

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ*FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR SICAK SAC HADDELEME TESİSİNİN DEVREYE
ALINMASI VE İŞLETME PARAMETRELERİNİN TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS

Mak. Müh. Barış Emre KÖRMÜKÇÜ

Anabilim Dalı: Makine Mühendisliği

Danışman: Doç. Dr. Sedat KARABAY

KOCAELİ, 2011

BİR SICAK SAC HADDELEME TESİSİNİN DEVREYE
ALINMASI VE İŞLETME PARAMETRELERİNİN TESPİTİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Barış Emre KÖRMÜKÇÜ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 14 EYLÜL 2011

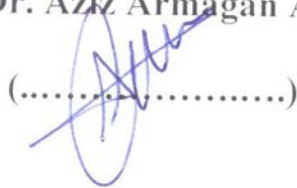
Tezin Savunulduğu Tarih: 05 EKİM 2011

Tez Danışmanı
Doç.Dr. Sedat KARABAY

()

Üye

Doç.Dr. Aziz Armağan ARICI

()

Üye

Yrd.Doç.Dr. Erdal KARADENİZ

()

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Ülkemizdeki bobin halinde sarılmış sıcak yassı çelik mamul üretimi 1965 yılında devlet teşviki ile Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları (Erdemir) ile başlamıştır. Buna paralel olarak ülkemizin bu sektördeki yatırımı 1975 yılında İskenderun Demir ve Çelik Fabrikaları (İsdemir) ile devam etmiştir. Sanayinin gelişmesi ile yurt içi talep ve ihracatın artması ile de yurt dışı talep, yıllar geçtikçe sektörde artmıştır. Yüksek yatırım maliyeti nedeniyle başlangıçta devlet teşviki ile kurulan tesisler, yassı mamule ihtiyacın artması nedeniyle özel sektöre sıçramıştır. Günümüzde özel sektör tarafından kurulan, kurulmakta olan veya planlanan birçok yatırım, bu duruma örnek oluşturmaktadır. Ayrıca hitap ettiği boru sanayi, beyaz eşya, otomotiv ve silah sanayi gibi sektörler açısından da ülke ekonomisi bakımından kritik bir rol üstlenmiş durumdadır.

Sıcak sac haddehanesinin devreye alınması ve işletme parametrelerinin tespiti konusunda bana çalışma fırsatı veren değerli ÇOLAKOĞLU Metalürji A. Ş. Kalite Kontrol Müdürü Sn. Rıfki ERSOY, Teknik Koordinatör Sn. Ali Fikret GEN ve diğer yöneticilerime, Sıcak Sac Haddehanesi İşletme Şefi Sn. Özgür ÖZSOY, İşletme Mühendisleri Sn. Ali BALCI, Sn. Erdem TÜRKER, Kalite Kontrol Mühendisi Sn. Ramazan TÜTÜK, Seviye-2 Bakım Mühendisi Sn. Aydın MUTLU, Merdane Atölye Mühendisi Sn. Yasin UYSAL'a, proje ve tez aşamasında fikirleri ile beni yönlendiren ve teşvik eden KOÜ Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sn. Doç. Dr. Sedat KARABAY'a ve KOÜ Makine Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Sn. Mak. Yük. Müh. Alpay Tamer ERTÜRK'e teşekkür ederim. Ayrıca hayatım boyunca beni destekleyen ve bugüne getiren merhum babam Soner Bora KÖRMÜKÇÜ ve annem Saniye KÖRMÜKÇÜ'ye, çalışmalarımı sabırla destekleyip beni yalnız bırakmayan eşim Bediha KÖRMÜKÇÜ'ye sonsuz minnet duygularımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
TABLolar DİZİNİ	viii
SİMGELER.....	ix
ÖZET	x
1. GİRİŞ	1
2. ÜRETİM HATTI PROSES TANIMLARI	5
2. 1. Slab Tav Fırını	6
2. 2. Kaba Hadde, Dik Hadde ve Şerit Hadde.....	11
2. 3. Bobin Kutusu	13
2. 4. Kırpıntı Makas	15
2. 5. Duşlu Masalar	16
2. 6. Bobin Sarma.....	17
3. KALİTE KONTROL SİSTEMİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ	20
3. 1. Üretim Hattındaki Muayene ve Kontrol Cihazı	20
3. 2. Kalite Kontrol Ünitesi.....	22
3. 3. Mekanik Laboratuarda Yapılan Tahribatlı Muayeneler ve Raporlama	22
3. 3. 1. Çekme testi.....	22
3. 3. 2. Çentik darbe testi	23
3. 3. 3. Brinell sertlik testi.....	23
3. 3. 4. Katlama testi.....	24
3. 4. Kalite Kontrol Ünitesi Raporları.....	24
4. ÜRETİM HATTI PROSES KONTROL SİSTEMİ VE PERSONELİ	26
4. 1. Kontrol Odaları ve Kullanıcı Ara Yüzleri.....	27
4. 2. Haddehane Personeli.....	29
4. 2. 1. İşletme departmanı	29
4. 2. 2. Mekanik bakım departmanı	29
4. 2. 3. Elektrik-elektronik bakım departmanı	30
6. İŞLETME PARAMETRELERİNDEN SLABLAR	34
6. 1. Sürekli Slab Döküm Tesisi Ekipmanları ve Fonksiyonları.....	35
6. 2. Slab Kusurları ve Oluşum Mekanizmaları.....	38
6. 2. 1. Yüzey kusurları	38
6. 2. 1. 1. Boyuna yüzey çatlağı	38
6. 2. 1. 2. Enine yüzey çatlakları	39
6. 2. 1. 3. Köşe çatlağı.....	40
6. 2. 1. 4. Yıldız çatlakları.....	41
6. 2. 1. 5. Gaz boşlukları	41
6. 2. 1. 6. Makro inklüzyon	42
6. 2. 1. 7. Alın çatlakları.....	43
6. 2. 2. İç yapı kusurları.....	44
6. 2. 2. 1. Merkez çizgi segregasyonları.....	44

6. 2. 2. 2 İç çatlaklar	44
6. 2. 2. 3 Üçlü nokta çatlakları	44
6. 2. 2. 4 İç yapı inklüzyonları	45
6. 3. Parametrenin Değişiminden Kaynaklanan Üretim Kusurları	45
6. 3. 1. Üretim hattına malzeme takılması	45
6. 3. 2. Kabuklar	46
6. 3. 3. Dikişler	47
6. 3. 4. Serpintili döküm izleri	48
6. 3. 2. Döküm kırışıklıkları	49
6. 3. 6. Boyuna çatlaklar	49
6. 3. 7. Enine çatlaklar	50
6. 3. 8. Yüzey çatlakları	50
7. İŞLETME PARAMETRELERİNDEN HADDE TEZGAHI VE EKİPMANLARI	52
7. 1. Hadde tezgâhı	52
7. 2. Merdane Yatakları	53
7. 3. Merdane Kilitleri	55
7. 4. Gergi Merdaneleri	56
7. 5. Yan Yolluklar	57
7. 6. Kalınlık Kontrol Silindirleri ve Sistemi	58
7. 7. Merdane Bükme Silindirleri ve Sistemi	61
7. 8. Malzeme Profilini Sürekli Olarak Ölçen Ölçme Cihazı	62
7. 9. Parametrenin Değişiminden Kaynaklanan Üretim Kusurları	63
7. 9. 1. Malzeme üzerindeki dalga kusuru	63
7. 9. 2. Talaş kusuru	64
7. 9. 3. Teleskopiklik ve bozuk sargı	64
7. 9. 4. Hadde yarası	65
7. 9. 5. Kenar çatlağı	65
8. İŞLETME PARAMETRELERİNDEN TUFAL VE TUFAL KIRMA ÜNİTELERİ	67
8. 1. Parametrenin Değişiminden Kaynaklanan Üretim Kusurları	71
8. 1. 1. Batık tufal	71
8. 1. 2. Benekli tufal	71
8. 1. 3. Hadde tozu	72
8. 1. 4. Kızıl oksit	73
9. İŞLETME PARAMETRELERİNDEN SICAKLIK VE ISI	74
9. 1. Parametrenin Değişiminden Kaynaklanan Üretim Ve Merdane Kusurları	78
9. 1. 1. Sıcaklık farkından dolayı iş merdanesinin hasarlanması	78
9. 1. 2. Bobindeki enine yüzey yırtıkları	78
10. İŞLETME PARAMETRELERİNDEN SOĞUTMA VE YAĞLAMA	80
10. 1. Soğutma Suyu Genel Özellikleri	80
10. 2. İş Merdanesi Soğutma Sistemi	81
10. 3. Tezgahlar Arası Soğutma Sistemi	82
10. 4. Son Haddeye Giriş Tufal Kıрма Sistemi	83
10. 5. Şerit Sprey Soğutma Sistemi	83
10. 6. Hadde Aralığı Soğutma Sistemi	83
10. 7. Gergi Merdanesi Ve Yan Yolluk Soğutma Sistemi	83
10. 9. Toz Tutucu Soğutma Sistemi	84
10. 10. Hadde Aralığı Merdane Yağlama Sistemi	85

