrayışıdır.

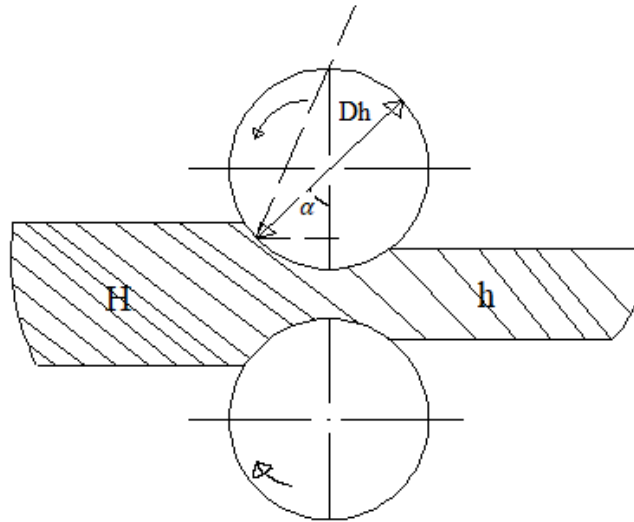
Pürüzlü yüzey olan kalibreler sürtünme olacağından, düzgün olan yüzeye göre daha kolay kapma olur.

Büyük çaplı merdaneler de kapma açısı küçüktür, bu yüzden küçük çaplı merdanelere göre daha kolay kapma sağlanır.

Hadde de çalışan bir merdane yeni çalışacak merdaneye göre daha kolay kapma sağlar.

En iyi kapma, normal haddeleme sıcaklığında (950- 1150 °C) sağlanır. Sıcaklığın altına indikçe kapma zorlaşır, sıcaklığın üstüne çıkıldıkça kapma zorlaşır.

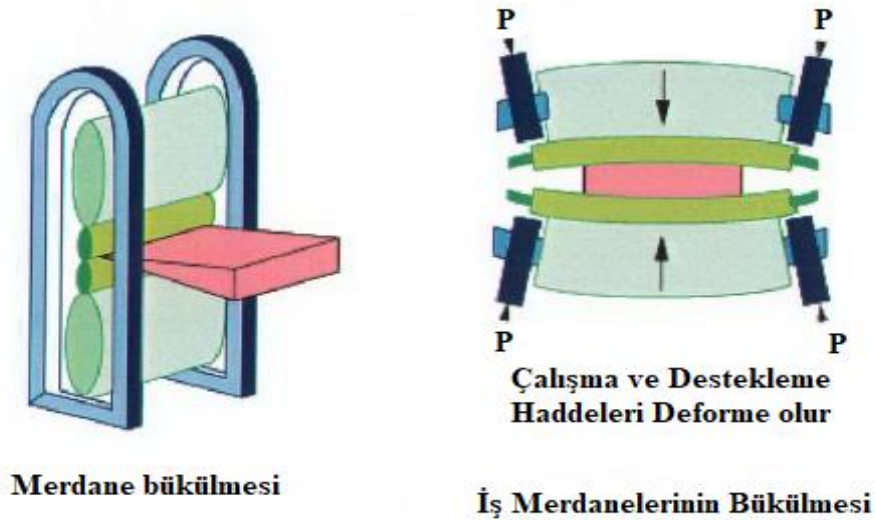
Haddeleme hızı arttıkça, sürtünme azalacağından kapma zorlaşır.



Şekil 4.10. Kapma açısı.

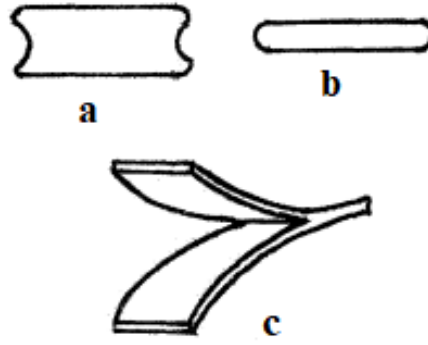
Merdane sıçraması ve bükülmesi: Haddelme esnasında sıcak mamulün merdaneler arasından geçtiği sırada iki merdanelerin arasındaki mesafenin açılmasıdır. Bunun sebebi yataklama ve tezgâh çevrelerinde oluşan kuvvetlerin esnemelerinden meydana gelir.

Malzeme sünekliliğinin düşük olması sebebiyle merdane de eğilme de gerçekleşebilir. Merdane eğilmesi malzemenin orta kısmında çekme, kenarında ise basma gerilmeleri meydana getirir.



Şekil 4.11. Sıcak haddelme sırasında merdane bükülmesi [18].

Haddelme hataları: Sacın kalınlığı yönündeki heterojen deformasyon kenar çatlaklarına sebep olur. Eğer haddelenen malzemenin kalınlığı fazla ve haddelme sırasında uygulanan deformasyon oranı en az ise bu durumda malzemenin sadece yüzeyleri deformasyona uğrar ve malzemenin kesiti Şekil 4.12 de görüldüğü gibi olur. Bundan sonraki haddelme sırasında kenarlardaki kısımlarda kalınlık doğrudan azaltılamaz, fakat deformasyona uğrayan orta kısım tarafından uzamaya zorlanırlar. Bu durum kenarlarda çekme gerilmelerine sebep olur.



Şekil 4.12. Deformasyon oranı az hata a), Fazla b), Timsah ağzı tipi çatlak (c) [19].

Sürtünme: İki merdane arasında ezilen metalin, merdanelere verdiği tepkidir. Haddeme sırasında sürtünme istenmez, ancak merdanenin malzemeyi kapabilmesi içinde sürtünme gereklidir.

Sürtünmeyi artıran faktörler;

Pürüzlü kalibre yüzeyleri sürtünmeyi artırır,

Malzeme tavlı düştükçe artar,

Ezme arttıkça sürtünme artar,

Ezilen metalin yapısındaki mukavemet yüksekliği sürtünmeyi artırır,

Ekelund' a göre sürtünme katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanabilir,

Pürüzlü döküm ve çelik merdanelerde,

$$f = 1,05 - 0,0005 \cdot t \quad (4.1)$$

Sert döküm ve düzgün çelik merdanelerde,

$$f = 0,8 \times (1,05 - 0,0005 \cdot t) \quad (4.2)$$

Ezme: Haddecilikte kullanılan iki ayrı ezme vardır. Alansal ezme ve yükseklik ezmesidir.

Alansal ezme: Kalibrasyon hesapları yapılırken materyalin iki merdane arasında doğrusal olarak istenilen ölçülere getirilmesi için sıkça kullanılır.

$$\text{Alansal ezme} = \frac{\text{giren alan} - \text{çıkan alan}}{\text{giren alan}} \times 100 \quad (4.3)$$

$$\text{Yükseklik ezmesi} = \frac{\text{giren yükseklik} - \text{çıkan yükseklik}}{\text{giren yükseklik}} \times 100 \quad (4.4)$$

Haddeleme hızı: Haddeleme esnasında materyalin şekillendirilmiş halinde çıkarken hızına denir. Haddeleme anında 3 çeşit hız meydana gelir.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (4.5)$$

$$\cos \alpha = 1 - \frac{\Delta h}{Dh} \quad (4.6)$$

$$V_2 = v - (v - c \cdot \cos \alpha) \quad (4.7)$$

2.durumdaki hız; ezme anındaki hızdır sürtünmeye maruz kaldığından, merdane hızından ve dolayısıyla merdane çıkış hızından düşüktür.

$$v_3 = v + (v \cdot \cos \alpha) \quad (4.8)$$

3.durumdaki hız; merdane hızından, biraz daha fazladır, dolayısıyla 1 ve 2 numaralı hızlardan da fazladır. Bu duruma metalin merdanelerden çıkış hızı denir.

$$v_1 = v - \frac{v_3}{v_0} \quad (4.9)$$

1.durumdaki hız; 2.durumdaki hızdan (v_2) ve dolayısıyla merdane hızından düşüktür. Buna metalin merdaneye giriş hızı denir.

Uzama: Haddeleme sırasında, metalin hacmi değişmez, dolayısıyla ne kadar az uzama olursa, genişleme da o kadar fazla olur. Genellikle genişleme istenmez, uzaması istenilir ve bu sağlanmaya çalışılır.

$$\lambda = \frac{\text{giren alan}}{\text{çıkan alan}} \quad (4.10)$$

Haddeleme eksen: Merdane eksenlerinin sınırladığı düzleme dik doğrultu da ve haddelenen materyalin eksenine ile çakıştığı farz edilen eksendir.

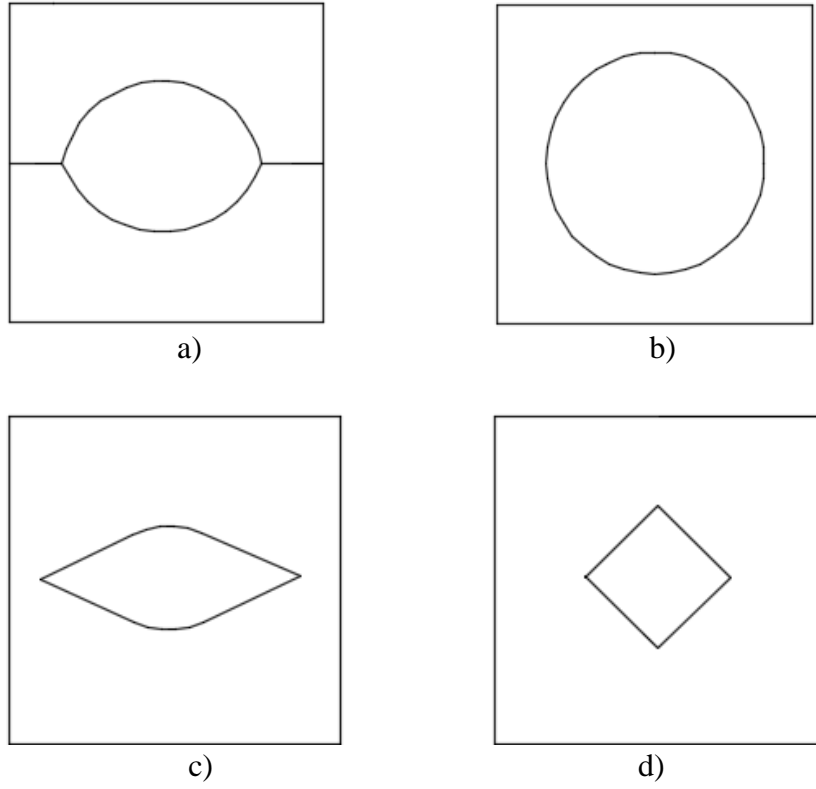
Gala: Merdane silindirleri üzerine açılan kalibre kanallarının birbirine komşu ikisinin arasında bulunan duvarın adıdır.

Haddeleme düzlemi: Merdane eksenlerinin bulunduğu düzlemdir.

Genişleme (yayılma): Malzemenin deformasyonu, merdanelerin malzemeyi sıkıştırmasıyla sağlanan radyal basma gerilmeleri ve malzeme ile merdaneler arasında sürtünmeyle oluşan yüzey kayma gerilmeleriyle sağlanır sürtünme kuvvetleri aynı zamanda malzemenin merdaneler arasında ilerlemesini de sağlar. Bu işlemde haddelenen malzemenin kesiti küçülürken boyunda uzama ve genişliğinde de biraz artma meydana gelir, buna yayılma denir.

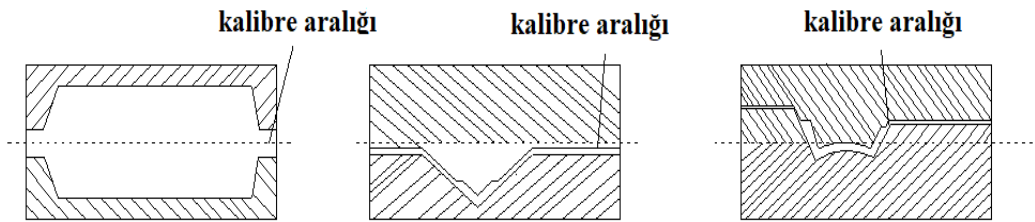
$$\text{Yayılma (\%)} = \frac{\text{çıkan genişlik} - \text{giren genişlik}}{\text{çıkan genişlik}} \times 100 \quad (4.11)$$

Kalibre: Haddelenecek malzemenin haddeleme eksenine dik kesitlerinin ölçülendirilmesidir. Ölçülerin, merdanelerin meydana getirdiği kanala göre kıyaslanmasına ve istenilen ölçülerde olması için yapılan ayar işlerine kalibre etmek denir.



Şekil 4.13. a) Oval kalibre, b) Yuvarlak kalibre, c) Baklava kalibre, d) Kare kalibre.

Kalibrasyon: Kalibre edilecek kesit ölçülerinin tayin hesapları, şekillerin çizimi ve ölçülendirilmesi kalibrasyon olarak adlandırılır. Kalibre masterlarının hazırlanması, merdaneler üzerine kalibre kanallarının yerleştirilmesi ve torna freze gibi tezgahlarda bu kanalların açılması işlemleri kalibrasyon demektir.



Şekil 4.14. Kalibre aralıkları [16].

Yolluklar: Haddelme prosesinde en önemli aksesuarlardır. Yolluksuz bir haddelme işlemi düşünülemeyeceği gibi uygun olmayan veya hatalı hazırlanan yolluklar ile çalışmanın çok zor olduğu, büyük üretim kayıplarına yol açacağı ve istenilen kalitede mamul üretilemez.

Yolluklar hadde tezgâhı gövdesindeki balkon demirlerine tespit edilirler. Paso eksenlerine göre ayarlanabilme imkânları vardır. Genel olarak ikiye ayrılırlar;

Giriş kasaları:



Şekil 4.15. Giriş yolluk-kasa (Çaprazoğlu D.Ç).

Bu tip yolluklar malzemeyi kalibreye yöneltmek ve malzemeyi sıkıca tutarak kalibre içerisinde dönmesini önlemek gibi çok önemli görevi üstlenirler. Aksi durumda bu kalibreden uygun ölçüde malzeme almak mümkün olmadığı gibi takip eden kalibrelerden de hatalı malzeme alınacaktır.