10. 11. Parametrenin Değişiminden Kaynaklanan Merdane Kusurları.....	86
10. 11. 1. Merdane aşınması	86
11. İŞLETME PARAMETRELERİNDEN MERDANELER	87
11. 1. Merdane Genel Özellikleri	87
11. 2. Sıcak Sac Haddehanesinde Kullanılan Merdaneler	88
11. 3. Şerit Hadde Merdaneleri ve Metalurjileri	91
11. 4. Merdanelerin Mekanik Özellikleri ve Deformasyon Teorileri	96
11. 5. Merdane Profili, Muayenesi ve Taşlanması.....	101
11. 6. Merdane Aşınması	106
11. 7. Üretim Programının Merdane Aşınmasına Etkisi, Merdane Değişimi ve Üretim Programının Tespiti.....	108
11. 8. Parametrenin Değişiminden Kaynaklanan Merdane Kusurları ve Hasarları .	112
11. 8. 1. Basınç çatlakları	112
11. 8. 2. Dönen eğilme yorulması kaynaklı kusurlar	112
11. 8. 3. Yüzey altı hatası kaynaklı kusurlar	115
11. 8. 4. Merdanede kabuk ve özün birbirinden ayrılması.....	118
11. 8. 5. Yetersiz kabuk derinliği	118
11. 8. 6. Isıl çatlaklar	119
11. 8. 7. Lokal ısıl çatlaklar	120
11. 8. 8. Mekanik hasarlar	121
11. 8. 9. Soyulma	121
11. 8. 10. Mekanik izler	122
SONUÇ VE ÖNERİLER	123
KAYNAKLAR	1238
ÖZGEÇMİŞ	1230

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1: Haddeleme işlemi	2
Şekil 2. 1: Entegre bir haddehane tesisi yerleşimi	5
Şekil 2. 2: Haddehane iş akış şeması	5
Şekil 2. 3: Slab tav fırını	7
Şekil 2. 4: Tav fırını şarj vedeşarj makineleri	8
Şekil 2. 5: Tav Fırını yürüyen taban ekipmanı	9
Şekil 2. 6: Tav fırını hareketli ve sabit takozlar	9
Şekil 2. 7: Brülörde yanmanın gerçekleşmesi	10
Şekil 2. 8: Reküparatör modülü	11
Şekil 2. 9: Dik hadde ve kaba hadde	12
Şekil 2. 10: Şerit hadde	13
Şekil 2. 11: Bobin kutusunun üretim artışına etkisi	14
Şekil 2. 12: Bobin kutusunun sıcaklığa etkisi	14
Şekil 2. 13: Kırpıntı makas	15
Şekil 2. 14: Duşlu masalar ve bölgeleri	16
Şekil 2. 15: Duşlu masalar	17
Şekil 2. 16: Bobin sarma ünitesi	18
Şekil 2. 17: Bobinlerin, bobin sarmada çevreden çemberlenerek paketlenmesi	19
Şekil 3. 1: Üretim hattındaki muayene cihazının hat üzerindeki pozisyonu	20
Şekil 3. 2: Üretim hattındaki muayene cihazının çalışma şekli ve kusurlar	21
Şekil 3. 3: Üretim hattındaki muayene cihazına ait üst yüzeyden alınmış kamera görüntüsü	21
Şekil 3. 4: Çekme, çentik darbe, sertlik, katlama test cihazları görünümü	23
Şekil 4. 1: Seviye iki modellerinin kontrol ettiği birimler	26
Şekil 4. 2: Şerit haddeye ait bir kullanıcı ara yüzü	28
Şekil 4. 3: Şerit hadde kumanda odası ve operatörler	28
Şekil 4. 4: Sıcak sac haddehanesi organizasyon şeması	30
Şekil 6. 1: Sürekli slab döküm tesisi ekipmanları	35
Şekil 6. 2: Sürekli slab döküm tesisi	37
Şekil 6. 3: Slabta boyuna yüzey çatlağı kusuru	39
Şekil 6. 4: Slabta boyuna enine çatlağı kusuru	40
Şekil 6. 5: Slabta köşe çatlağı kusuru	40
Şekil 6. 6: Slabta yıldız çatlağı kusuru	41
Şekil 6. 7: Slabta gaz boşluğu kusuru	42
Şekil 6. 8: Slabta makro inklüzyon kusuru	43
Şekil 6. 9: Slabta alın çatlağı kusuru	44
Şekil 6. 10: Slabtaki iç yapı kusurları	45
Şekil 6. 11: Kusurlu slabın haddelenmesi ve ıskartaya ayrılması	46
Şekil 6. 12: Malzemedeki kabuk kusuru	47
Şekil 6. 13: Malzemedeki dikiş kusuru	48
Şekil 6. 14: Malzemedeki serpintili döküm izleri	48
Şekil 6. 15: Malzemedeki döküm kırıksıklıkları kusuru	49

Şekil 6. 16: Malzemedeki boyuna çatlaklar	49
Şekil 6. 17: Malzemedeki enine çatlaklar	50
Şekil 6. 18: Malzemedeki yüzey çatlağı	51
Şekil 7. 1: Hadde tezgâhı görünümü	52
Şekil 7. 2: İş merdanelerinin tahrik edilmesi	53
Şekil 7. 3: İş merdanesi yatağı görünümü	54
Şekil 7. 4: Dağıtılmış bir iş merdanesi yatak parçaları	54
Şekil 7. 5: Destek merdanesi yatağı görünümü	55
Şekil 7. 6: Şerit hadde ve kaba hadde merdane kilitleri	55
Şekil 7. 7: Gergi merdanesi fonksiyonu ve görünümü	56
Şekil 7. 8: Bobin sarma yan yollukları	58
Şekil 7. 9: Kısa hareket silindirine ait hidrolik elemanlar	59
Şekil 7. 10: Kalınlık kontrol sistemi hidrolik ekipmanları ve devresi	60
Şekil 7. 11: Hadde tezgahı ve ekipmanları	60
Şekil 7. 12: Merdane bükme silindirleri çalışma prensibi	61
Şekil 7. 13: Malzeme profilini sürekli olarak ölçen ölçme cihazı	62
Şekil 7. 14: Malzemedeki kenar ve göbek dalgaları	63
Şekil 7. 15: Kenar dalgalı bir bobin görünümü	63
Şekil 7. 16: Malzemedeki talaş kusuru	64
Şekil 7. 17: Bobinde teleskopiklik ve bozuk sargı	64
Şekil 7. 18: Malzeme üzerindeki hadde yarası	65
Şekil 7. 19: Bobindeki kenar çatlakları ve kopmaları	66
Şekil 8. 1: Birincil tufal tabakaları	67
Şekil 8. 2: Tufal kusuru oluşmuş malzeme yüzeyi	68
Şekil 8. 3: Tufal kırma ünitesini oluşturan ekipmanlar	69
Şekil 8. 4: Mekanik olarak tufalın kırılması	70
Şekil 8. 5: Tufal kırma işleminde nozul açısının önemi	70
Şekil 8. 6: Malzemedeki batık tufal	71
Şekil 8. 7: Malzemedeki benekli tufal	72
Şekil 8. 8: Malzemedeki hadde tozu kusuru	72
Şekil 8. 9: Malzemedeki kızıl tufal	73
Şekil 9. 1: İletim ve konveksiyon ile ısı transferi	75
Şekil 9. 2: Sıcaklık, haddeleme hızı ve kalınlık arasındaki bağlantı	76
Şekil 9. 3: Şerit haddede oluşan ısı kayıpları	76
Şekil 9. 4: Sıcaklık farkından dolayı şerit hadde iş merdanelerinin hasarlanması	78
Şekil 9. 5: Bobindeki enine yüzey yırtıkları	79
Şekil 10. 1: Merdanelerin su ile soğutulması ve sıyırıcıların görünümü	81
Şekil 10. 2: Tezgahlar arası soğutma sistemi	82
Şekil 10. 3: Soğutma sisteminin tezgahdaki konumlarını gösteren şema	84
Şekil 10. 4: Hadde aralığı merdane yağlama sistemi	85
Şekil 10. 5: Hadde aralığı merdane yağlama sistemi kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlarda iş merdanesindeki aşınma farkı	86
Şekil 11. 1: Savurma döküm yöntemi ile merdane üretimi	87
Şekil 11. 2: Haddehane merdane atölyesi görünüm	89
Şekil 11. 3: Dik hadde merdanesi görünümü	90

Şekil 11. 4: Şerit haddede destek merdanesi değişimi	91
Şekil 11. 5: Demir döküm iş merdanesi mikro yapısı.....	92
Şekil 11. 6: Geliştirilmiş demir döküm iş merdanesi mikro yapısı.....	92
Şekil 11. 7: Yüksek kromlu demir döküm iş merdanesi mikro yapısı	93
Şekil 11. 8: Geliştirilmiş yüksek kromlu demir döküm iş merdanesi mikro yapısı...	93
Şekil 11. 9: Yüksek hız çeliği iş merdanesi mikro yapısı	94
Şekil 11. 10: Aşırı hadde yükü nedeniyle kırılan merdane görünümü.....	97
Şekil 11. 11: Yorulma nedeni ile iş merdanesinin kırılması	98
Şekil 11. 12: Sıcak sac haddelemede ürün profilleri.....	99
Şekil 11. 13: Merdane taşlama işlemi ve yüzey muayenesi.....	103
Şekil 11. 15: Malzeme üzerindeki hadde tufalı kusuru.....	106
Şekil 11. 16: Aşınmış iş merdanesi yüzeyleri	107
Şekil 11.17: Aşınan iş merdanelerinin üretim programına göre değişimi	109
Şekil 11. 18: Üretim ara programı hazırlanırken kullanılan tabut metodu	110
Şekil 11. 19: Merdanelerde basınç çatlağı ve çatlak nedeniyle parça kopması	112
Şekil 11. 20: Dönen eğilme yorulması nedeniyle kırılan bir merdane muylusu.....	113
Şekil 11. 21: Dönen eğilme yorulması nedeniyle kırılan bir merdane muylusu yakından kesit görünümü.....	114
Şekil 11. 22: Dönen eğilme gerilmesi neticesi tek noktadan başlayan çatlak nedeniyle kırılan muylu.....	115
Şekil 11. 23: Merdane muylu yüzeyindeki delik nedeniyle oluşan çevresel çatlak. 116	
Şekil 11. 24: Yüzey altı kusuru nedeniyle kırılmış bir muylu görünümü.....	117
Şekil 11. 25: Yüzey altı kusuru nedeniyle kırılmış bir merdane gövdesi görünümü	117
Şekil 11. 26: Merdanelerde kabuk ve özün birbirinden ayrılması	118
Şekil 11. 27: Merdanelerde yetersiz kabuk derinliği	119
Şekil 11. 28: Merdanelerde ısı çatlaklar	120
Şekil 11. 29: Merdanelerde lokal ısı çatlaklar.....	120
Şekil 11. 30: Merdane nakliyesi sırasında düşürülerek oluşan bir mekanik hasar..	121
Şekil 11. 31: Merdanelerde oluşan soyulma kusuru	122
Şekil 11. 32: Merdanelerde oluşan mekanik izler.....	122

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2. 1: Sıcak sac haddehanesi slab tav fırını bilgileri.....	7
Tablo 3. 1: Sac haddeleme üretim tesisi kalite kontrol departmanı muayene raporu	24
Tablo 3. 2: Sac haddeleme üretim tesisi mekanik laboratuvar departmanı muayene raporu.....	25
Tablo 4. 1: Son haddeleme esnasındaki parametreler (değişkenleri).....	27
Tablo 5. 1: Sıcak sac haddehanesinde temel parametreler.....	33
Tablo 9. 1: Bazı çelik gruplarının sarılma ve ikmal sıcaklıkları.....	77
Tablo 10. 1: Haddehanede kullanılan sudan istenen özellikler.....	80
Tablo 11. 1: Şerit hadde iş merdaneleri kimyasal içerik tablosu	94
Tablo 11. 2: Şerit hadde iş merdaneleri mekanik özellikler tablosu	95
Tablo 11. 3: Şerit hadde iş merdaneleri mekanik direnç tablosu	95
Tablo 11. 4: İşlenen malzeme bilgilerine göre merdane üzerindeki aşınmanın değişimi ...	108
Tablo 11. 5: Dört merdane değişiminden oluşan bir günlük üretim programı.....	111

SİMGELER

A. S. T. M	: American society for testing and materials
B. C. C	: Hacim Merkezli Kübik
B. F. G	: Yüksek fırın gazı
C. E	: Karbon eşdeğeri
C. O. G	: Kok fırın gazı
C. V. G	: Oksijen konverter gazı
E1	: Dik hadde
F. O. D	: Domestik fuel oil
F. L	: Ağır Fuel oil
F. C. C	: Yüzey Merkezli Kübik
F	: Yük
HRc	: Rocwell sertlik derecesi
I. C. D. P	: Çift soğutmalı dökme demir
L. P. G	: Sıvılaştırılmış petrol gazı
Ms	: Martenzitin dönüşmeye başladığı sıcaklık
Mf	: Martenzitin dönüşümünün bittiği sıcaklık
R1	: Kaba hadde
T. T. T	: Zaman-Sıcaklık-Dönüşüm
T. S	: Türk Standartı
ΔL	: Uzama

BİR SICAK SAC HADDEHANE TESİSİNİN DEVREYE ALINMASI VE İŞLETME PARAMETRELERİNİN TESPİTİ

Bariş Emre KÖRMÜKÇÜ

Anahtar Kelimeler: Sıcak Sac Haddehanesi, Yatırım, İşletme, Yassı Ürün, Bobin, Haddeleme

Özet: Sıcak haddelenmiş yassı mamul sektöründeki hızlı yatırım gelişmeleri bu sektörde yetişmiş personel ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Yüksek maliyete sahip sıcak sac haddehanesi yatırımlarında çalışacak personelin konuya hâkim olması ve işletme sırasında maliyetleri azaltacak çalışmalar yapması gerekmektedir. Bu çalışmada sıcak haddehane tesisinin çalıştırılmasındaki etkin değişkenler saptanmış olup temel değişkenler tek tek incelenmiştir.(Ayrıca proseste kullanılan mekanik ekipmanlarla birlikte ürün kusurları ve kalite kontrol parametreleri değerlendirilmiştir). Proses ve ekipmana hâkim teknik personelin sıcak sac haddehanesi işletmesine; bilgisi ve tecrübesiyle yapacağı katkı aşikârdır. Çalışma hazırlanırken yabancı kaynaklardan alınan bilgiler, yaşanmış tecrübeler ile birlikte birleştirilmiştir. İşletme personelinin diğer bir görevi ise işletmenin kalite standartlarının yükselmesini sağlaması olduğundan kalite kontrol, ürün ve merdane kusurları üzerinde nedenleri ile birlikte durulmuştur.

START UP OF A HOT STRIP MILL LINE AND ANALYSES OF RUNNING PARAMETERS

Bariş Emre KÖRMÜKÇÜ

Keywords: Hot Strip Mill, Investment, Production, Flat Products, Coil, Flat Rolling

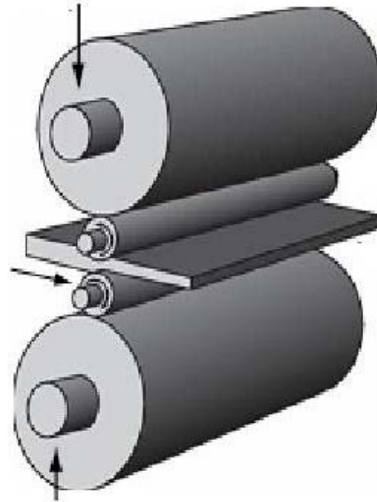
Abstract: Because of the rapid investment developments at hot rolled flat products sector, the demand of the trained technical staff was increased. The staff who would be employed at high-cost hot strip mill investments, should make efforts to reduce costs of the plant. In this study, efficient variables which needed to run hot strip mill plant were found and basic variables were examined individually. Also, mechanical equipments which was used at hot strip mill processes along with product defects and quality control parameters was evaluated. Obviously, technical staff who dominated to equipment and processes is going to contribute with its knowledge and experience to hot strip mill plant. During the preparation of this study, lived experiences were combined with knowledges received from foreign sources. In addition, operating personel's other task is due to provide increasing standarts of product , quality control, product and roll defects was discussed with their causes.

1. GİRİŞ

İş parçasını, eksenleri arasında dönen merdaneler arasından geçirerek uygulanan basma kuvvetleri etkisiyle plastik şekil verme işlemine haddeleme denir. Sıvı metalin dökme demir kokillere doldurulup katılaşmaya bırakılmasıyla ingotlar, ingotların sıcak haddelenmesi ile de ilk ürün olan blum, slab veya kütükler elde edilir. Daha sonra blum, slab ve kütükler tekrar sıcak haddelenerek profil, ray, çubuk, bobin gibi çok çeşitli hadde ürünleri elde edilir. İngot dökümü ve haddelenmesine kıyasla daha üstün olan sürekli dökümde ise sıvı metal suyla soğutulan kokile bir uçtan akıtılırken öteki uçtan katılaşmış durumda dışarı çekilerek ilk hadde ürünü olan blum, kütük ve slablar elde edilir. Kütük ve blumların sıcak haddelenmesi ile profil ve çubuklar, slabların sıcak haddelenmesi ile daha küçük kesitli levha, veya bobin gibi yassı ürünler elde edilir [1- 4].