Giriş yollukları kendi aralarında ikiye ayrılır;

- Makaralı giriş yollukları
- Statik giriş yollukları

Statik giriş yollukları genellikle simetrik iki parçadan oluşurlar. Her kalibre için değişik iç ölçüde imal edilirler. Bir kasa içine sıkıştırma takozu ile sıkıştırılarak balkon demirine tespit edilirler. Hazırlama gruplarındaki tek parça olarak kullanılan statik giriş yollukları da mevcuttur. Belli çalışma süreleri sonunda aşınan statik giriş yolluklarının aşınan iç kısımları uygun elektrotlar ile doldurulup işlenerek defalarca kullanılabilir.

Prensipite makaralı yolluk ile statik yolluk arasındaki tek fark bir çift makara ilavesidir. Gerçekte ise bu makaralar malzemeyi daha sıkı tutarlar ve çizmezler. Ayrıca makaraların düz ya da aynen kalibre gibi formlu yapılması da mümkündür ve makara aralığını açıp kapama (ayar) imkânı mevcuttur. Modern makaralı giriş yolluklarında ayrıca makaralardan önce yerleştirilen muhtelif ebatlardaki statikler malzemeyi kolayca makaralara sevk eder.

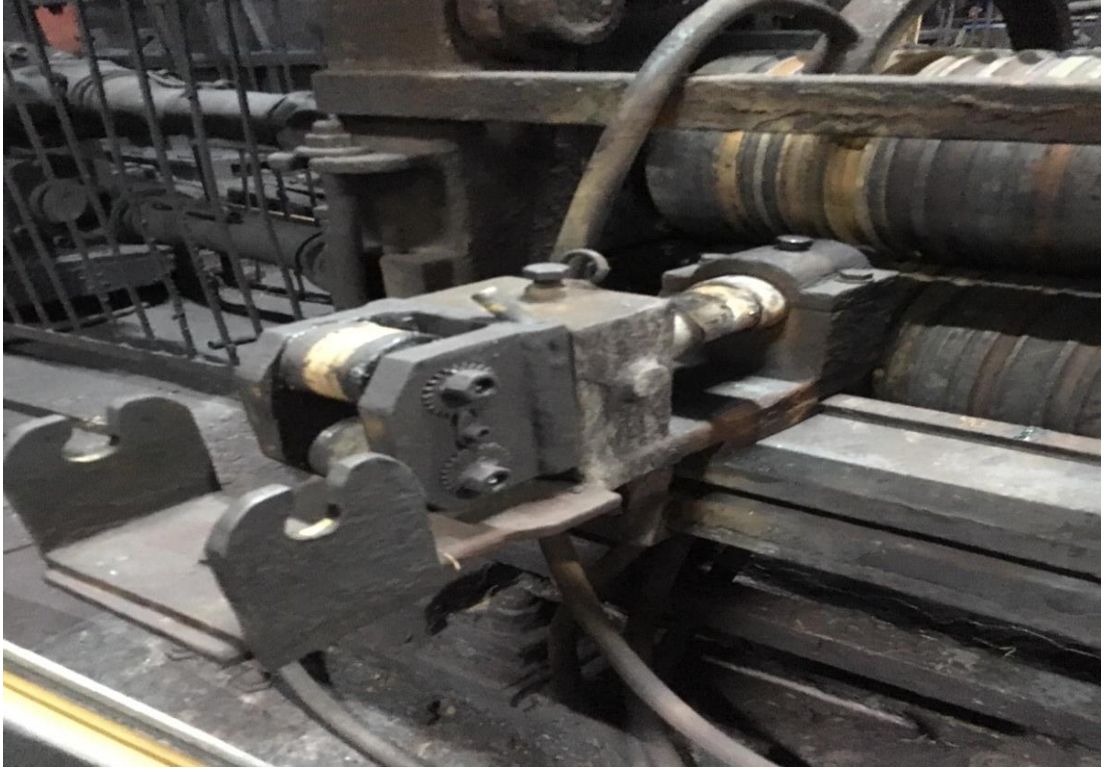
Çıkış kasaları:

Çıkış yollukları ve makaralı çevirici yolluklar hadde tezgâhı üzerinde malzemenin geçişine göre çıkış balkon demiri üzerine yerleştirirler. Çıkış yollukları ve makaralı çevirici yollukların vazifesi kalibreden çıkan malzemeyi karşılamak ve bir sonraki kalibrenin girişine göndermektedir. Eğer bu esnada malzemenin çevrilmesi olmaz ise tezgâh çıkışına statik çıkış yollukları ya da çıkış boru sıyırıcılar yerleştirilir.

Statik çıkış yollukları ya da boru sıyırıcıları da değişik iç ölçüler de imal edilerek bir kasa içine sıkıştırma takozu ile sıkıştırılarak tezgâh çıkışına monte edilirler. Boru çıkış sıyırıcılarının merdaneye yakın uç kısımları aşınmaya dayanıklı ve değiştirilebilir şekilde döküm olarak imal edilebilir. İki tezgâh arasında malzemenin çevrilmesi gerekiyorsa mesela 90°, 45° gibi bu durumlarda makaralı çevirici yolluk kullanmak zorunludur. Çevirme miktarı yolluk üzerinden kolayca ayarlanabilir.

Çıkış yolluklarına dâhil edilebilecek diğer yolluk tipi slit (yarma) yolluklardır. Slit yollukları slit pasosundan çıkan malzemeyi makaraları aracılığı ile ikiye, üçe ve dörde yarabilirler.

Genel olarak makaralı yollukları oluşturan parçalar; yolluk gövdesi, makara, statik, makara mili, hassas ayar mekanizması, yolluk rulmanı, yolluk çeneleri, kasettir.



Şekil 4.16. Çıkış yolluk-kasa (Çaprazoğlu D.Ç).

Tufal: Metal yüzeyinin oksijenle birleşmesiyle oluşan ve zamanla ince katmanlar halinde metal yüzeyini terk eden metal-oksit parçacıklardır.

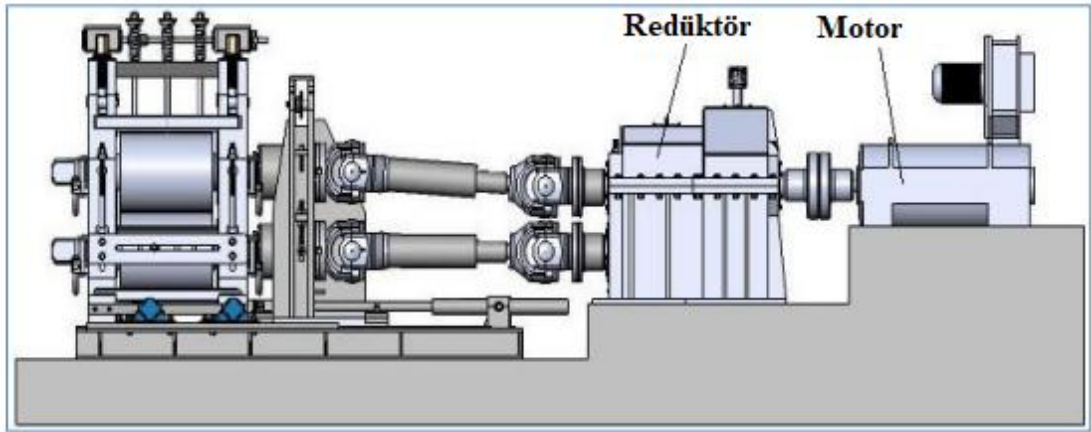
Kontunu: Haddecilikte, haddelenecek tek parçadan materyalin aynı anda birden fazla tezgâhlarda haddelenmesi olayına kontunu hadde denir.

Açık sistem haddeme: İş parçasının her bir tezgâhta münferit bir şekilde haddelenmesi yönteminin adıdır.

Yatay düşey hadde: Hadde merdane ekseninin yatay veya düşey konumuna göre: yatay hadde, düşey hadde adını alır. Hem yatay hem düşey merdanelere sahip hadde tezgâhlarına, “kombine hadde tezgâhları”, istenildiğinde yatay, istenildiğinde düşey olarak çalışan hadde tezgâhlarına da “üniversal hadde tezgâhi” denir.

Düo – trio: Bir hadde tezgâhında bir çift merdane bulunuyor ve her iki yönde de haddeleme yapılabilirse bu tezgâhlara “düo”, üç merdane bulunuyor ve her iki yönde de haddeleme yapılıyorsa “trio hadde tezgâhi” denir.

Redüktörler: Redüktörler farklı güç ve hareket iletiminde kullanılan ve dişlilerden oluşan bir sistemdir. Güç, şekil bağına dayalı olarak iletilir. Redüktörler bir milden diğer bir mile hareket ve güç iletiminde giriş devir sayısına oranla çıkış devir sayısını küçülten veya büyüten güç ve hareket iletim sistemi olarak da tanımlamak mümkündür.



Şekil 4.17. Redüktörlü yatay hadde tezgâhının şematik gösterimi [20].

Bir dişli çark mekanizması biri döndüren diğeri döndürülen çark olmak üzere en az iki çarktan oluşmaktadır. Bu iki dişliden küçük olanına pinyon, büyük olanına Çark adı verilir. Burada döndüren dişliye çark (küçük dişli) 1 indisi, döndürülen dişli çark ise 2 indisi ile gösterilir. [21].

Çevrim oranı:

$$i = \frac{w_1}{w_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (4.12)$$

Volan: Krank miline bağlı krankın hareketi ile direkt dönen ve ateşleme zamanında aldığı gücü diğer zamanlarda motorun dönmesi için harcayarak hareketinin

devamlılığını sağlayan büyük silindirik dişlidir. Krank mili ile birlikte motorun dengesini sağlar.

Malzemeleri genelde dökme demirden olur. Arızaları ise Eğiklik, Çatlaklık, Sürtünmedir. Tamiri, eğer toleransı aşmamışsa volan taşlama tezgâhında düzeltilebilir.

Volanın en önemli özelliği kaybolacak enerjinin bünyesinde depolanabilmesi ve gerektiğinde bunu kullanma imkânı verebilmesidir. Genel bir volanın geometrik şekli, çapı büyük genişliği küçük boyutlarda bir nevi silindirik disk olmalıdır. Volanın sistemdeki yeri ise, imkân dâhilinde dönüş sayısının en büyük olduğu yer olmalıdır. Bazı sebeplerden bu yer mümkün olmadığı takdirde en büyük devir sayısına yakın dönen yerde olmalıdır. Bu koşullarda, volan sistemdeki en büyük enerjiyi kazanabileceği durumdadır [22].

İkili kutu: Redüktörün sağladığı uygun devir ve torku haddeleme tezgâhlarına eşit olarak iletmeye yarayan üçlü (trio) veya kontunu tesislerde kullanılan ikili (duo) dişli kutusu dişlileri, redüktör dişlilerine uygun olarak istenilen malzemedен imal edilmektedir [23].

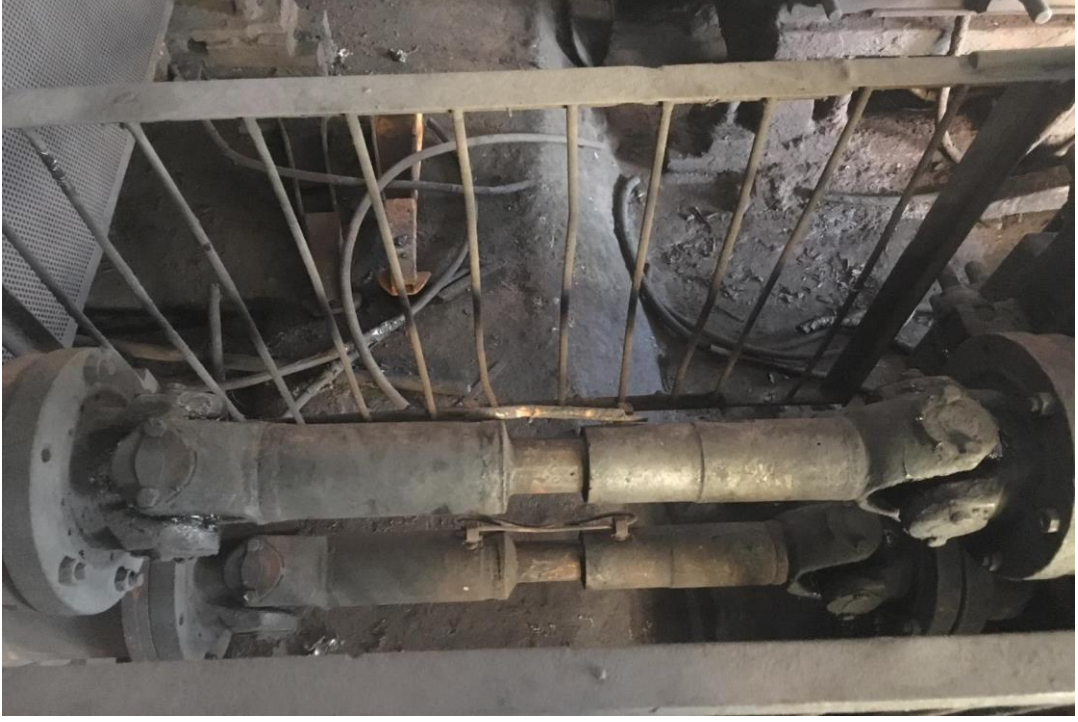
DC motorların döndürme hareketini redüktörler istenilen oranda düşürülerek çıkış millerinden ikili veya üçlü kutulara aktarmaktadırlar. İkili kutular üst üste aynı modül ve diş sayısına sahip iki adet dişli bulunmaktadır. Bu dişliler düz dişli, helis veya çavuş dişli olabilirler. Dişli göbekleri kamalarla millere sabittir. Çelik gövde de miller rulmanlarla yataklanmıştır, mil çıkışlarında kama ölçülerine göre kaplinler millere geçirilir. Bu kaplinlerle shaft aynaları, kaplinlerle civatalar yardımıyla bağlanır.



Şekil 4.1. İkili kutu (Çaprazoğlu D.Ç).

Şaft: Hadde ikili veya üçlü kutu çıkışlarında millere bağlı kaplinlerle hadde merdanelerine bağlı kaplinler arasını birbirine bağlayan parçalardır. Şaft ikili kutunun kaplinlerinden aldığı dönme hareketinin merdanelere ileterek, merdanelerde dönme hareketi oluşturur. Bu dönme hareketi sayesinde haddeleme gerçekleşir.

Hadde bünyesinde hazırlama grubunda, kapalı boyu 1700 mm olan uzman kardan şaftlar kullanılmaktadır. Hadde kontunu grubunda ise ilk 6 tezgahta 65'lik şaftlar, finiş grubunda ise 59'luk şaftlar kullanılmaktadır.