Haddeleme işlemi sıcak haddeleme ve soğuk haddeleme olarak ikiye ayrılır. Sıcak ve soğuk haddeleme yöntemlerini birbirinden ayırt etmek amacıyla metal fiziğinde yeniden kristalleşme sıcaklığı olarak tanımlanmış bir büyüklük kullanılır. Yeniden kristalleşme sıcaklığı erime noktası gibi sabit bir malzeme özelliği değildir. Şekil değiştirme oranı, tavlama süresi, şekil değiştirmiş iç yapının tane büyüklüğü, kimyasal bileşim gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Plastik şekil değişimine uğramış bir malzemenin bir saat içersinde yeniden kristalleşmesini tamamlayabildiği sıcaklık genellikle yeniden kristalleşme sıcaklığı olarak tanımlanır. Yeniden kristalleşme sıcaklığının üzerindeki her şekil değiştirme sıcak şekil değiştirme, bu sıcaklığın altında yapılan her şekil değiştirme ise soğuk şekil değiştirme adını alır. Haddeleme de bir şekil değiştirme işlemi olduğundan dolayı bu tanım haddeleme için de geçerlidir. Sonuç olarak yeniden kristalleşme sıcaklığı üzerinde yapılan haddeleme işlemine sıcak haddeleme, yeniden kristalleşme sıcaklığı altında yapılan haddeleme işlemine de soğuk haddeleme işlemi denir. Sıcak haddeleme bir sıcak şekil verme işlemidir [5, 6].

Sıcak şekil verme sıcaklığı yeniden kristalleşme için gerekli olan en düşük sıcaklıktan oldukça yüksektir. Yassı ürünün sıcak olarak haddelenmesinde, merdaneler arasındaki basma şekil değişimi ile uygun sıcaklıktaki slab öncelikle haddeleme yönünde uzar. İşlem sürekli olduğu için şekil değişim hızı giderek artar. Malzemenin yeniden kristalleşmesi büyük ölçüde bir hadde tezgâhından diğer hadde tezgâhına geçerken meydana gelir. Proseste ısı kaybını minimuma indirmek için şekil değişimi oranı yüksek işlem kademeleri birbiri ardına uygulanır. Aynı yönde birbirini izleyen çok sayıda işlem, önceden belirlenmiş bir kalınlığın ortaya çıkmasını sağlar. Yassı ürünün soğuk olarak haddelenmesinde sıcak olarak haddelenmiş yassı ürünler kullanılır. Öncelikle sıcak üretilmiş bobin bir asit banyosundan geçirilir ve yüzeyi soğuk haddeleme için uygun şartlara getirilir. Ardından istenen ezme için merdaneler arasından geçirilir. Sıcak haddelemede, haddeleme işlemine başlamadan önce malzeme sıcaklığı 1000 – 1140 °C derece iken soğuk haddelemede oda sıcaklığıdır. Yassı ürünler, pazar ihtiyaçlarına ve yapılacak haddeleme işlemi teknik kapasitelerine göre şu boyutlara göre tanımlanırlar: Bobinler, 1.2mm ile 25mm arasında değişen kalınlıklarda ve 900mm ile 2000mm arasında genişliğe sahiptirler. Levhalar ise kalınlığı 6mm’den büyük ve genişlikleri 4200mm de geçen genişlik ebatlarındadırlar. Saçlar, 300mm ile 1200mm arasında genişliğe ve 1.2mm ile 6mm arasında kalınlığa sahiptirler [2, 5, 6].



Şekil 1. 1: Haddeleme işlemi

Bantlar ise 200mm ile 300mm arasında değişen genişliklere ve 6mm ile 25mm arasında değişen kalınlıklara sahiptirler. Bantlar ve saçlar bobinlerin saç servis

merkezlerinde kesme ve dilme işlemlerinden sonra elde edilirler. Yassı ürünlerin, sadece sıcak haddelenmiş olarak veya sıcak haddeleme işleminin ardından soğuk haddelenerek sanayide geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Otomobil , boru, beyaz eşya, gemi, silah, gıda, motor sanayinde ve endüstriyel yapılarda geniş bir kullanım alanına sahiptirler [2].

Çalışmada, ülkemiz için hitap ettiği sektörler açısından önem teşkil eden bu tesisin, devreye alınması ve işletme parametrelerinin tespitini, kazanılan tecrübeleri de ilave ederek ileride bu sektörde uzmanlaşmayı düşünen teknik personele bir fikir verme amacı güdülmüştür. Ayrıca pratiğe yönelik yeterli derecede türkçe kaynak olmaması sebebiyle ilgili konuda bir kaynak teşkil etmesi de amaçlanmıştır. Bu sayede kurulum ve işletme aşamasında yapılacak hataların önüne geçerek maliyetlerin düşürülmesi hedeflenmektedir. Çalışmada sıcak sac haddeleme tesisinin teknik olarak ana çalışma parametreleri verilmiş ve bunlara bağlı alt parametreler açıklanmıştır. Ayrıca bu parametrelerden doğabilecek kusurlara detaylıca yer verilmiştir. Özellikle işletme parametrelerinden olan merdanelerin üzerinde etraflıca durulmuştur. Konu ile ilgili literatür araştırması yapılmış ve gerekli çevirilere yer verilmiştir.

Michael Windhoger ve Karl Heinz Ziehenberger kaba hadde iş merdanelerinin daha önceki yıllardaki gelişimlerini günümüz ile kıyaslamış, krom malzemedan savurma döküm ile üretilmiş iş merdanelerinden yüksek hız çeliği iş merdanelerine geçişi incelemiştir. Özellikle kaba hadde iş merdanelerinde yüksek hız çeliğin performansını sayısal veriler ile ölçmüş ve bunu diğer iş merdane performansları ile kıyaslamıştır [7].

Alberto Trema, Angelo Biggi, Massimo Pellizari ve Alberto Molinari sıcak sac haddelemede şerit haddede kullanılan yüksek hız çeliği malzemedan yapılmış iş merdanelerinin aşınma ve termal yorulma testlerini gerçekleştirmiş ve bunları sayısal veriler ile ortaya koymuştur [8].

John B. Tileý ve P. A. Munther sıcak sac haddelemede tufal oluşumunu ve malzeme yüzeyinden uzaklaştırılmasını işlemiştir. Tufalin çeşitlerini oluşum parametrelerini ve örnek bir hesaplama yoluyla kalınlığını anlatmıştır. Ayrıca tufali malzeme

yüzeyinden etkili bir biçimde uzaklaştırmak için nozul örneklerini açılarıyla vermiştir [9].

Shaojie Chen tav fırını matematik modeli hakkında detaylı bir inceleme yapmıştır. Özellikle ideal bir tav fırınının mekanik dizaynından kullanılan elektronik ekipmanlara kadar geniş bir yelpazede bilgi sunmuştur. Ayrıca slabların deşarj sıcaklık hedefleri, hesap yöntemleri, matematiksel formül ve fırın yürüyen taban takoz izleri hakkında bilgi vermiştir [10].

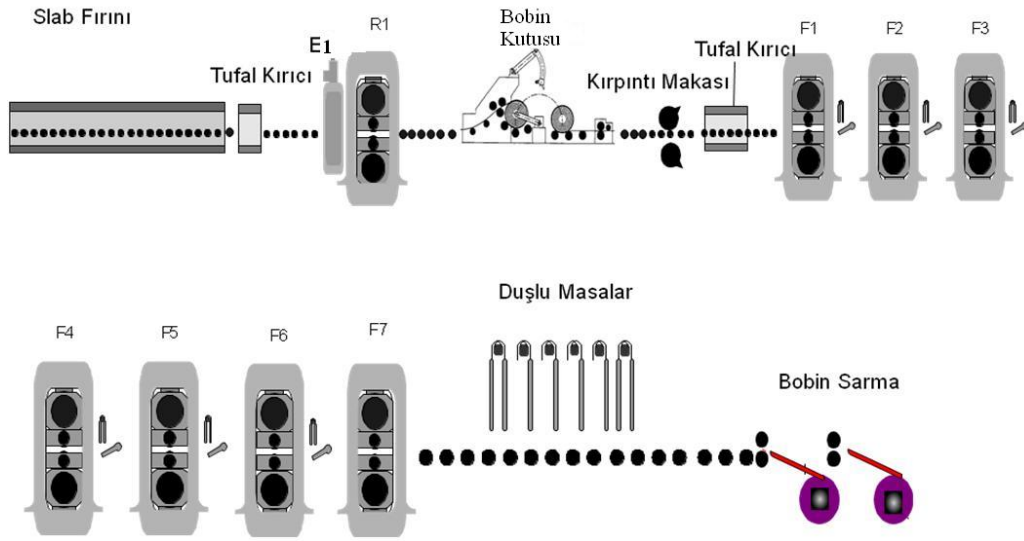
Qiulin Yu ise dik hadde ve kaba haddede malzemenin sıcak haddeleme esnasında genişliğinin değişim yeteneğini incelemiştir. Genişlik değişimi ile ilgili bir mekanik model kurmuş ve uzama gerilmesi altında genişliğe etki eden parametreleri incelemiştir [11].

Seop Choi, Anthony Rossiter, Peter Fleming ise şerit haddede sıcak haddeleme esnasında gergi kontrolü üzerine çalışmıştır. Gergi merdanelerinin otomasyonu ,gergi ölçümü ve haddeleme ile oluşan iki tezgah arasındaki gerginin tespiti ile uğraşmıştır [12].

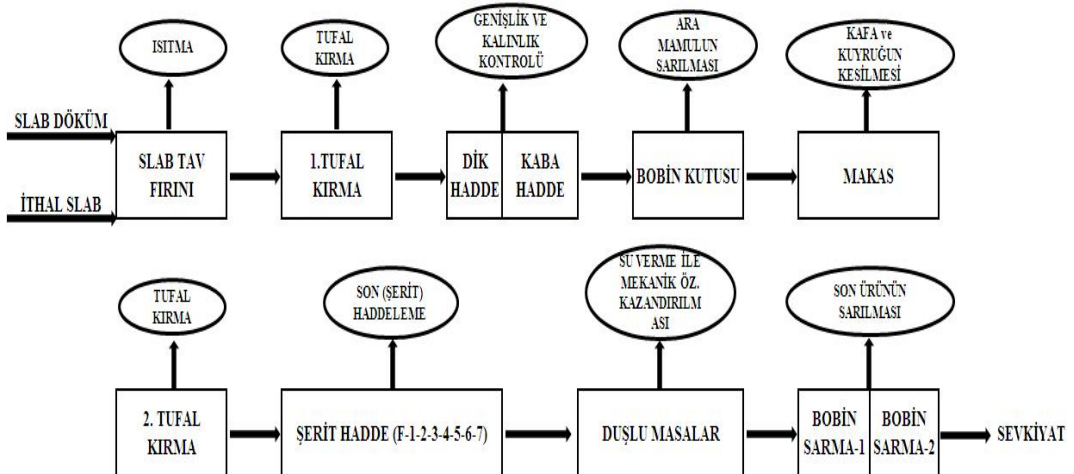
Qiulin Yu, sıcak haddelenen bobinlerin duşlu masalarda soğutulması ve duşlu masaların soğutma sisteminin çalışma prensibini geliştirmiştir. Bu sayede malzemenin mekanik özelliklerindeki gelişim ve sapmaları kontrol etmiştir. Ayrıca soğutma esnasında ısı transferi ile ısı kayıplarını tespit etmiştir [13].

2. ÜRETİM HATTI PROSES TANIMLARI

Entegre bir haddehane tesisi işlem sırasına göre şu kısımlardan oluşmaktadır. Tav fırını, birinci tufal kırıcı, dik hadde (E1) ve kaba hadde (R1), bobin kutusu, kırpıntı makası, ikinci tufal kırıcı, son haddeleme, duşlu masalar ve bobin sarma.



Şekil 2. 1: Entegre bir haddehane tesisi yerleşimi



Şekil 2. 2: Haddehane iş akış şeması

2. 1. Slab Tav Fırını

Entegre konvansiyonel haddehanelerde ara ürün olan slabın dökülmesinin ardından, sıcak sac haddeleme işleminde slabın ilk durağını slab tav fırını teşkil etmektedir. Slablar haddeleme işleminden önce döküm kaynaklı dentritik yapıları yok etmek, alaşım elementlerini homojen olarak tane sınırlarında tutmak amacıyla kontrollü olarak 1200-1240 °C arasında ısıtılırlar. Aynı zamanda bu sıcaklık çeliğe sıcak şekil vermek için en uygun sıcaklıktır.

Slab tav fırını tarihsel gelişimi literatürün incelenmesinin ardından şu şekilde özetlenebilir. 1970 yıllarında itmeli tip fırınlar kullanılırdı. Bu fırınlarda brülörler üst kısımlarda bulunuyordu ve uzunlukları 35 metre uzunluğa sahipti. 1975 ve 1980 yıllarında yürüyen tabanlı fırınlar aynı ısıtma şekline sahip olarak kullanılmaya başlandı. 1985 ve 1990 yılları arasında yürüyen tabanlı fırınlara kubbe tarzı brülörler eklendi. 1990 ve 1995 yıllarında bu sistemin alt kısımlarına her iki tarafta karşılıklı bulunan brülörler eklendi fakat fırınların üst bölgeleri kubbe şeklindeki brülörler ile ısıtılmaya devam ediyordu. 1995 yılının ardından fırın kontrol sistemi tamamıyla bilgisayarda yapılan ısı ihtiyacını her bir slab için ayrı hesaplayabilen bir sistem ile tekrar dizayn edildi. Bu sistemin getirdiği en büyük avantaj ise gerekli ısı ihtiyacını hesaplayabildiği için gereksiz yanmalardan fırını kurtarıyor ve ciddi bir biçimde yakıt maliyet kaybını önlüyordu. Bu sistem ile birlikte tav fırınlarının tüm brülörleri iki yana karşılıklı olarak yerleştirilmiş brülörlerden oluşuyor ve uzunluğu ise 60 metreye kadar çıkabiliyordu [14].

Fırın dijital kontrol sistemi şu şekilde çalışır. Fırın içerisindeki her slabın kalitesine bağlı olarak bir ısıtma eğrisi çıkarılır. Bu ısıtma eğrisine göre fırın içindeki bölge sonlarında olması gereken slab sıcaklığı belirlenir. Slabın fırın içindeki yeri ve o andaki sıcaklığı hesaplanır. Anlık üretim hızına ve yürüyen taban hızına göre slabın o bölgenin sonuna ne zaman geleceği hesaplanır. Slabın anlık ısı ihtiyacı belirlenir ve bölge sıcaklık setleri hesaplanır. Fırın alt ve üst bölge sıcaklıkları ayrı ayrı ayarlanabilir [6]. Günümüzde sıcak sac haddeleme işleminde kullanılan bir slab tav fırını bilgileri Tablo 2. 1’ de gösterilmiştir [14].

Tablo 2. 1: Sıcak sac haddehanesi slab tav fırını bilgileri [14]

Tip:	Yürüyen taban
Kapasite	450 ton/saat – Soğuk şarj 600 ton/saat – Sıcak şarj @ 500°C
Uzunluk (Şarj ve deşarj hattı arası)	55, 12 m
Genişlik	12, 8 m
Brülör adedi	52
Yakma Gücü	157 MW
Bölge Adedi	4 (Rekuperatif - Ön ısıtma – Isıtma - Sıcak tutma)
Kullanılan Yakıt	Doğal Gaz (19. 000 Nm ³ /h)
Yakma Hava Fanı adedi	3
Yakma Hava debisi	173. 000 Nm ³ /h
Yakma Hava sıcaklığı	Brülörlerde 600 °C
Fırın ateşlemesi	Pilot brülörler ile
Fırın çıkışında atık gaz sıcaklığı	812 °C
Rekuperatör çıkışında atık gaz sıcaklığı:	254 °C

Slab tav fırını yakıtları hakkında bilgi vermek gerekirse literatürde neredeyse demir çelik tesislerinde kullanılan tüm enerjiler değerlendirildiği söylenebilir. Sıcak sac haddeleme işleminde nihai bobinin maliyetinin %20 ile %25 arasındaki bir maliyet değerinin fırında slabı ısıtmak olarak düşünüldüğünde yakıt seçiminin ve doğal kaynakların ne kadar önemli olduğu görülebilir.



Şekil 2. 3: Slab tav fırını

Geçmişte ve günümüzde kullanılan slab tav fırını yakıtları şunlardır: Doğal gaz, Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), Domestik Fuel Oil (FOD), Ağır Fuel Oil (FL), Kok fırın gazı (COG), Yüksek fırın gazı (BFG), Oksijen konverter gazı (CVG). Yakıt çeşiti fırının tüm yanma verimini ve ilgili hesaplamaları değiştirmektedir [14].

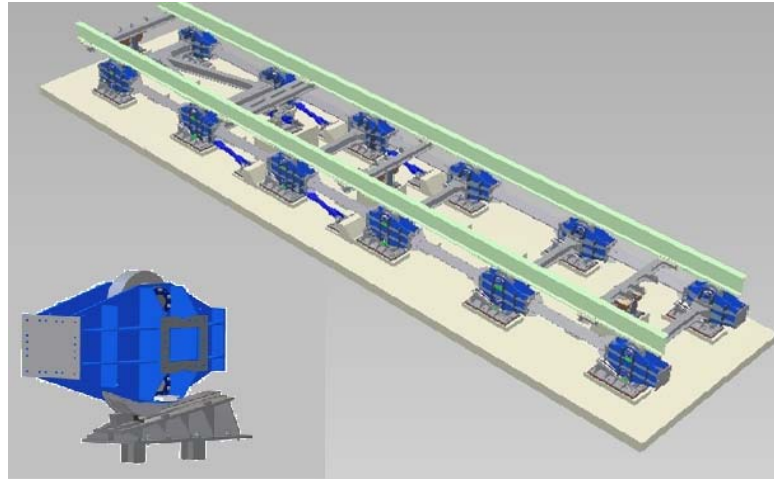
Fırın ekipmanları ısıtma ekipmanları ve hareket kontrol ekipmanları olarak ikiye ayrılır. Isıtma ekipmanlarında yakma hava fanları, brülörler ve reküperatör yer alır. Hareket kontrol ekipmanlarını ise şarj-deşarj makineleri ve yürüyen taban oluşturur. Hareket kontrol ekipmanlarının her biri hidrolik silindirler ile kontrol edilir.