Şekil 4.2. Şaft (Çaprazoğlu D.Ç).

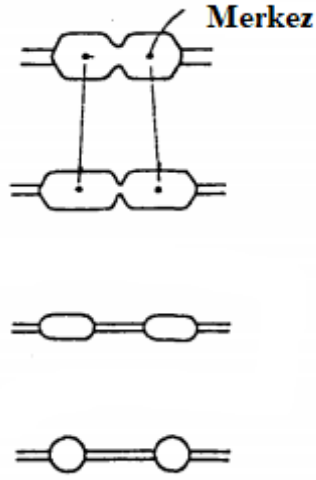
4.4. HADDELEME DÜZENLERİ

4.4.1. Tek Yol Haddeleme

Klasik haddeleme düzeni olup, son hadde tezgâhından tek çubuk haddeleme tipidir. Bu haddeleme küçük ve büyük kesitli mamullerde hadde kapasitesi tek yol haddelemeyle karşılanabildiği haddehanelerde tercih edilen yöntemdir.

4.4.2. İkili Yarma Haddeleme

Küçük kesitli mamullerde haddeleme kapasitesi yeterli olmadığı haddehanelerde (son hadde hızının kapasiteyi karşılamaması durumunda) son dört tezgâh malzemenin, merdane paso ve yolluklar yardımıyla ortadan eşit ikiye ayrılması yöntemidir. Bu düzende son haddeden aynı anda iki eşit çubuk (sistemin müsaade ettiği maksimum hızda) haddelenebilir. Böylece haddehanenin kapasitesi iki katına çıkarılır. Demir çelik haddehanelerinde genellikle 10x3-12x3-10 Q mamulleri bu düzende üretilir.



Şekil 4.20. Yarma metodu [24].

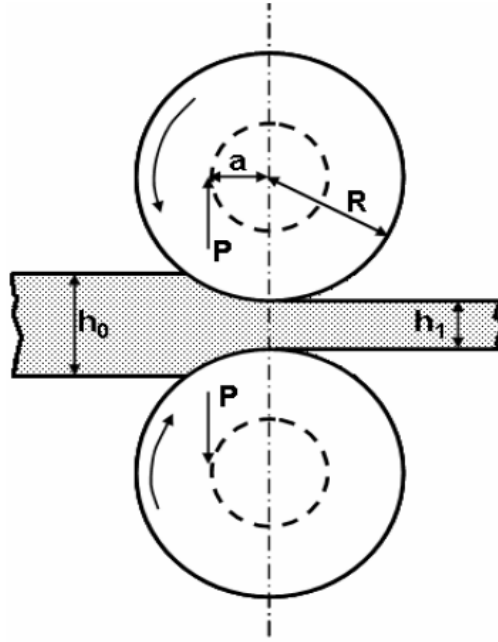
4.4.3. Üçlü Yarma Haddeme

İkili haddemenin yetmediği durumlarda, üçlü köpek kemiği yardımıyla son tezgâhlardan üçe bölünerek üç çubuk halinde haddeme tamamlanır.

4.4.4. Dörtlü Yarma Haddeme

İkili slit düzeniyle ikiye ayrılan malzeme yine dört tezgâhla tekrar ikiye ayrılarak son haddeyi dört çubuk halinde terk eder. Düzen kapasitesi dört katına çıkarmaktadır. Dörtlü yarma düzeni de ikili yarma düzeninde olduğu gibi mamul hızının kapasiteyi karşılamadığı haddehanelerde kullanılmaktadır.

HESAPLAMALAR



Şekil 4.3. Parça ezilmesi [25].

P: Toplam haddeleme kuvveti, N

L: Temas boyu, m

n: Merdanelerin dönme hızı, dev/dak haddeleme için gerekli güç;

$$\frac{2\pi PLn}{44650} \text{ güç (BG)}$$

$$\frac{2\pi PLn}{60000} \text{ güç (KW)}$$

Mutlak yükseklik ezme miktarı:

$$\Delta h = h_0 - h_1 \quad (4.13)$$

Yükseklik deformasyon katsayısı:

$$n = \frac{h_1}{h_0} \quad (4.14)$$

Yükseklik ezme miktarı % :

$$r_1 = \Delta h \frac{(h_0 - h_1)}{h_0} \times 100 \quad (4.15)$$

Alan ezmeleri:

$$\Delta F = f_1 - f_2 \quad (4.16)$$

Ezme % :

$$\frac{f_1 - f_2}{f_1} \times 100 \quad (4.17)$$

Uzama katsayısı (n):

$$n = \frac{F_0}{F_1} \quad (4.18)$$

Örnek: Giren metalin kesit alanı F_0 : 6276 mm^2 , çıkan metalin kesit alanı F_1 : 5230 mm^2 ise;

- Mutlak ezme oranı nedir?
- Yüzde ezme oranı nedir?
- Alan uzama katsayısı nedir?
 - a) $\Delta h = 6276 - 5230 = 1046 \text{ mm}^2$
 - b) $r_1 = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100 = \% 16.66$
 - c) $\lambda_1 = \frac{F_0}{F_1} = 6276 / 5230 = 1,2$

BÖLÜM 5

İMAL EDİLECEK MALZEMELERİN ÜRETİM AŞAMALARI

Bu çalışmada kullanılan veriler, Çaprazoğlu Demir Çelik A.Ş sıcak haddeleme kısmı hesaplanmıştır.

Sıcak hadde bünyesinde imal edilen mamuller:

Lamalar: Dikdörtgen kesitli mamuller lama mamul olarak adlandırılır. Hadde bünyesinde üretilen en dar kesitli lama mamul 10x3 mm lamadır. En kalın kesitli mamul 40-10, 50-6 lamalardır.

Kare mamul: Kare kesitli mamuller hadde bünyesinde en küçük mamul 6x6, en büyük üretilen mamul ise 20x20 olarak üretilirler.

Yuvarlak mamul: Hadde bünyesinde en düşük 6.35 Q, en büyük mamul ise 25 mm olarak üretilirler. İnşaat çeliği üretiminde ise en düşük 6.35 mm, en büyük çaplı ise 24 mm olarak imal edilirler.

Sırtlı lama: Toprakarme duvar uygulamalarının yapıldığı yerlerde yapı donatı çeliği olarak kullanılmaktadır. Toprakarme projelerinde zemin içine yerleştirilen özel galvanizli çelik donatılar ile zemin arasında sürtünme kuvveti oluşturarak birlikte çalışmaları hedeflenir. Bu amaçla üretilen çelik çubuklar üzerinde belirli ölçü aralıklarıyla sırtlar bulunmaktadır. İstenilen ölçülerde imalatı yapılan bu çelik çubuklar genel olarak 40x4,40x5,50x4,50x5 ölçülerinde imal edilip finiş merdanesi üzerine açılan sırtlarla çelik çubuk üzerine sırt şekli verilmektedir.

Yukarıda anlatılan mamul grupları iki temel faktör üzerine ince grup ve kalın grup olarak ayrılmıştır. İnce grupta kesit alanları dar olan mamullerin yarma sistemiyle

daha fazla tonaj imal edilebileceği düşünülerek hazırlama grubundan 150x150 kesitli kütük 9 pasoda 32-32 /30-30 kare alınarak yarma sistemiyle nihai mamullerin imal edilmesi amaçlanır.

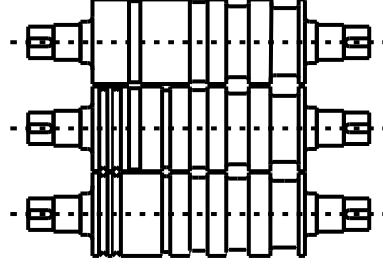
İnce grup mamullerde yarma ölçüleri 9,5 -10,4 – 11 – 11,5 mm'dir. 9,5 yarma ile en ince kesitli olan 10,3 – 6,35 mm q - 6x6 kare mamulleri imal edilirken bu grubun en kalın mamulleri olan 16x4 – 18x3 – 8,5 mm Q ve 7.5x7.5kareler ise 11,5 yarma ölçüsüyle çekilmektedir. Bu verilen ölçüler aralığındaki diğer mamuller ise istenilen ölçü aralığına göre imal edilerek yapılır.

Kalın grupta ise kesit alanları kalın olan mamuller yarma veya tek paso olarak imalat yapılır. 20x3-20x4- 18x5 -12x6 – 9,5 MM Q -10 mm Q –8x8- 9X9 gibi mamuller ölçülerine göre 13 – 13,5-14 -14,5 yarma ölçülerinde yarılarak finişten 2 mamul olarak imal edilir. Lama gruplarında 20x5 – 20x6 – 18x6 – 22x6 – 16x8 gibi genişlik ve kalınlık oranları birbirine yakın mamuller finiş arkasında bulunan yıldız kare kesitli mamullerden imal edilir. 25x3 den 40x10,50x6 ya kadar olan geniş mamuller dik paso denilen yarma olmadan çekilen mamullerdir. Kare kesitli mamullerde 11x11 kareden 20x20 kareye kadar yarmasız olarak tek paso da imal edilir. Aynı şekilde 11 mm Q – 25 mm Q ya kadar yuvarlak kesitli mamullerde yarma olmadan imal edilirler.

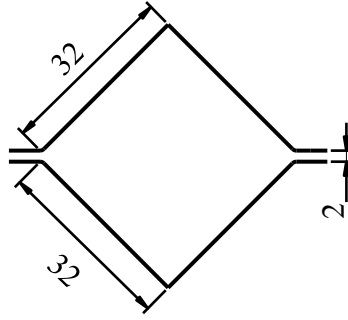
Nervürlü inşaat çeliğinde ise (S420 standartlarına göre) 8-10 mm nervürlü inşaat çelikleri 3'lü yarma sistemiyle, 12 mm inşaat çeliği ise 2 li yarma sistemiyle, 14 mm ve üzeri tüm mamuller yarmasız imal edilirler.

5.1. İNCE GRUP MAMULLER

5.1.1. 12x3 Lama Örnek Hesaplama



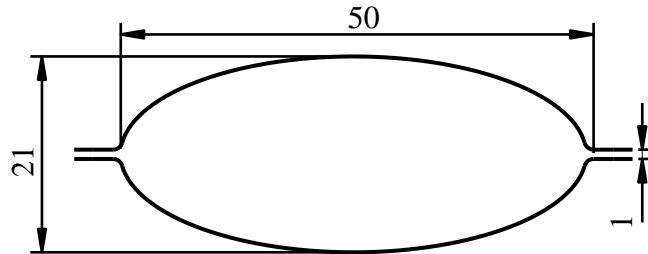
Şekil 5.1. Hazırlama tezgahı.



Şekil 5.2. 2.tezgâh.

Kesit alanı:

$$a \times a = 32 \times 32 = 1024 \text{ mm}^2 \quad (5.1)$$



Şekil 5.3. 3.tezgâh.

Kesit alanı:

$$\left[\frac{b^2}{4} \times 3 + 4a^2 \right] \times \frac{b}{6a} = 686 \quad (5.2)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{1024 - 686}{1024} \times 100 = \%33 \quad (5.3)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{1024}{686} = 1,24 \quad (5.4)$$

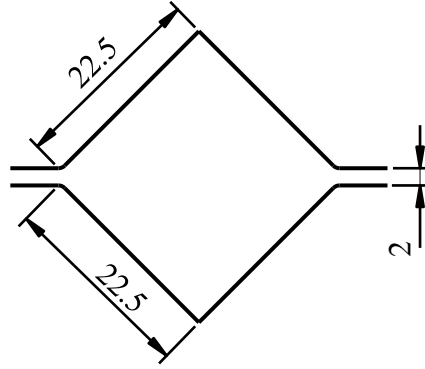
Şanzıman oranı: 12,6, merdane çapı 336 mm, motor devir 900 d/dk. Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{900}{12.6} = 71,42 \text{ d / dk} \quad (5.5)$$

Hadde hızı:

$$\frac{900 \times 3,14 \times 336}{12.6 \times 60 \times 1000} = 1,26 \text{ m / s} \quad (5.6)$$



Şekil 5.4. 4.tezgâh.

Kesit alanı:

$$a \times a = 22,5 \times 22,5 = 506,3 \text{ mm}^2 \quad (5.7)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{686 - 506}{686} \times 100 = \%26,23 \quad (5.8)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{686}{506} = 1,35 \quad (5.9)$$

Şanzıman oranı: 11,5, merdane çapı 364 mm, motor devir 1028 d/dk.

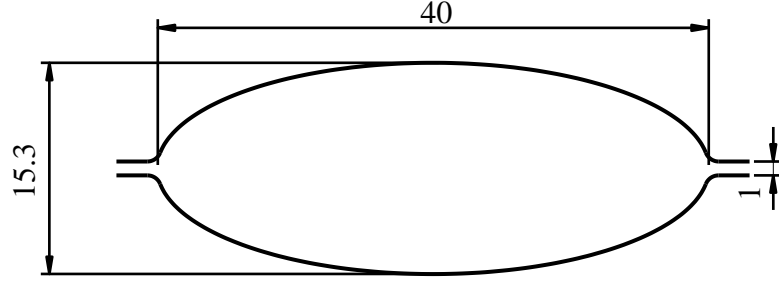
Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{1028}{11,5} = 89,39 \text{ d / dk} \quad (5.10)$$

Hadde hızı:

$$\frac{1028 \times 3,14 \times 364}{11,5 \times 60 \times 1000} = 1,70 \text{ m / s} \quad (5.11)$$



Şekil 5.5. 5.tezgâh+

Kesit alanı:

$$\left[\frac{b^2}{4} \times 3 + 4a^2 \right] \times \frac{b}{6a} = 390,5 \quad (5.12)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{506,3 - 390,5}{506,3} \times 100 = \%22,87 \quad (5.13)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{506,3}{390,5} = 1,29 \quad (5.14)$$

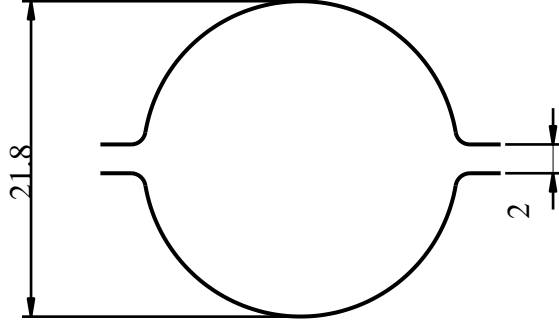
Şanzıman oranı: 10, merdane çapı 357 mm, motor devir 1182 d/dk. Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{1182}{10} = 118,2 \text{ d / dk} \quad (5.15)$$

Hadde hızı:

$$\frac{1182 \times 3,14 \times 357}{10 \times 60 \times 1000} = 2,21 \text{ m / s} \quad (5.16)$$



Şekil 5.6. 6. tezgâh.

Kesit alanı:

$$3,14 \times (9,9)^2 = 307,85 \text{ mm}^2 \quad (5.17)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{390,5 - 307,85}{390,5} \times 100 = \% 21,16 \quad (5.18)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{390,5}{307,85} = 1,26 \quad (5.19)$$

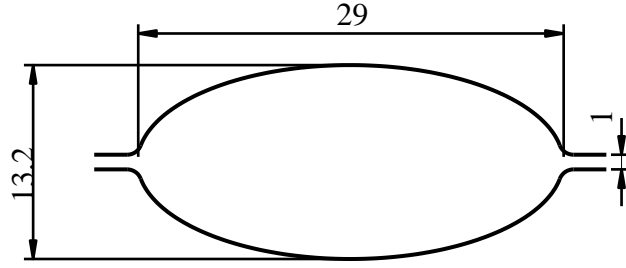
Şanzıman oranı: 1/7.1, merdane çapı 337 mm, motor devir 1128 d/dk.
Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{1128}{7,1} = 158,87 \text{ d / dk} \quad (5.20)$$

Hadde hızı:

$$\frac{1128 \times 3,14 \times 337}{7,1 \times 60 \times 1000} = 2,80 \text{ m / s} \quad (5.21)$$



Şekil 5.7. 7. tezgâh.

Kesit alanı:

$$\left[\frac{b^2}{4} \times 3 + 4a^2 \right] \times \frac{b}{6a} = 243,7 \text{ mm}^2 \quad (5.22)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{307,85 - 243,7}{307,85} \times 100 = \% 20,83 \quad (5.23)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{307,85}{243,7} = 1,26 \quad (5.24)$$

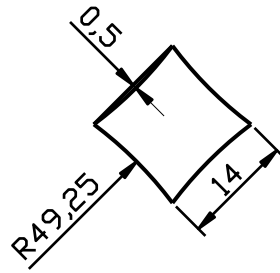
Şanzıman oranı: 1/6, merdane çapı 326 mm, motor devir 974 d/dk. Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{974}{6} = 162,3 \text{ d / dk} \quad (5.25)$$

Hadde hızı:

$$\frac{974 \times 3,14 \times 326}{6 \times 60 \times 1000} = 2,77 \text{ m / s} \quad (5.26)$$



Şekil 5.8. 8. tezgâh.

Kesit alanı:

$$a^2 - (0,054 + 0,8 \times \frac{a^2}{a}) = 195,8 \text{ mm}^2 \quad (5.27)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{243,7 - 195,8}{243,7} \times 100 = \% 19,65 \quad (5.28)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{243,7}{195,8} = 1,24 \quad (5.29)$$

Şanzıman oranı: 1 / 4,35, merdane çapı 327 mm, motor devir 876 d/dk.

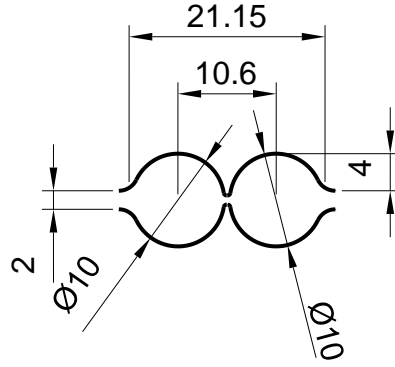
Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{876}{4,35} = 201,38 \text{ d / dk} \quad (5.30)$$

Hadde hızı:

$$\frac{876 \times 3,14 \times 327}{4,35 \times 60 \times 1000} = 3,45 \text{ m / s} \quad (5.31)$$



Şekil 5.9. 9. tezgâh.

Kesit alanı:

$$[3,14 \times (5,05)^2] \times 2 = 160,2 \text{ mm}^2 \quad (5.32)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{195,8 - 160,2}{195,8} \times 100 = \% 18,18 \quad (5.33)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{195,8}{160,2} = 1,22 \quad (5.34)$$

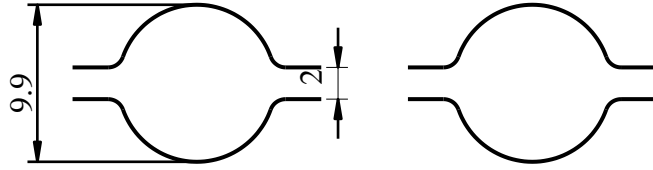
Şanzıman oranı: 1 / 3.27, merdane çapı 330 mm, motor devir 798 d/dk.
Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{798}{3.27} = 244 \text{ d / dk} \quad (5.35)$$

Hadde hızı:

$$\frac{798 \times 3,14 \times 330}{3,27 \times 60 \times 1000} = 4,22 \text{ m / s} \quad (5.36)$$



Şekil 5.10. 10.tezgâh.

Kesit alanı:

$$[3,14 \times (4,85)^2] \times 2 = 147,76 \text{ mm}^2 \quad (5.37)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{160,2 - 147,76}{160,2} \times 100 = \% 7,76 \quad (5.38)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{160,2}{147,76} = 1,08 \quad (5.39)$$

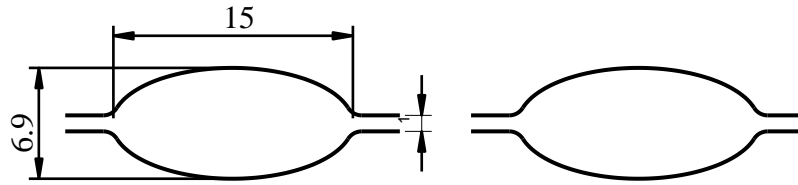
Şanzıman oranı: 1 / 3, merdane çapı 336 mm, motor devir 780 d/dk. Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{780}{3} = 260 \text{ d / dk} \quad (5.40)$$

Hadde hızı:

$$\frac{780 \times 3,14 \times 336}{3 \times 60 \times 1000} = 4,57 \text{ m / s} \quad (5.41)$$



Şekil 5.11. 11. tezgâh.

Kesit alanı:

$$\left[\left(\frac{b^2}{4} \right) \times 3 + 4a^2 \right] \times \frac{b}{6a} \times 2 = 121,4 \text{ mm}^2 \quad (5.42)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{147,76 - 121,4}{147,76} \times 100 = \% 17,83 \quad (5.43)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{147,76}{121,4} = 1,21 \quad (5.44)$$

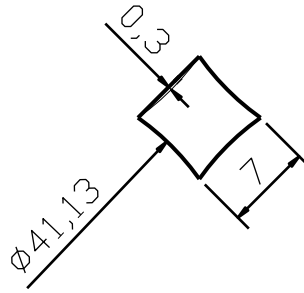
Şanzıman oranı: 1 /2,72, merdane çapı 365 mm, motor devir 792 d/dk.
Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{792}{2,72} = 291 \text{ d / dk} \quad (5.45)$$

Hadde hızı:

$$\frac{792 \times 3,14 \times 365}{2,72 \times 60 \times 1000} = 5,56 \text{ m / s} \quad (5.46)$$



Şekil 5.12. 12. tezgâh.

Kesit alanı:

$$a^2 - (0,054 + 0,8 \times \frac{a^2}{a}) = 100,5 \text{ mm}^2 \quad (5.47)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{121,4 - 100,5}{121,4} \times 100 = \% 17,21 \quad (5.48)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{121,4}{100,5} = 1,21 \quad (5.49)$$

Şanzıman oranı: 1 / 2,06, merdane çapı 367 mm, motor devir 721 d/dk.

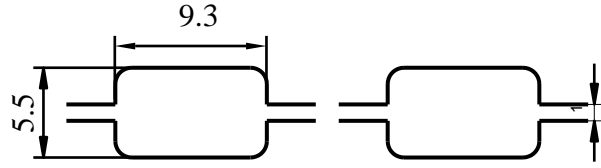
Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{721}{2,06} = 350 \text{ d / dk} \quad (5.50)$$

Hadde hızı:

$$\frac{721 \times 3,14 \times 367}{2,06 \times 60 \times 1000} = 6,72 \text{ m / s} \quad (5.51)$$



Şekil 5.13. 13. tezgâh.

Kesit alanı:

$$[axb] \times 2 = 41,85 \times 2 = 83,7 \text{ mm}^2 \quad (5.52)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{100,5 - 83,7}{100,5} \times 100 = \% 16,72 \quad (5.53)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{100,5}{83,7} = 1,20 \quad (5.54)$$

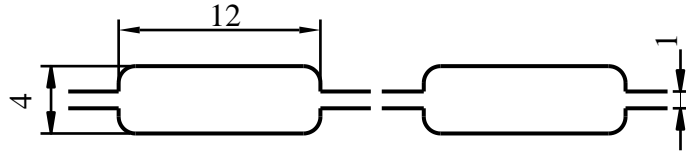
Şanzıman oranı: 1 / 1,75, merdane çapı 370 mm, motor devir 729 d/dk.
Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{729}{1,75} = 417 \text{ d / dk} \quad (5.55)$$

Hadde hızı:

$$\frac{729 \times 3,14 \times 370}{1,75 \times 60 \times 1000} = 8,07 \text{ m / s} \quad (5.56)$$



Şekil 5.14. 14.tezgâh.

Kesit alanı:

$$[axb] \times 2 = 36 \times 2 = 72 \text{ mm}^2 \quad (5.57)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{83,7 - 72}{83,7} \times 100 = \% 13,98 \quad (5.58)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{83,7}{72} = 1,16 \quad (5.59)$$

Şanzıman oranı: 1 / 1,5, merdane çapı 369 mm, motor devir 753 d/dk.
Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{753}{1,5} = 502 \text{ d / dk} \quad (5.60)$$

Hadde hızı:

$$\frac{753 \times 3,14 \times 369}{1,5 \times 60 \times 1000} = 9,7 \text{ m / s} \quad (5.61)$$











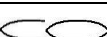

5.1.2. 6X6 Kare Üretim Aşaması

Çizelge 5.1. 6x6 kare üretimi.

TEZGÂH NO		ALAN	EZME %	ŞANZUMAN		MERDANE ÇAPI mm	HADDE DEVRİ d/dak	MOTOR DEVRİ d/dak	HIZ M/S
HAZIRLAMA	33	1089							
1	45 X 22	689,6	1,58	1 /	12,6	363	58	726	1,09
2	22,7	515,3	1,34	1 /	11,5	340	90	1036	1,60
3	35X 16,5	401	1,28	1 /	10	372	89	891	1,73
4	20	314	1,28	1 /	7,1	330	146	1040	2,91
5	30 X 12	247,2	1,27	1 /	6	350	164	984	3,00
6	14,5	198,6	1,24	1 /	4,35	329	239	1040	4,12
7	10,2	163,3	1,22	1 /	3,27	346	273	893	4,95
8	9,8	150,8	1,08	1 /	3	346	331	995	6,00
9	14 X 6,4	124,1	1,21	1 /	2,72	361	347	945	6,56
10	7,2	103,7	1,20	1 /	2,06	340	449	925	7,99
11	13 X 6,6	85,8	1,21	1 /	1,75	364	504	882	9,60
12	6	72	1,19	1 /	1,5	360	606	910	11,4

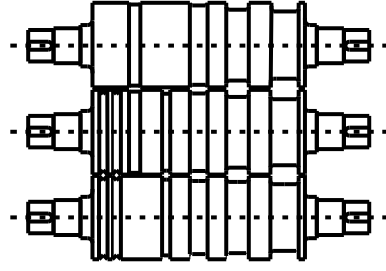
5.1.3. 6.35 Yuvarlak İçin Üretim Aşaması

Çizelge 5.2. 6,35 yuvarlak üretimi.

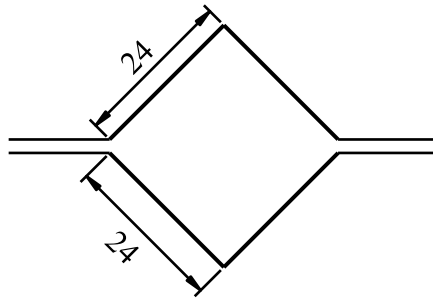
TEZGÂH NO	ÖLÇÜ	ŞEKİL	ALAN	EZME %	ŞANZUMAN		MERDANE ÇAPI mm	HADDE DEVİRİ d/dak	MOTOR DEVİRİ d/dak	HIZ M/S
HAZIRLAMA	32		1024							
1	45 X 20		622,2	1,54	1 /	12,6	363	58	726	1,09
2	21,5		462,3	1,34	1 /	11,5	340	90	1036	1,60
3	35 X 15		362,1	1,28	1 /	10	372	89	891	1,73
4	19		283,4	1,28	1 /	7,1	330	146	1040	2,91
5	30 X 11		225,5	1,27	1 /	6	350	164	984	3,00
6	13,9		182,11	1,24	1 /	4,35	329	239	1040	4,12
7	9,7		147,7	1,22	1 /	3,27	346	273	893	4,95
8	9,3		135,8	1,08	1 /	3	346	331	995	6,00
9	14 X 5,8		111,8	1,21	1 /	2,72	361	347	945	6,56
10	7,7		93,1	1,20	1 /	2,06	340	449	925	7,99
11	11 X 5		76,2	1,21	1 /	1,75	364	504	882	9,60
12	6,35		63,32	1,19	1 /	1,5	360	606	910	11,4

5.2. KALIN GRUP MAMULLER

5.2.1. 8 mm Q İnşaat Demiri Örnek Hesaplama



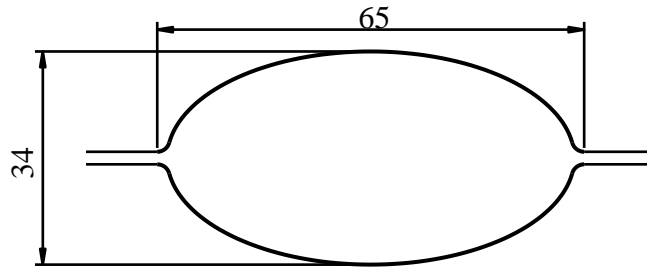
Şekil 5.15. Hazırlama merdanesi.