Fırın şarj kolları sayesinde şarj merdaneleri üzerine harici bir tavan vinci ile bırakılan slablar fırın içersine şarj edilir. Şarj esnasında slabın gerçek sıcaklığı pirometreler sayesinde ölçülür. Şarj makinesi, slabları şarj esnasında ilgili lazer telemetreler ile slabı gerçek ölçülerinde ebatlandırır. Bu bilgi doğrultusunda fırın içersinde slabı pozisyonlayacağı boş alana göre hesap eder. Ayrıca bu bilgi slabın ısı ihtiyacının hesaplanmasında da kullanılır. Fırının sonunda bulunandeşarj makinesi ise kolları yardımıyla, şarj makinesinin yolladığı bilgiler doğrultusunda fırının içersindeki sıcak slabın yerini tespit ederek, sıcak slabı haddeleme işlemi için hat boyuna gönderir.Şekil 2.4’ de tav fırını şarj vedeşarj makineleri gösterilmektedir.



Şekil 2. 4: Tav fırını şarj vedeşarj makineleri

Fırın içersinde slablar, fırının altında bulunan ve hidrolik silindirler ile rampa şeklinde konumlandırılmış yürüyen taban sayesinde ısı ihtiyaçlarına göre şarj kısmından deşarj bölgesine doğru hareket ederler. Yürüyen taban bu hareketi bünyesinde bulunan hidrolik silindirler ve fırın içersinde konumlandırılmış sabit ve hareketli takozlar sayesinde yaparlar. Fırın yürüyen taban rampa silindirleri orta konumdayken fırın içersindeki sabit takozlar ile aynı seviyede bulunurlar. Rampa silindirleri yukarı doğru hareket ettikleri anda tüm slabları sabit takoz seviyelerinden yukarı kaldırır. İleri doğru transfer hareketi gerçekleşir. Silindirler orta pozisyonuna geri dönerler ve sabit takozların üzerine slabları bırakırlar ve aşağı pozisyonlarına inerek geri doğru gelirler fakat slablar fırın içersinde ötelenmiş olur. Bu hareketi tekrar ederek slabları fırın içersinde yürütürler.Şekil 2. 5’ de yürüyen taban sistemi ve şekil 2. 6’ da bu sistemi oluşturan hareketli ve sabit takozlar görülmektedir.



Şekil 2. 5: Tav Fırını yürüyen taban ekipmanı [14]



Şekil 2. 6: Tav fırını hareketli ve sabit takozlar

Slab, takoz boruları boru üzerindeki yüksek sıcaklığa dayanıklı yarı sıcak takoz adı verilen mantar şeklindeki parçalar üzerine oturur. Bu parçalar, slabı borudan yukarıda tutarak borunun gölgeleme etkisini minimuma indirir. Slab fırınlarında ısınma radyasyon ile olmasından ötürü bu gölgelenen bölgelerin toplam slabın sıcaklığına nazaran daha soğuk olacağı kesindir. Ancak yarı sıcak takozlar, su ile soğutulan boruların üzerinde olduğundan sıcaklıkları slab sıcaklığından daha düşüktür. Bu nedenle slabın yarı sıcak takozlar ile temas eden yüzeyleri, etmeyen kısma göre daha soğuk olur. Bu bölgelere takoz izleri adı verilir. Soğuk bölgeler slabın üzerinde daha koyu renkte gözüktür. Takoz izleri, kompanse edilmediği takdirde nihai mamulde kalıklık dalgalanmalarına neden olur.

Fırındaki brülörler karşılıklı olarak yerleştirilmiş ve slabların ısı ihtiyaç kapasitelerini karşılayabilmek için özel olarak tasarlanmıştır. Brülör tasarımının temelinde yakıtın, aktivatör ile uygun şekilde birleşerek yanma işlemini gerçekleştirmesidir. Buna başka bir açıdan bakarsak brülörler; kimyasal enerjiyi ısı enerjisine çeviren ekipmanlardır. Brülöre aktivatör ve yakıt girişi pnömatik valflerin kontrol ettiği klepelerden geçerek fırın içersine ısı enerjisi olarak gönderilir. Şekil 2. 7’ de brülörde yanmanın şematik olarak gerçekleştirilmesi gösterilmiştir.



Şekil 2. 7: Brülörde yanmanın gerçekleşmesi

Yanma işlemi için gerekli olan aktivatör, fırında üç farklı şekilde temin edilebilir. Bunlardan en basit ve en az maliyetlisi havadır. Bazı fırınların yakma hava hatlarına saf oksijen bağladıkları ve yanma verimini arttırdıkları da görülmüştür. Ayrıca aktivatör olarak saf oksijen de kullanılabilir fakat maliyet açısından tercih edilmese bile yanma verimini arttırarak, fırın verimini artırır. Yakıtın tutuşması için aktivatör elementi ne kadar yüksek sıcaklıkta brülöre gönderilirse yakıtın tutuşması o kadar kolay olacak ve tutuşmayan gaz miktarı azalacağı aşikârdır. Bu duruma istinaden fırın dizaynında sıcak atık gazı değerlendirmek amacıyla reküparatörler kullanılır. Reküparatörün çalışma prensibi şu şekildedir. Yakma hava fanları sayesinde sisteme

gönderilen hava ayrı bir hat ile reküparatörü oluşturan ince borulardan geçirilir, bu borular sıcak atık gazın atmosfere çıkmasından hemen önce konumlandırılır. Böylece reküparatör içersindeki soğuk yakma havası ile sıcak atık gaz arasında bir ısı transferi gerçekleşir. Bu ısı transferi sayesinde yakma havası ısınır ve tutuşma kolaylaşır ayrıca atık gazın sıcaklığı düşer ve atmosfere bu şekilde gönderilir [14]. Şekil 2. 8’ de reküparatörü oluşturan bir modül gösterilmiştir.



Şekil 2. 8: Reküparatör modülü

2. 2. Kaba Hadde, Dik Hadde ve Şerit Hadde

Fırından uygun sıcaklıkta hat boyuna haddelenmek üzere gönderilen slablar, birincil tufalın, tufal kırıcı üniteye yüzeyden uzaklaştırılmasının ardından kaba haddeye gönderilir. Kaba haddede merdane düzeni 2 destek ve 2 iş merdanesi olmak üzere 4’lü düzenektir. Bu işlemde slab kalınlığı ortalama 200—300 mm’den 34 mm’e kadar indirgenebilmektedir. Kaba haddede haddeleme hızı 1 m/s ile 5 m/s arasında değişmektedir. Kaba hadde tersinir olarak çalışır. Her slab en az 5 en çok 9 pasoda istenilen transfer kalınlığına getirilir. Kaba haddelemede genişlik her bir geçişte(pasoda) artar. Transfer genişliğini istenilen ölçülerde tutmak amacıyla dik hadde merdaneleri prosese eklenmiştir. Dik hadde merdaneleri slabın genişliğini 100mm kadar daraltabilir fakat paso sayısını arttırmamak ve üretim hızını sabit tutmak amacıyla genişlik daralması 50 mm’yi geçmez. Kaba haddeler tersinir olmakla birlikte tek tezgâh veya çoklu tezgâh olarak dizayn edilebilirler. Bu tamamıyla işletmenin elindeki slab boyutları ile alakalıdır. Kaba haddeleme esnasında, tezgahın kendi bünyesindeki yüksek basınçlı su püskürten tufal kırıcıları sayesinde haddeleme esnasında tufal yüzeyden uzaklaştırılır. Kaba haddede işlenen malzeme sıcaklığı yüksek olduğu için transfer malzemesi tamamıyla rekristalize olmuş, iç gerilmelerinden kurtulmuş ve eşit tane büyüklüğüne sahiptir [15, 16].



Şekil 2. 9: Dik hadde ve kaba hadde

Şekil 2. 9’ da dik hadde v e kaba hadde prosesleri gösterilmiştir. Nihai bobin kalınlığına göre kullanılan bobin kutusundan veya direkt olarak kaba haddeden çıkan transfer malzemesi 34mm ile 48mm arasında olur. Transfer malzemesi şerit haddede haddelenmeden önce kırpıntı makasında kafası ve kuyruğu kesilir ve ardından son tufal kırma ünitesine girer. Son tufal kırma ünitesinden çıkan transfer malzemesi kalınlığı 1. 2mm ‘e kadar indirgenmek üzere şerit haddeye giriş yapar. Şerit hadde 4 ile 8 tezgâhtan oluşabilir. Çoğunlukla 6 ve 7 tezgâhlı olanlar tercih edilir. Her tezgâhta 2 adet destek merdanesi, 2 adet de iş merdanesi bulunur. Her tezgâhın iş merdanelerinin şaftları, kaplin yardımıyla dişli kutusuna, dişli kutuları da elektrik motoruna bağlanmıştır. Örnek olarak 7 tezgâhlı bir şerit hadde prosesini örnek vermek gerekirse ilk 4 standın elektrik motor ve merdane ölçüleri farklı son 3 standın farklıdır. Malzeme haddelenirken ilk 4 tezgâh düşük hız yüksek tork ile çalışırken son 3 tezgâh yüksek hız düşük tork ile çalışır. Şerit haddede haddeleme hızı 12,2 m/s’e kadar çıkabilir. Her üretim programının ardından iş merdaneleri aşındığı için değiştirilir. Çıkan merdanelerin yüzeyleri tezgâhlarda taşlandıktan sonra tekrar haddelemeye hazır hale getirilir [15, 16]. Şekil 2. 10’ da şerit haddde tezgahları görülmektedir.