Şekil 5.16. 2. tezgâh.

Kesit alanı:

$$a \times a = 24 \times 24 = 2304 \text{ mm}^2 \quad (5.62)$$



Şekil 5.17. 3. tezgâh.

Kesit alanı:

$$\left[\left(\frac{b^2}{4} \right) \times 3 + 4a^2 \right] \times \frac{b}{6a} = 1449,7 \text{ mm}^2 \quad (5.63)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{2304 - 1449,7}{2304} \times 100 = \% 37,07 \quad (5.64)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{2304}{1449,7} = 1,58 \quad (5.65)$$

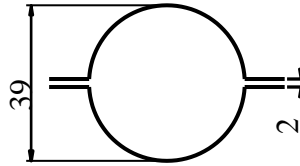
Şanzıman oranı: 1/ 12,6, merdane çapı 338 mm, motor devir 950 d/dk. olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{950}{12,6} = 75,4 \text{ d / dk} \quad (5.66)$$

Hadde hızı:

$$\frac{950 \times 3,14 \times 338}{12,6 \times 60 \times 1000} = 3,03 \text{ m / s} \quad (5.67)$$



Şekil 5.18. 4. tezgâh

Kesit alanı:

$$[3,14 \times (18,5)^2] = 1074,7 \text{ mm}^2 \quad (5.68)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{1449,7 - 1074,7}{1449,7} \times 100 = \% 25,87 \quad (5.69)$$

Uzama miktarı:

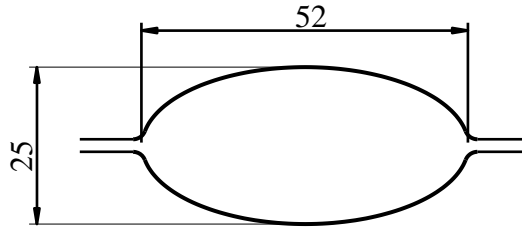
$$\frac{1449,7}{1074,7} = 1,35 \quad (5.70)$$

Şanzıman oranı: 1/ 11,5, merdane çapı 355 mm, motor devir 1114 d/dk. olduğunda;
Hadde devir:

$$\frac{1114}{11,5} = 96,87 \text{ d / dk} \quad (5.71)$$

Hadde hızı:

$$\frac{1114 \times 3,14 \times 355}{11,5 \times 60 \times 1000} = 1,80 \text{ m / s} \quad (5.72)$$



Şekil 5.19. 5. tezgâh.

Kesit alanı:

$$\left[\left(\frac{b^2}{4} \right) \times 3 + 4a^2 \right] \times \frac{b}{6a} = 826,6 \text{ mm}^2 \quad (5.73)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{1074,7 - 826,6}{1074,7} \times 100 = \%23,08 \quad (5.74)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{1074,7}{826,6} = 1,3 \quad (5.75)$$

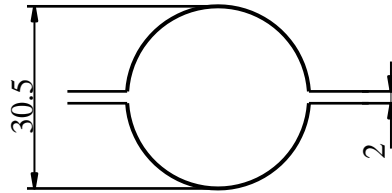
Şanzıman oranı: 1/10, merdane çapı 375 mm, motor devir 1192 d/dk. Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{1192}{10} = 119,2 \text{ d / dk} \quad (5.76)$$

Hadde hızı:

$$\frac{1192 \times 3,14 \times 375}{10 \times 60 \times 1000} = 2,34 \text{ m / s} \quad (5.77)$$



Şekil 5.20. 6. tezgâh

Kesit alanı:

$$[3,14 \times (14,25)^2] = 637,6 \text{ mm}^2 \quad (5.78)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{826,6 - 637,6}{826,6} \times 100 = \% 22,86 \quad (5.79)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{826,6}{637,6} = 1,3 \quad (5.80)$$

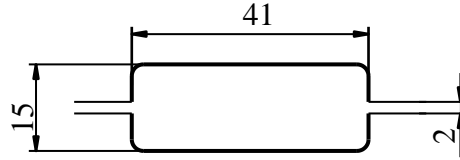
Şanzıman oranı: 1/ 7,1, merdane çapı 375 mm, motor devir 1097 d/dk. Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{1097}{7,1} = 154,5 \text{ d / dk} \quad (5.81)$$

Hadde hızı:

$$\frac{1097 \times 3,14 \times 375}{7,1 \times 60 \times 1000} = 3,03 \text{ m / s} \quad (5.82)$$



Şekil 5.21. 7. tezgâh.

Kesit alanı:

$$[axb] = 41 \times 13 = 533 \text{ mm}^2 \quad (5.83)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{637,6 - 533}{637,6} \times 100 = \%16,4 \quad (5.84)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{637,6}{533} = 1,20 \quad (5.85)$$

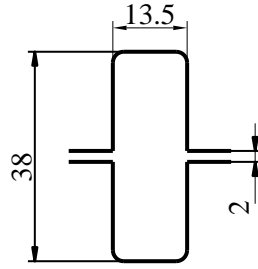
Şanzıman oranı: 1 / 6, merdane çapı 366 mm, motor devir 921 d/dk. Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{921}{6} = 153,5 \text{ d / dk} \quad (5.86)$$

Hadde hızı:

$$\frac{921 \times 3,14 \times 366}{6 \times 60 \times 1000} = 2,94 \text{ m / s} \quad (5.87)$$



Şekil 5.22. 8. tezgâh.

Kesit alanı:

$$[axb] = 13,5 \times 36 = 486 \text{ mm}^2 \quad (5.88)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{533 - 486}{533} \times 100 = \%8,82 \quad (5.89)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{533}{486} = 1,10 \quad (5.90)$$

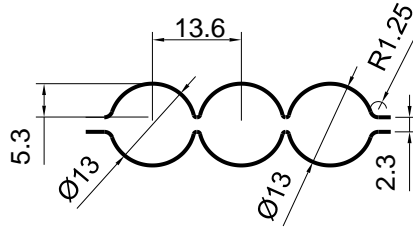
Şanzıman oranı: 1 / 4.35, merdane çapı 348 mm, motor devir 888 d/dk. Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{888}{4,35} = 204,14 \text{ d / dk} \quad (5.91)$$

Hadde hızı:

$$\frac{888 \times 3,14 \times 348}{4,35 \times 60 \times 1000} = 3,72 \text{ m / s} \quad (5.92)$$



Şekil 5.23. 9. tezgâh.

Kesit alanı:

$$[3,14 \times (6,5)^2] \times 3 = 398 \text{ mm}^2 \quad (5.93)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{486 - 398}{486} \times 100 = \% 18,1 \quad (5.94)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{486}{398} = 1,22 \quad (5.95)$$

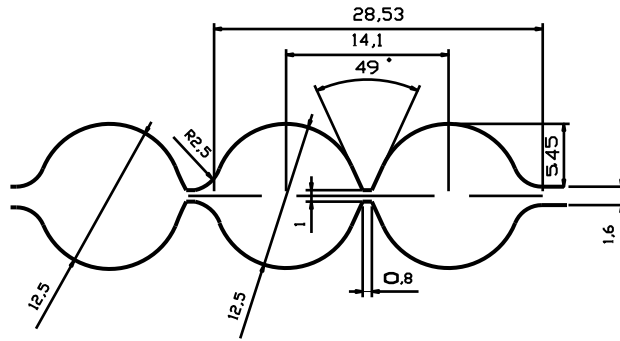
Şanzıman oranı: 1 / 3,27, merdane çapı 340 mm, motor devir 768 d/dk. Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{768}{3,27} = 234,87 \text{ d / dk} \quad (5.96)$$

Hadde hızı:

$$\frac{768 \times 3,14 \times 340}{3,27 \times 60 \times 1000} = 4,18 \text{ m / s} \quad (5.97)$$



Şekil 5.24. 10. tezgâh.

Kesit alanı:

$$[3,14 \times (6,1)^2] \times 3 = 350,5 \text{ mm}^2 \quad (5.98)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{398 - 350,5}{398} \times 100 = \% 11,93 \quad (5.99)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{398}{350,5} = 1,13 \quad (5.100)$$

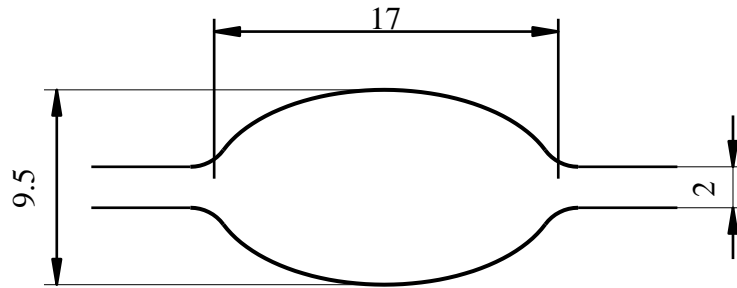
Şanzıman oranı: 1 / 3, merdane çapı 368 mm, motor devir 786 d/dk. Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{786}{3} = 262 \text{ d / dk} \quad (5.101)$$

Hadde hızı:

$$\frac{786 \times 3,14 \times 368}{3 \times 60 \times 1000} = 5,05 \text{ m / s} \quad (5.102)$$



Şekil 5.25. 11. tezgâh.

Kesit alanı:

$$\left[\left[\left(\frac{b^2}{4} \right) \times 3 + 4a^2 \right] \times \frac{b}{6a} \right] \times 3 = 264,3 \text{ mm}^2 \quad (5.103)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{350,5 - 264,3}{350,5} \times 100 = \% 24,6 \quad (5.104)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{350,5}{264,3} = 1,33 \quad (5.105)$$

Şanzıman oranı: 1 / 2.72, merdane çapı 373 mm, motor devir 812 d/dk. Olduğunda;

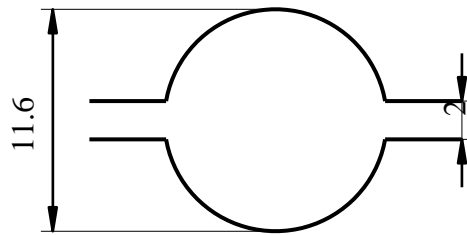
Hadde devir:

$$\frac{812}{2,72} = 298,52 \text{ d / dk} \quad (5.106)$$

Hadde hızı:

$$\frac{812 \times 3,14 \times 373}{2,72 \times 60 \times 1000} = 5,83 \text{ m / s} \quad (5.107)$$

11. tezgâh



Şekil 5.26. 12. tezgâh.

Kesit alanı:

$$[3,14 \times (4,8)^2] \times 3 = 217,1 \text{ mm}^2 \quad (5.108)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{264,3 - 217,1}{264,3} \times 100 = \% 17,86 \quad (5.109)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{264,3}{217,1} = 1,22 \quad (5.110)$$

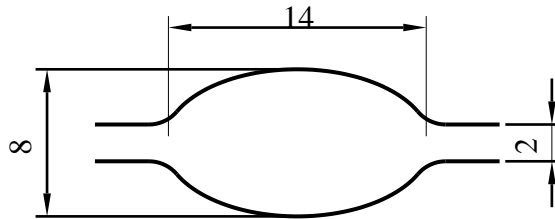
Şanzıman oranı: 1 / 2,06, merdane çapı 342 mm, motor devir 804 d/dk. Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{804}{2,06} = 390,3 \text{ d / dk} \quad (5.111)$$

Hadde hızı:

$$\frac{804 \times 3,14 \times 342}{2,06 \times 60 \times 1000} = 6,98 \text{ m / s} \quad (5.112)$$



Şekil 5.27. 13. tezgâh.

Kesit alanı:

$$\left[\left[\left(\frac{b^2}{4} \right) \times 3 + 4a^2 \right] \times \frac{b}{6a} \right] \times 3 = 179,6 \text{ mm}^2 \quad (5.113)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{217,1 - 179,6}{217,1} \times 100 = \% 17,27 \quad (5.114)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{217,1}{179,6} = 1,21 \quad (5.115)$$

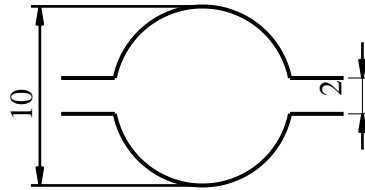
Şanzıman oranı: 1 / 1.75, merdane çapı 370 mm, motor devir 760 d/dk. Olduğunda;

Hadde devir:

$$\frac{760}{1,75} = 434,26 \text{ d / dk} \quad (5.116)$$

Hadde hızı:

$$\frac{760 \times 3,14 \times 370}{1,75 \times 60 \times 1000} = 8,41 \text{ m / s} \quad (5.117)$$



Şekil 5.28. 14. tezgâh.

Kesit alanı:

$$[3,14 \times (4)^2] \times 3 = 150,7 \text{ mm}^2 \quad (5.118)$$

Ezme miktarı:

$$\frac{179,6 - 150,7}{179,6} \times 100 = \% 16,10 \quad (5.119)$$

Uzama miktarı:

$$\frac{179,6}{150,7} = 1,19 \quad (5.120)$$

Şanzıman oranı: 1 / 1,5, merdane çapı 368 mm, motor devir 794 d/dk. Olduğunda;

Hadde devir:








$$\frac{794}{1,5} = 529,3 \text{ d / dk} \quad (5.121)$$






Hadde hızı:

$$\frac{794 \times 3,14 \times 368}{1,5 \times 60 \times 1000} = 10,2 \text{ m / s} \quad (5.122)$$

5.2.2. 30 x 4 Lama İçin Üretim Tablosu














Çizelge 5.3. 30 x 4 lama üretimi.

TEZGAH NO	ÖLÇÜ	ŞEKİL	ALAN	EZME %	ŞANZUMAN		MERDANE ÇAPI mm	HADDE DEVİRİ d/dak	MOTOR DEVİRİ d/dak	HIZ M/S
HAZIRLAMA	48		2304							
1	65 x 33		1449,1	1,54	1 /	12,6	375	52	655	1,02
2	37		1074,7	1,39	1 /	11,5	375	52,61	605	1,03
3	50 x 23		797,1	1,35	1 /	10	375	63,3	623	1,22
4	28,3		628,7	1,27	1 /	7,1	340	107,75	765	1,92
5	40 x 18		498,2	1,26	1 /	6	340	140	840	2,49
6	20		400	1,25	1 /	4,35	336	208,28	906	3,66

7	26 x 13		338	1,18	1 /	3,27	330	245,57	803	4,24
8	32 x 7,5		240	1,41	1 /	3	370	311	932	6,02
9	26 x 8		208	1,15	1 /	2,72	353	353	960	6,52
10	28 x 5,5		154	1,35	1 /	2,06	358	394	811	7,38
11	30 x 4		120	1,28	1 /	1,75	365	514	900	9,83

5.2.3. 11,5 x 11,5 Kare İçin Üretim Tablosu

Çizelge 5.4. 11,5 kare üretimi.

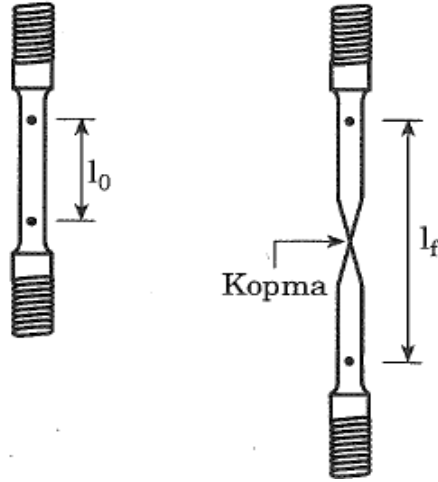
TEZGAH NO	ÖLÇÜ	ŞEKİL	ALAN	EZME %	ŞANZUMAN		MERDANE ÇAPI mm	HADDE DEVRİ d/dak	MOTOR DEVRİ d/dak	HIZ M/S
HAZIRLAMA	48		2304							
1	65 x 33		1499,1	1,54	1 /	12,6	375	43,89	553	0,86
2	34		1156	1,3	1 /	11,5	375	64,35	740	1,26
3	50 x 25,9		906,8	1,27	1 /	10	375	71,6	716	1,4
4	30,2		716	1,27	1 /	7,1	340	114,79	815	2,04
5	45 x 18,4		569,3	1,26	1 /	6	340	125,83	755	2,24
6	24		452,2	1,26	1 /	4,35	336	173,56	755	3,05
7	35 x 15		362,1	1,25	1 /	3,27	335	230,89	755	4,05
8	17,1		292,4	1,24	1 /	3	350	306,67	920	5,62
9	30 x 11,5		236,3	1,24	1 /	2,72	335	366,18	996	6,42
10	13,9		193,2	1,22	1 /	2,06	346	434	894	7,86
11	22,5 x 14,2		159,8	1,21	1 /	1,75	328	569,7	997	9,78
12	11,5		132,3	1,21	1 /	1,5	328	673,3	1010	11,56

BÖLÜM 6

TEST

6.1. ÇEKME TESTİ

Kuvvet ve şekil değiştirme arasındaki bağıntıların incelenmesi bakımından uygulanan deneydir.



Şekil 6.1. Çekme deney çubuğu [26].

Çekme mukavemeti, malzemenin dayandığı en yüksek mukavemet değeri olarak saptanır. Daha fazla uzama olduğunda malzeme kopar. Akma sınırı ve çekme mukavemeti değerleri, tespit edilen yük değerlerinin ilgili standardın öngördüğü metre ağırlığından bulunan gerçek veya teorik kesit alanına bölünmesiyle bulunur. Birim kg/mm^2 veya N/mm^2 dir.

Kesit alanının saptanması;

Çekme testinin numunesinin kesit alanı, üretimi yapılan ilgili standarta göre tespit edilmelidir.

Akma dayanımı ($\dot{\sigma}_a$);

Uygulanan çekme kuvvetinin yaklaşık olarak sabit kalmasına karşın, plastik şekil değiştirmenin önemli ölçüde arttığı ve çekme diyagramının düzgünlük gösterdiği kısma karşı gelen gerilme değeridir [27].

Uzamanın saptanması:

İlk boy, çekme testi numunesinin (makinenin iki çenesi arasına gelen bölümü) ilgili standardın öngördüğü şekilde çubuk işaretleme aparatı kullanılarak işaretlenir. Numune koptuktan sonra, uçlar birleştirilip son boy tespit edilir. % uzamanın hesaplanması, çeşitli standartlarda değişik yöntemler kullanılarak yapılır. Standartlarda esas alınan uzama kriterlerinin hesabı;

Kopma sonrası % uzama (A, A_5, A_{10});

Malzeme koptuktan sonra uçlar birleştirilip son boy tespit edilir. Son boy ilk boy oranlanarak % uzama bulunur.

L_f : Son boy, mm

L_0 : ilk boy, mm

$$A, A_5, A_{10} = \frac{(L_f - L_0)}{L_0} \times 100 \quad (6.1)$$

Maksimum stresteki % uzama (A_{gt});

Malzeme koptuktan sonra, kopan parçaların herhangi birisinin üzerinden, kopma bölgesinin en az 50 mm ve çene izlerinin en az 20 mm uzakta bulunan ara bölgeden son boy ölçümü alınır. Son boy ilk boy oranlanarak A_g değeri bulunur. Daha sonra A_{gt} değeri bulunur.

L_f : son boy, mm

L_0 : ilk boy (100mm), mm

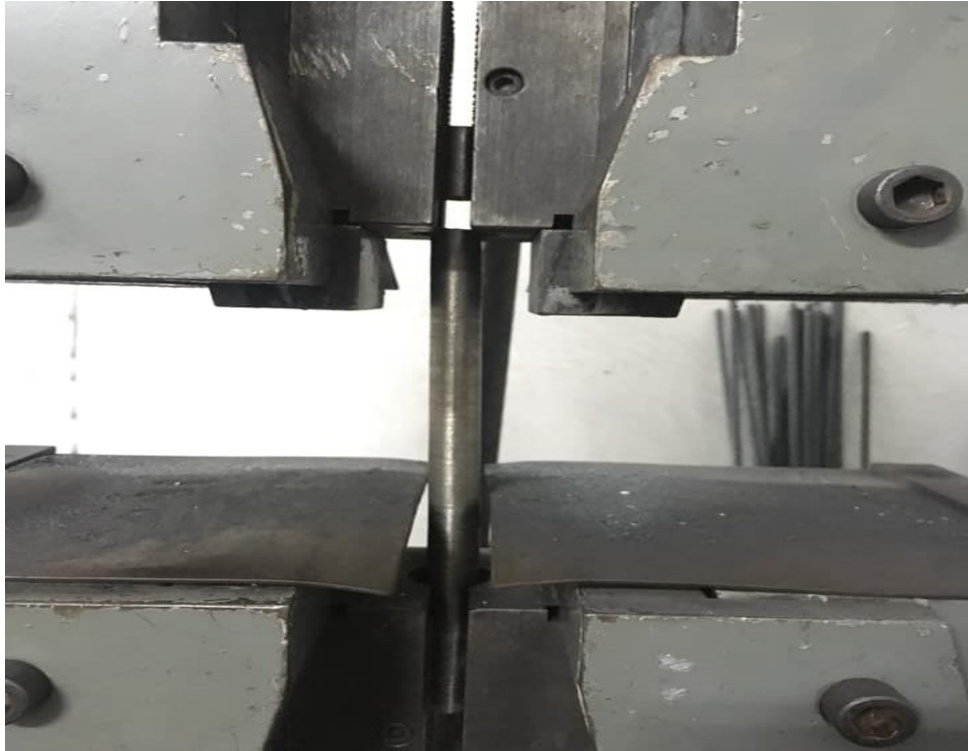
$$A_g = \frac{(L_f - L_0)}{L_0} \times 100 \quad (6.2)$$

R_m : Çekme Mukavemeti, N/mm^2

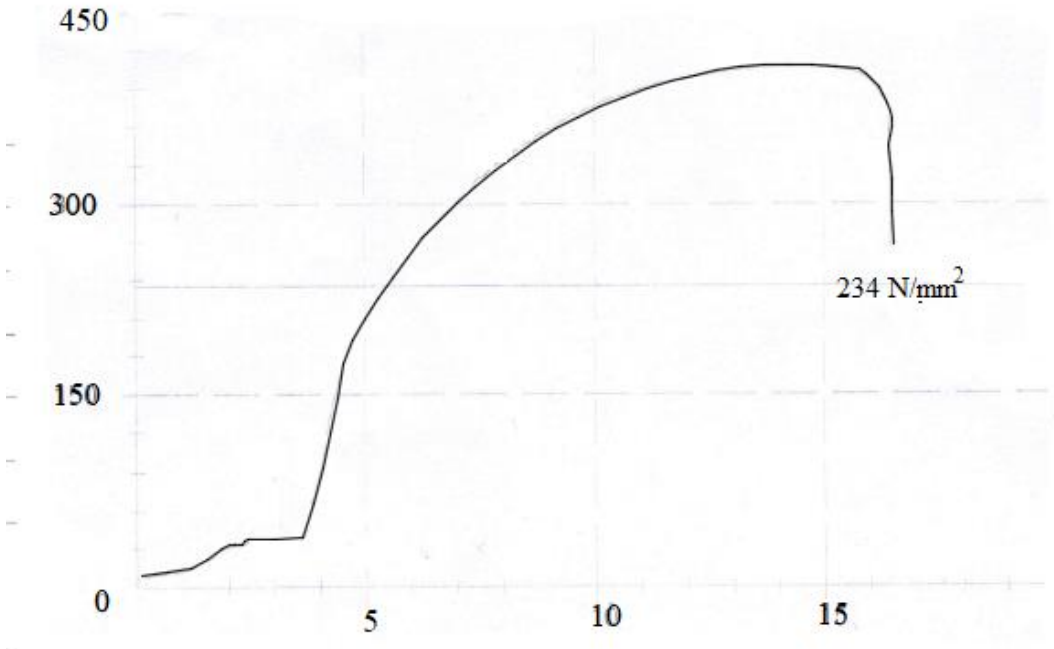
E_y : Young Katsayısı, $200.000 N/mm^2$

$$A_{gt} = A_g + (R_m \times 100) / E_y \quad (6.3)$$

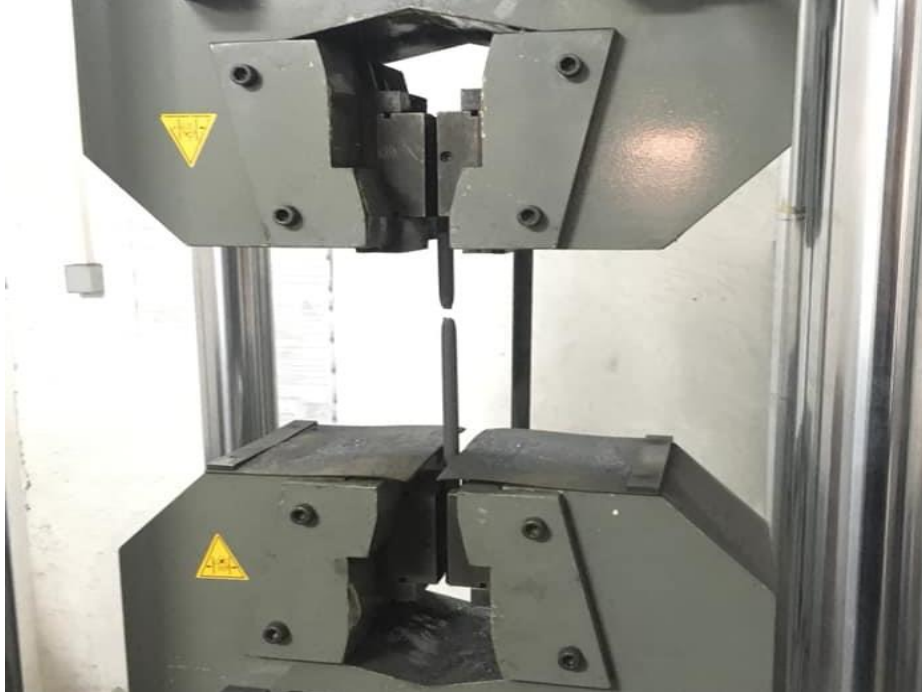
Hammadde çekme analizi:



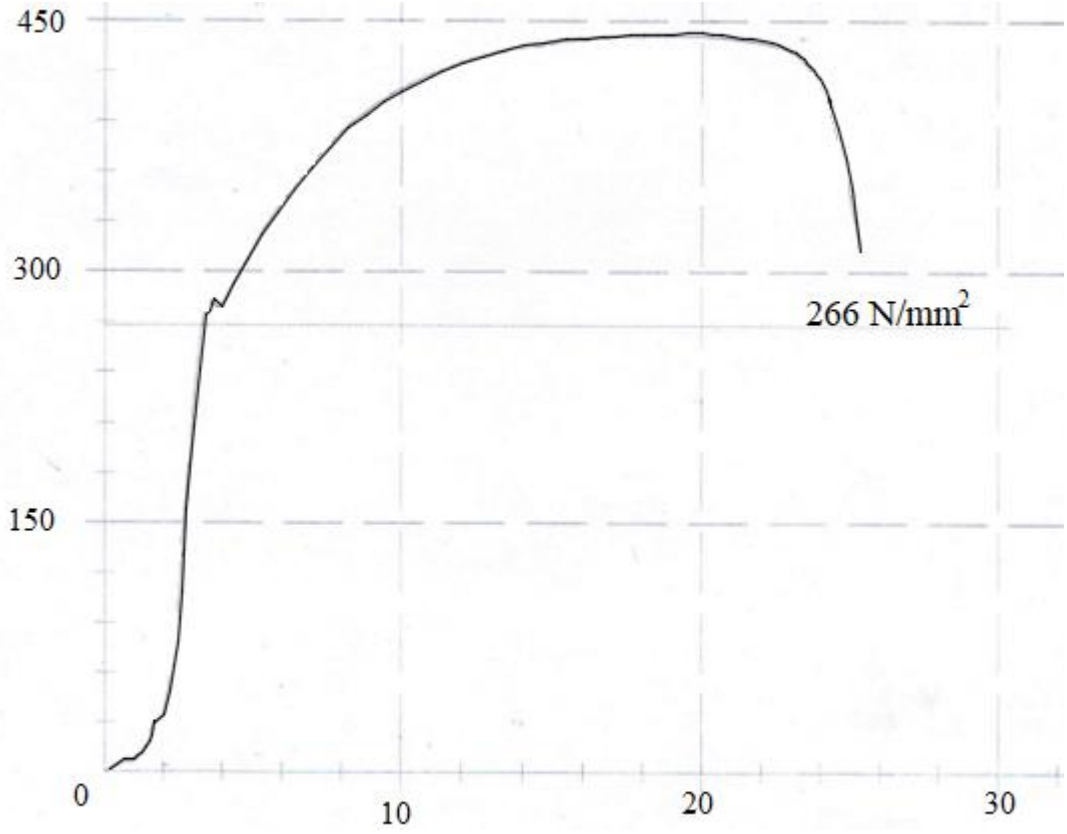
Şekil 6.2. İşlenmemiş parça.