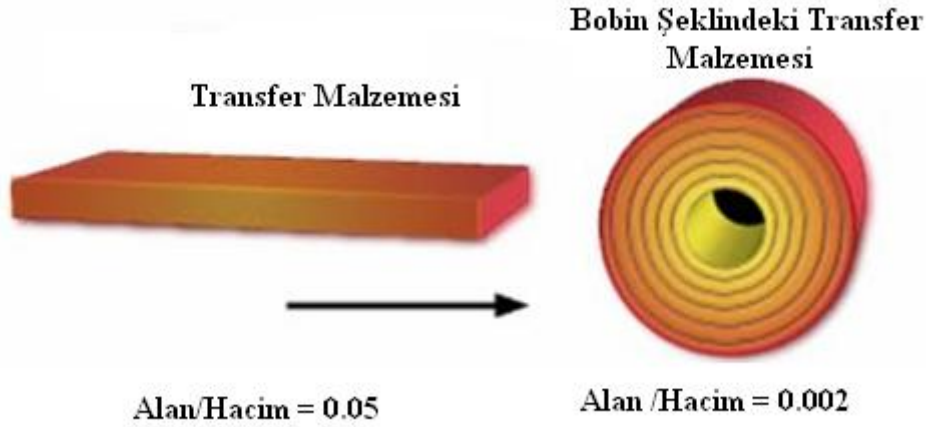


Şekil 2. 10: Şerit hadde

2. 3. Bobin Kutusu

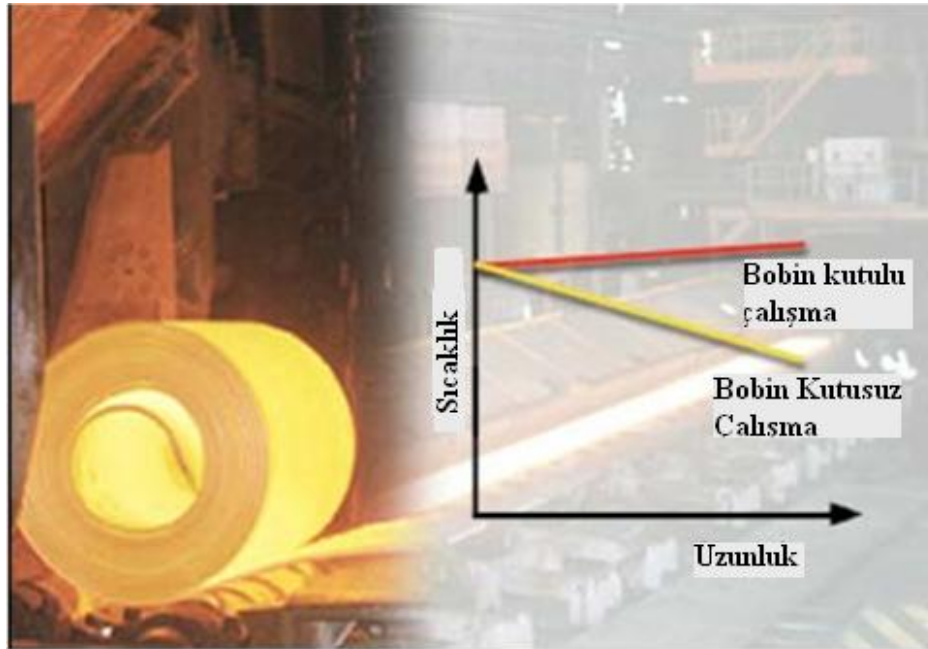
Bobin kutusu teknolojisi 1970’li yıllarda Kanada’da STELCO STEEL firması tarafından bulunmuş, geliştirilmiş ve sıcak sac haddehanelerine entegre edilmiştir. Son yıllarda yapılan gelişmeler doğrultusunda sağladığı birçok avantaj sayesinde bobin kutusu teknolojisi sıcak haddelenmiş sac üretim tesislerinin vazgeçilmez bir prosesi haline gelmiştir. Bobin kutusunun fonksiyonu kabaca, kaba haddeden gelen transfer malzemesini bobin haline getirerek uygun hızda şerit haddeye sevk etmektir. Bobin kutusunun kullanılmasındaki temel amaçların en başında üretim hızı artışı gelir. Kaba hadde ile şerit hadde arasındaki kısıtlı mesafeden dolayı (85 metre) şerit ön malzemesi şerit haddede haddeleninceye kadar kaba haddede başka malzeme haddelenemez. Bu durum üretimde azalmaya neden olur. Şerit ön malzemesi bobin kutusu ile sarıldığında ise kaba haddede diğer malzemenin haddelenebilmesi için yer kazanılmış olur [17]. Şekil 2. 11’ de transfer malzemesinin alan hacim oranları gösterilmektedir.

Bobin kutusunun sağladığı diğer önemli bir üstünlük ise malzemedeki sıcaklık kayıplarını azaltarak enerji tasarrufu ve kalite artışı sağlamaktır. Şerit haddede haddelenen malzemenin kuyruğu uzun haddeleme zamanından dolayı soğur.



Şekil 2. 11: Bobin kutusunun üretim artışına etkisi

Oluşan soğuma şerit haddede haddeleme işlemini zorlaştırır ve kalınlık sapmalarına neden olur. Bobin kutusu kullanıldığında ise malzemenin havaya radyasyon yapan yüzey alanı azalacağından sıcaklık kayıpları minimize edilir. Bobin kutusu transfer malzemesinde sıcaklık homojenizasyonunu sağlar. Sarımlar arası ısı transferinden dolayı malzeme boyunca homojen bir sıcaklık dağılımı elde edilir. Ayrıca bünyesindeki ısı kalkanları sayesinde hat boyunca herhangi bir sorun çıkmasına karşı on dakikaya varan bir süre boyunca bobini muhafaza edebilir. Şekil 2. 12' de transfer malzemesi boyunca sıcaklığını gösteren şekil belirtilmiştir.



Şekil 2. 12: Bobin kutusunun sıcaklığa etkisi etkisi

2. 4. Kırpıntı Makas

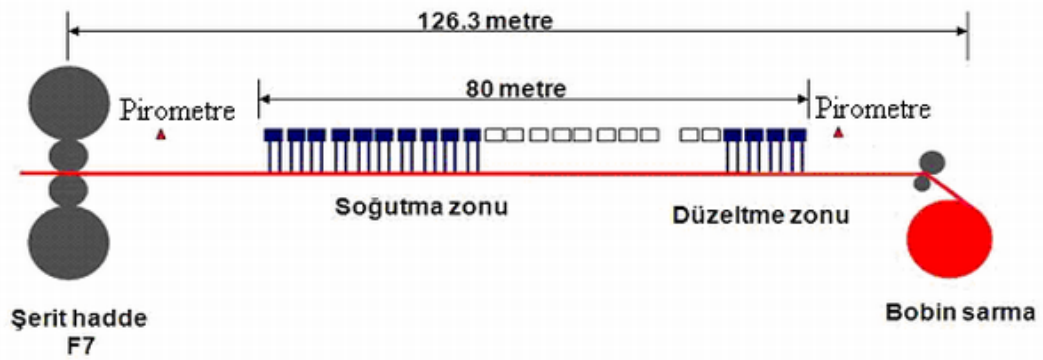
Kırpıntı makas ekipmanı sıcak sac haddeleme işleminde bobin kutusu ile şerit hadde arasında konuşlandırılmıştır. Kaba haddeden çıkan şerit ön malzemesinin baş ve kuyruğundaki bozuk kısmı kesmek amacıyla kullanılır. 2450 KW kapasiteli bir elektrik motoru ile tahrik edilen şaft şanzıman yardımıyla torku arttırılarak malzeme başlangıç ve malzeme sonundaki bozuk kısımlar 0, 5-2 m/s arası hızla dönen soğuk makaslar yardımıyla kesilerek tahliye edilir. Bu kısımların kesilmesinin birinci nedeni; bobini satın alan müşterinin baş ve kuyruk kısmındaki bu kısımları kullanamaması ve şikâyetle bulunmasıdır. İkinci nedeni ise baş ve kuyruktaki bu kısımlar şerit hadde merdanelerine zarar verebilir veya hatta takılarak üretimde kayıplar yaşanmasına neden olabilir. Kesilecek kırpıntı miktarının iyi belirlenmesi çok önemlidir. Gereğinden fazla kesilen kırpıntı haddehane veriminin düşmesine ve maliyet artışına neden olmaktadır. Bu nedenle otomasyon üzerinden kırpıntı optimizasyon sistemi kurulmuştur. Bu sistemde kaba haddeden çıkan malzemenin X-ray cihazıyla baş ve kuyruğu tespit edilerek görüntüsü alınır. Bu görüntüler sayesinde bir lazer yardımıyla düzgün transfer şerit metrajı ölçülür. Makasın önündeki lazer yardımıyla da kesilmesi gereken kırpıntı bilgileri tekrar makasa gönderilir ve makas döner. Ayrıca kırpıntı makasında, bobin kutusundan gelen bir büyük bobin ikiye bölünerek iki küçük bobin de elde edilebilmektedir. Şekil 2. 13’ de kırpıntı makas gösterilmiştir.