Şekil 6.3. Çekme analiz grafiği.



Şekil 6.4. İşlenmiş parça.

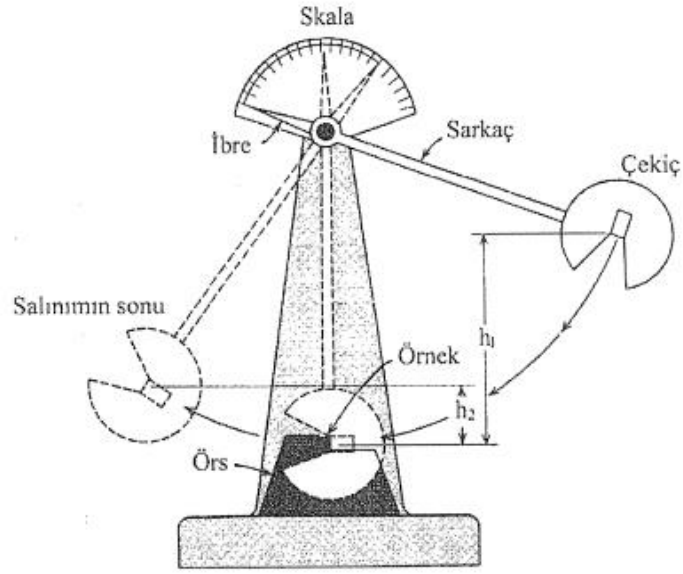


Şekil 6.5. Çekme analiz.

Haddelenmeden önce akma gerilmesi 234 N/mm^2 iken haddeleme sonrası ise akma 266 N/mm^2 olmaktadır. Çekme mukavemeti, haddeledikten sonra yükselmektedir. Malzemenin işlem görmemesi ki değerleri daha düşük olmaktadır. Uzama oranı öncesi %11, haddeleme sonrası ise % 22 olmaktadır.

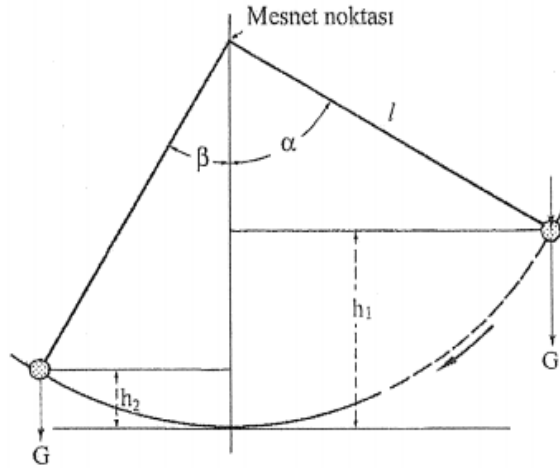
6.2. ÇENTİK DARBE DENEYİ

Darbe deneyinde, standart çentik içeren numunenin dinamik bir yük (darbe etkisiyle) altında kırılması için gereken enerji tayin edilir. Bulunan değer, malzemenin darbe mukavemeti olarak tanımlanır.



Şekil 6.6. Darbe deney cihazı [28].

Çalışma prensibi Şekilde verilen darbe deneyinde, ağırlığı G olan sarkaç, h_1 yüksekliğine çıkarıldığında potansiyel enerjisi gxh_1 mertebesindedir. Sarkaç bu yükseklikten serbest bırakıldığında, düşey bir düzlem içinde hareket ederek numuneyi kırar ve aksi yönde h_2 yüksekliğine çıkar. Böylece, numunenin kırılmasında sarkaçta kalan potansiyel enerjisi gxh_2 mertebesindedir.



Şekil 6.7. Darbe deney cihazı çalışma prensibi [28].

Sarkacın ilk konumundaki potansiyel enerjisi ile son durumundaki potansiyel enerjisi arasındaki fark numunenin kırılması için gerekli enerjiyi, yani darbe direncini verir.

Kırılma enerjisi;

$$G(h_1 - h_2) = G \cdot 1. (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (6.4)$$

Darbe direnci birimi genellikle joule (j) olarak verilir.

Örnek:

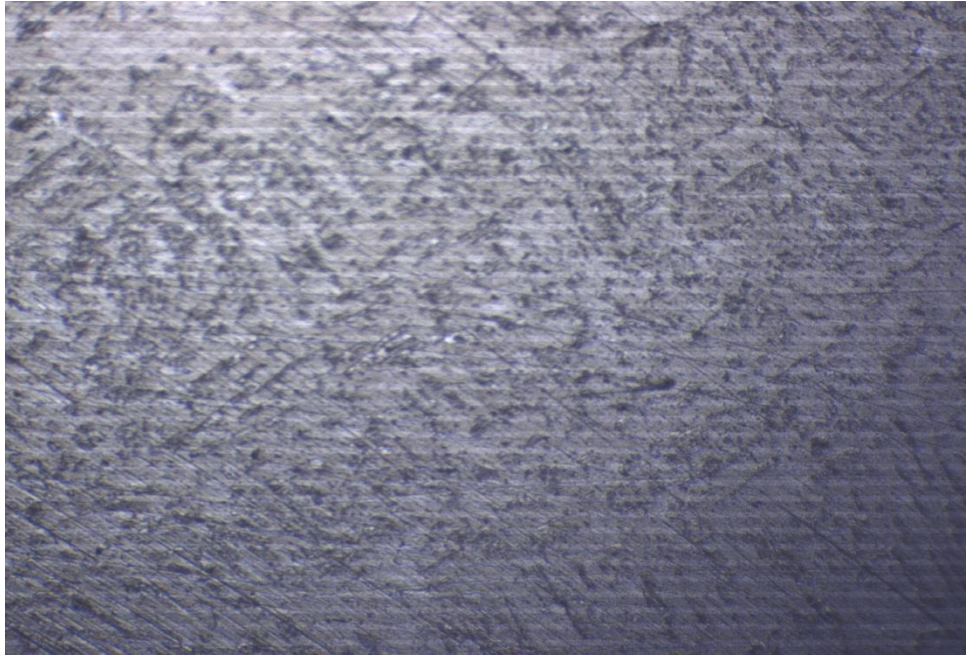
Sıcaklık 21,7

Numune 10x10x55mm

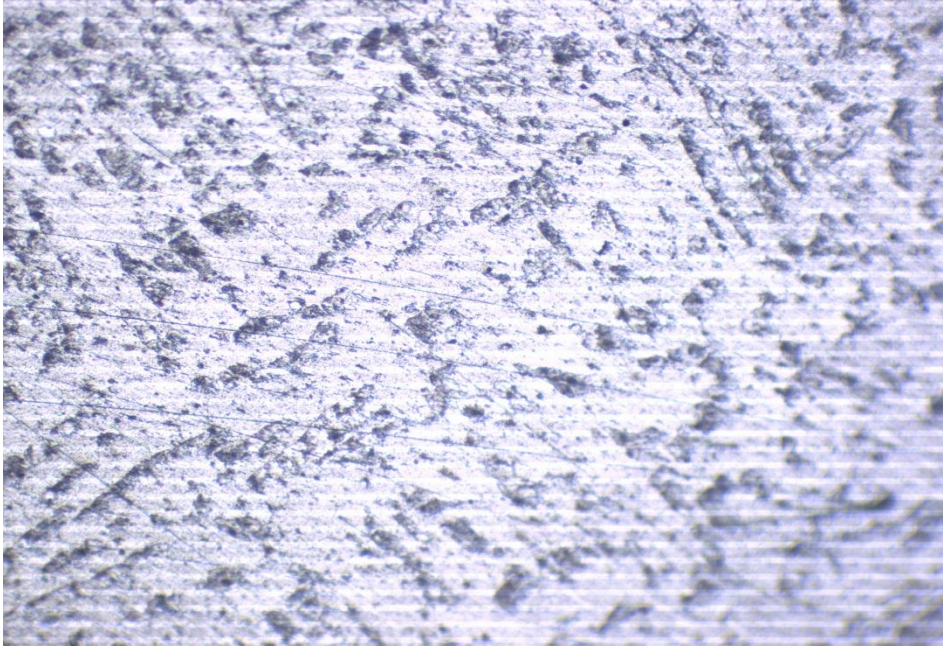
Çizelge 6.1. Darbe deney sonuçları.

1.Numune	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	Ortalama
	77	93	92	87,3 J
2.Numune	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	Ortalama
	71	80	78	76,3 J

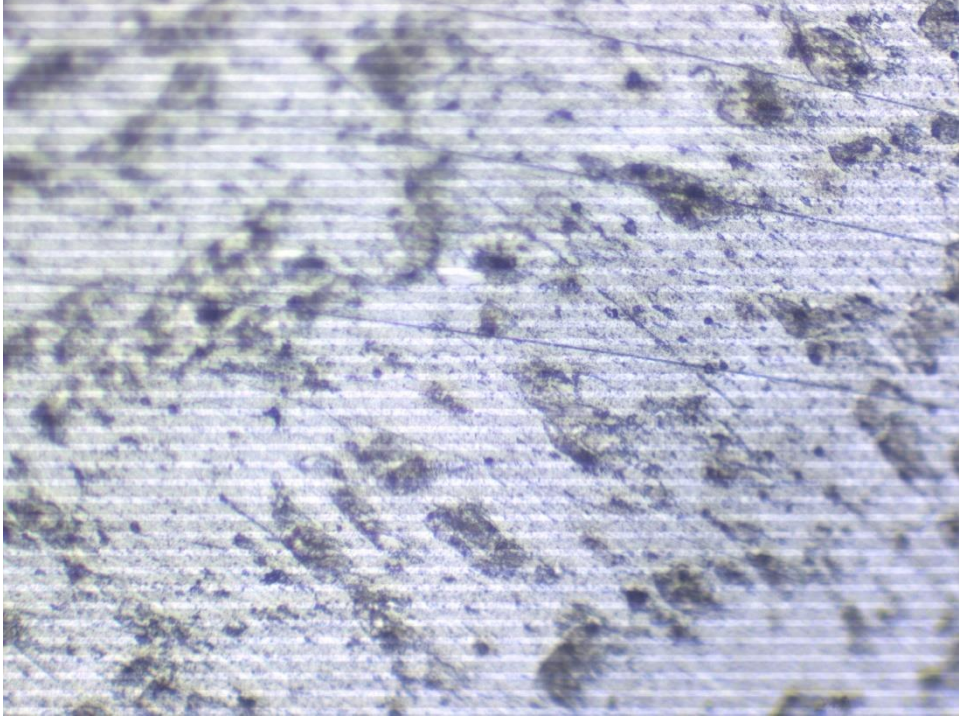
6.3. MİKROYAPI İNCELEME



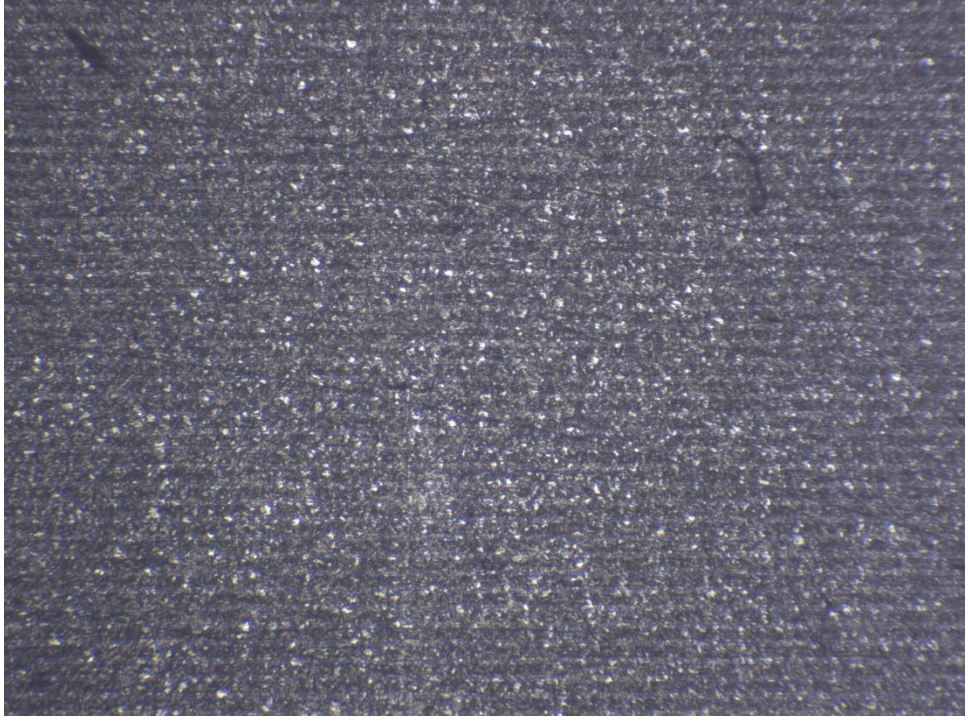
Şekil 6.8. Hammadde 50x görüntü.



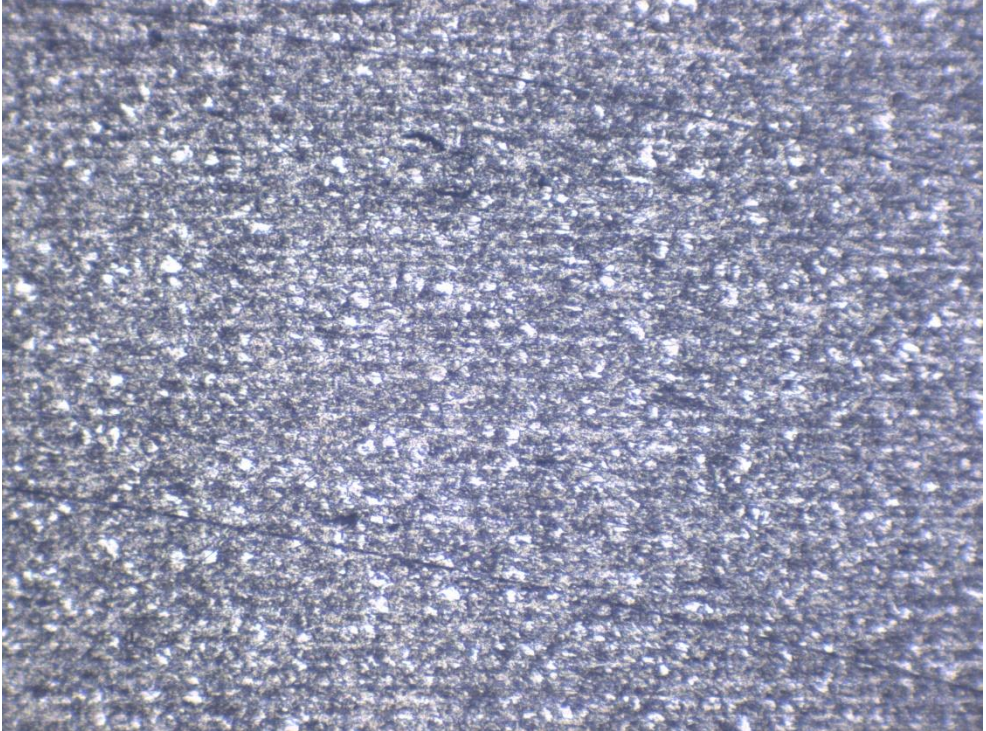
Şekil 6.9. Hammadde 100x görüntü.



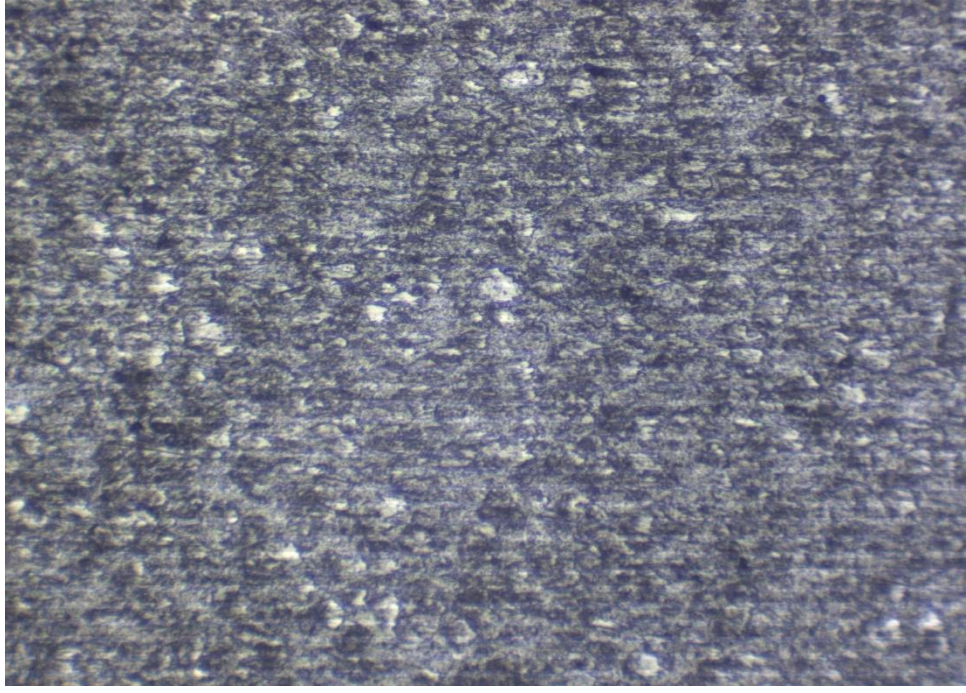
Şekil 6.10. Hammadde 200x görüntü.



Şekil 6.11. İşlenmiş mamul 50x görüntü.



Şekil 6.12. İşlenmiş mamul 100x görüntü.



Şekil 6.13. İşlenmiş mamul 200x görüntü.

Termomekanik işlem terimi; malzemenin tane boyutunu küçülterek mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla, mekanik işlem (plastik deformasyon) ve ısı işlemin kontrollü bir şekilde bir arada uygulandığı işlemleri belirtmektedir ve bu işlemlerin ayrı ayrı uygulanması ile elde edilemeyen özellikler elde edilebilmektedir. Bu çalışma da ısı işlem görmeden önceki ve sonraki yapılar incelenmiştir.

Soğuk haddeme de malzeme haddelenmeden öncesi izotropik bir yapıya sahiptir yani mekanik özellikler yönden bağımsızdır fakat haddeme sonrası anizotropik yapı oluşur ve mekanik özellikler yöne bağlı olur. Bu yapılan inceleme sıcak haddeme için olduğunda, malzemenin yeniden kristalleşme sıcaklığın üstünde olduğu için malzeme haddeme sonrası oda sıcaklığına gelirken yeniden kristalleşeceği için düzgün bir mikro yapıya sahip ve mekanik özellikleri kazanmış olduğu gözlemlenmektedir.

Malzemedeki beyaz bölgeler Ferrit, siyah kısımlar ise perlit (Ferrit + sementit). Haddeme sonrasında hadde yönünde yönelmeler gözlenmektedir. Bu durum haddeme sıcak olduğundan malzemenin hem uzaması ve haddeme sonrası oda

sıcaklığında soğuk olduğunda malzemenin yeniden kristalleşme sıcaklığından geçtiğinden kristal yapısı tekrardan düzeldiği görülmektedir.

Haddeleme öncesi mikro yapı yüzeyleri parlak, haddeleme sonrası ise daha fazla karardığı görülmektedir. Haddeleme sonrası ince taneli bir yapı mevcut ve bu durum sonuçları;

- Malzemenin sertleştiği,
- Darbe tokluğunun arttığı,
- Akma dayanımının iyileştiği,
- % uzama miktarı daha iyi olduğu,
- Tane boyutu küçüldüğü gözlemlenmiştir.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Sıcak haddeleme prosesinde incelenen mamullerin üretim toleranslarına göre hadde kalibrasyonları incelenmiş olup tüm mamuller için ideal kalibrasyonlar olduğu tespit edilmiştir.
- Hadde prosesinde incelenen slit (yarma) sistemiyle üretilen mamuller hadde üretim tonajlarını artırmakta ve hadde verimini yükseltmektedir.
- İmalat esansında kullanılan kasa yolluk makaralar incelenmiş olup seçilen tüm malzemeler sıcak hadde prosesine uygun olup uygun şartlarda ısıl işlemlerden geçirilmiştir.
- Teorik hesaplamalar ile hadde kuvvetleri hesaplanmış olup bu kuvvetlere uygun güç hesapları yapılmış hadde döndüren motor güçlerinin uygun olduğu tespit edilmiştir.
- Haddeleme sonrası soğuk paketleme yapılan mamullerde oluşan doğrusallık problemleri incelemesi yapılan doğrultma tezgâhlarında doğrusallık problemlerinin giderildiği üretimi yapılan lama mamuller de ise kılıcına olan eğriselliklerin düzeltilemediği görülmüştür.
- Hadde tav fırınında otomasyon sistemi kullanılmaktadır. Otomasyon sisteminin fırın içinde kontrol edilmesi gereken tüm değerleri verdiği tespit edilmiş olup fırında ısı kayıplarının uygun refrakter tuğlalar kullanılarak en aza indirilmediği görülmüştür. Refrakter tuğlaları aşınma süreleri dikkate alındığında ısı kayıplarının en aza indirgenmesi için zamanla değişmesi tespit edilmiştir.
- Mamul soğutma ızgarası gerekli uzunlukta olup hadde hızının yüksek olduğu mamullerde gerekli ihtiyacı karşılamaktadır. Taraklı ızgaranın sonunda bulunan testereler istenilen boya göre mamulü kesebilmektedir.
- Taraklı ızgaradan düşen ince mamuller sıcak paketleme yapılsa daha seri üretim gerçekleşir. Bunun için paketleme kuyuları değiştirilmelidir.

- Merdane çapları büyütülerek daha kalın ve geniş malzeme çekilmesi uygun hale gelir.
- 3 slit yarma kullanılmaktadır, hadde devrini yükselterek, 4 slit yarma sistemine geçip daha fazla üretim sağlanabilir.
- Hadde ayakları sabittir, tekerlekli hadde ayağına çevrilip üretim yapılırken paso değişeceği zaman daha az işçilik ve süreyle yapılabilir.
- Merdanelerde genişlikle oynarken işçilikten ve zamandan tasarruf etmek için otomasyon sistemi yapılarak daha az zamanda yapılabilir.
- Tavlama ocağının kapasitesi 28 ton/saat 3 metre kütük alabilmektedir, tavlama ocağının kapasitesini artırarak daha fazla saatte üretim kapasitesi artırılabilir.
- Izgaraya gelen mamul kapaklar yardımıyla aktarılmaktadır ve karışma ihtimali ince mamullerde yüksek olmaktadır, kaset sistemi yapılırsa mamuller ızgaraya düşerken karışma ihtimali ortadan kalkacaktır.

KAYNAKLAR

1. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, “Demir Çelik sektör raporu”, Ankara, 8- 13 (2019).
2. Başkaya, A., “Soğuk haddeleme işleminin proses amaçlı eniyilenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 13, (2020).
3. Toptaş, C., “Yassı çelik haddelemede kullanılan sıcak şerit haddehane hadde merdanelerinin aşınma parametrelerinin optimizasyonu ile servis ömürlerinin uzatılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2015).
4. İkiz, B., “Sıcak haddelemede tempcore prosesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay, (2009).
5. Yıldırım, A., “Haddehane tav fırınında ısı kayıpları ve enerji analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *İskenderun Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İskenderun, (2018).
6. Ayvacı, B., “Toz metalürjisi ile üretilen çeliklerde presleme tekniğinin mikro yapı mekanik özelliklere etkisinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 10-13, (2019).
7. Yıldız, M., “Ray çeliğine uygulanan haddeleme işleminin mikroyapı ve mekanik özelliklere etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 5-6, (2018).
8. İnternet: “Brülör”, <https://www.mekaniktesisat.co/brulor-nedir> (2018).
9. İnternet: “Rekuperatör ve rekuperatif brülör teknolojisi”, <http://www.mneproje.com/public/website/news/reku-perato-r-ve-reku-perati-f-bru-lo-r-teknoloji-si> (2019).
10. Kılınç, E., “Endüstriyel fırınlarda enerji analizi ve verim arttırıcı yöntemler”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 13 (2012).
11. Yılmaz, M., “Metallerin haddelenmesi”, *TDÇİ İskenderun Demir Çelik Fabrikaları*, İskenderun, 113-114, (1988).
12. Eyidoğan, M., Taylan, O., Kaya, D. ve Dursun, Ş., “Endüstriyel tav fırınlarında enerji tasarrufu ve emisyon azaltım fırsatları”, *Gazi Üniversitesi. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 29, No 4 (2014).

13. İnternet: “Haddelenmede amaçlar”, <https://silo.tips/download/haddeleme-haddeleme-de-amalar> (2017).
14. Kurt, G., “Çelik profillerin sıcak haddelenmesinde merdane kalibre tasarımı ve simülasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 7-8 (2019).
15. Aydoğan, İ.K., “Haddelenme prosesinde malzeme karakteristiğindeki değişimlerin incelenmesi ve modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 14 (2007).
16. Başsüllü, A., “Sıcak haddelenme yöntemiyle elde edilmiş profilin simülasyon uygulamasıyla geri esneme ve artık gerilme miktarının belirlenerek prototip bükme uygulamasının gerçekleştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa, 11,19 (2019).
17. Başoğlu, F., “Temper haddelenmede merdane parametrelerinin sac malzemelerin pürüzlülük transferine etkisinin deneysel incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, 6 (2019).
18. Taşkiran, İ.A., “Alaşımız düşük karbonlu çelikten soğuk haddeli sacların kalitesini etkileyen faktörlerin incelenmesi”, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 72 (2003).
19. Dal, H., “Küçük tip hadde tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 50 (2001).
20. Çolak, B., “Soğuk haddelenmede pürüzlülük transferini etkileyen haddelenme parametrelerinin ve malzeme özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi”, Doktora Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 23 (2018).
21. Kurt, C., “Özel redüktör tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, 1 (2011).
22. İnternet: “Volan”, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Volan>.
23. Özmen, B., “Haddecilik ve kalibrasyon.”, İzmir, 9-10,19 (2005).
24. Çalışkan, B., “Yuvarlak çubuk haddelenmesinde özel yöntemler”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 9 (1993).
25. İnternet: “/haddelenme-nedir-haddelenme-gucu-hesabi”, <http://www.muhandisalemi.com> (2017).
26. Çapan, L., “Metallere plastik şekil verme”, *Çağlayan Kitabevi*, İstanbul, 3, 206 (2010).
27. İnternet: “Çekme deneyi”, www.ktu.edu.tr.

28. Çanakçı, A., “Metalurji laboratuvarı ders notları”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü*, Trabzon.
29. Altun, A., “Silisyumlu sacların soğuk haddelenebilirliğinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2007).
30. Wusatowski, Z. ve İnceayan, T., “Haddeme tekniğinin esasları”, *Türkiye Demir ve Çelik İşletmeleri Genel Müdürlüğü*, Ankara, (1989).
31. Kayalı, E.S. ve Çimenoglu, H., “Plastik şekil verme ilke ve uygulamaları”, *Bilim Teknik Yayınevi*, İstanbul, 64 (1995).
32. Anonim, “Plastik şekillendirme teorisi”, *İzmir Demir Çelik*, İzmir 12-23, 27-30,47,53,58-59,107.
33. Karacif, K., ve İnem, B., “Düşük karbonlu bir çeliğin kaynağında termomekanik işlemin mikroyapı ve mekanik özelliklere etkisi”, *Gazi Üniversitesi Mühendisli Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 16, No 1 1-8, (2001).

ÖZGEÇMİŞ

Furkan ŞAHİN 1993 yılında Karabük'te doğdu; ilk ve orta öğretimini aynı şehirde tamamladı. Karabük Endüstri Meslek ve Teknik Lisesi Elektrik Bölümü'nden 2011 yılında mezun oldu. 2014 yılında Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği eğitimine başladı ve 2018 yılında mezun oldu. Aynı sene Karabük Üniversite'nde yüksek lisansa başladı. 2019 (Ağustos-Aralık) HKSM şirketinde şantiye şefliği görevinde bulundu. 2020 Şubat ayında Kale Mühendislik ofisinde Proje Mühendisi olarak görev aldı ve 2020 Eylül ayı itibariyle Çaprazoğlu D.Ç şirketinde Kalite Kontrol Mühendisi olarak görev yapmaktadır.