Şekil 2. 13: Kırpıntı makas[24]

2. 5. Duşlu Masalar

Nihai ürünün şerit haddeden çıkmasının ardından gerekli mekanik özellikleri malzemeye kazandırmak amacıyla duşlu masalarda malzemeye kontrollü ve hassas bir şekilde su verilir. Çoğu proseste şerit hadde ile bobin sarma ünitesi arasında 80-90 metre uzunluğunda bir alana sahip, 0, 7 bar basınçla 12700 m³/h debi sağlayabilen 16 adet üst 49 adet alt su kolektörlerinden oluşmaktadır. Sistemde verilen suyun direkt olarak malzemenin mekanik özelliklerine etki edeceğinden dolayı hassas pirometreler ile sürekli sıcaklık kontrolü ve çıkış hedef sıcaklığını korumak amacıyla akış debisi ve miktarı valfler ile kontrol edilir. Otomasyon sistemi, malzeme kalitesi, şerit hadde çıkış hızı, şerit hadde çıkış sıcaklığı ve duşlu masalar sonunda istenen malzeme sıcaklığına (sarılma sıcaklığı) göre gerekli su miktarını ve açılması gereken heder miktarını belirler. Haddeleme sırasında yukarıdaki parametrelerden herhangi birinin değişmesi durumunda su debisini ve heder miktarını değişen duruma uyum sağlayacak şekilde değiştirir. Duşlu masalar soğutma bölgesi ve düzeltme bölgesi olarak iki bölgeye ayrılmıştır. Soğutma bölgesi ana soğutmanın yapıldığı yerdir. Düzeltme bölgesinde, malzemenin bobin sarma girişinde ölçülen sıcaklığına göre varsa hedef sıcaklıktaki sapmalar düzeltilir. Her kolektör üst grubu hidrolik silindirler ile kontrol edilir ve istenildiği zaman bu kolektörler manüel olarak kumanda edilebilir. Şekil 2. 14’ de ve şekil 2. 15’ de duşlu masalar ve bölgeleri gösterilmiştir.



Şekil 2. 14: Duşlu masalar ve bölgeleri

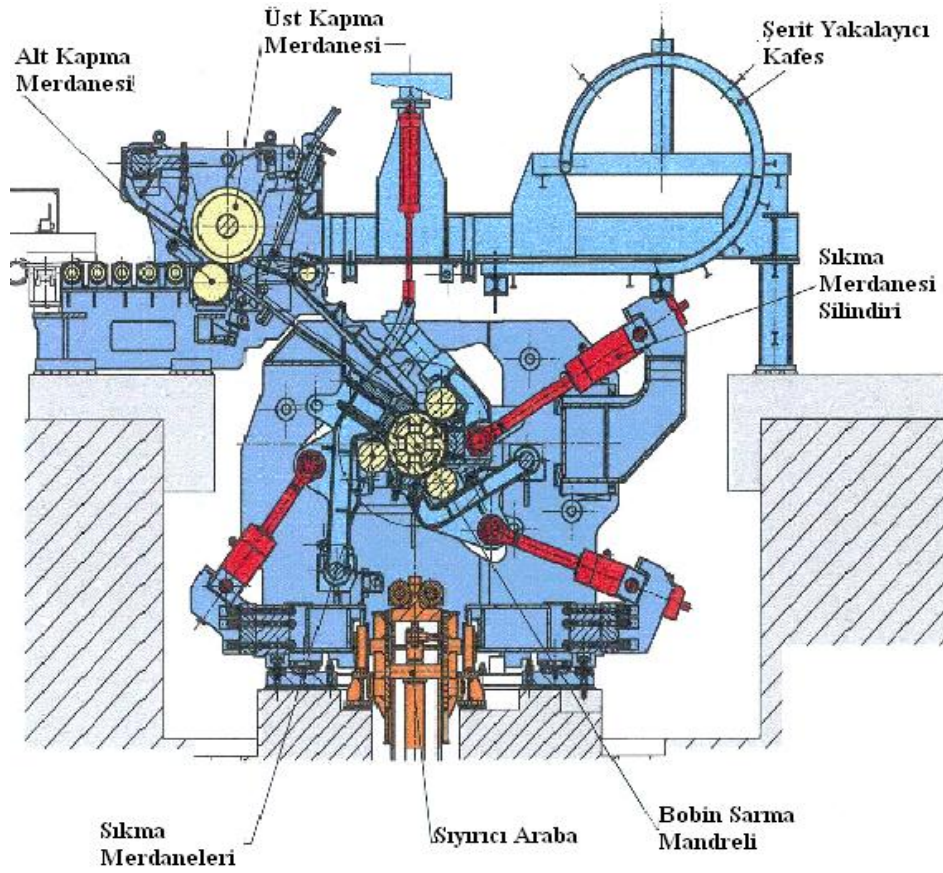


Şekil 2. 15: Duşlu masalar

2. 6. Bobin Sarma

Sıcak sac haddeleme işleminin son adımı olan bobin sarma temel olarak bir paketleme makinesidir. Haddelenen mamul stoklama ve taşıma kolaylığı açısından bobin haline getirilir. Üretim hızı ve kapasitesi olarak değerlendirildiğinde üretim hattında sayıları üç adedi bulabilir. Temel çalışma prensibi şu şekildedir: Şerit haddeden çıkan şerit başının duşlu masalarda uygun bir şekilde soğutulmasının ardından malzeme bobin sarmaya yan yollukların malzemeyi eksenlemesiyle birlikte ulaşır. Baskı merdanesi sayesinde katlı veya dalgalı olarak bobin sarmaya ulaşan şerit başları düzeltilip malzeme kapma merdanesine düzgün bir şekilde sevk edilir. Alt ve üst merdaneler pozisyon ve kuvvet kontrollü olup hidrolik silindirler ile tahrik edilirler. Kılavuz plakası sayesinde kapma merdanesinden çıkan şerit başı, dönmekte olan mandrele sarılmaya başlar. İlk sargılar, kalite açısından önemli olmasından dolayı üç adet kılavuz baskı (sıkma) merdanesi ile kontrol edilir. Bu merdaneler de kuvvet kontrollü olup hidrolik silindirler ile tahrik edilir. Malzeme başının mandrale girmesinin ardından şerit haddenin son tezgâhı ile mandrel arasında bir gergi meydana gelir bu suretle şerit bobin halinde sarılmaya başlar. Malzemenin bobin halinde sarılmasının bitmesine üç veya beş sargı kala sıkma merdaneleri tekrar kılavuzluk görevini yaparlar ki dış sargılar da kalite açısından önemlidir. Şeridin bobin halinde sarılmasının ardından ‘stripper car’ adı verilen, üzerinde iki adet merdane olan sıyrıcı arabaya aktarılır. Böylece mandrel yükten kurtulmuş olur.

Sıyrıcı araba bobin kuyruğunu yapılacak çemberleme işlemi için uygun pozisyona getirir ve mandrelden bobini sıyrır. Sıyrılan bobin çevreden tel şeritler ile gerdirilerek sarılır ve transfer silindiri sayesinde konveyör hattına sevkiyat için bırakılır. Proseste şerit başının kapma merdanesine girmemesinden dolayı yığılmalar meydana gelebilir. Bu tip malzemelerin iş kazasına ve hasara sebebiyet vermemesi için sisteme şerit yakalayıcı kafes monte edilmiştir [18]. Şekil 2. 16' da bobin sarma ünitesinin şeması ve ekipmanları gösterilmiştir.



Şekil 2. 16: Bobin sarma ünitesi

Bobin sarma ünitesinden çıkan bobinler hatalı veya tolerans harici bir sarmaya sahip olurlarsa ikinci kalite olarak ayrılabilirler. Teleskopluk bobin iç sargılarının bobin bir tarafına doğru taşmasına verilen addır. Standartlara göre, üretilen bobinlerin belirli bir teleskobi toleransı vardır. Teleskobi toleransının aşılması durumunda üretilen bobin ikinci kalite olarak değerlendirilir. Bozuk sargı, bobin sargılarının bobinin her iki tarafına taşması durumuna verilen isimdir. Bozuk sargılı bobinler direkt olarak ikinci kalite olarak ayrılır. Gevşek sargı, bobin sargılarının gevşek olması durumuna

verilen addır. Bozuk sargılı bobinler direkt olarak ikinci kalite olarak ayrılır. Şekil 2. 17’ de sarılmış bir bobinin çevreden çemberlenerek paketlenmesi görülmektedir.



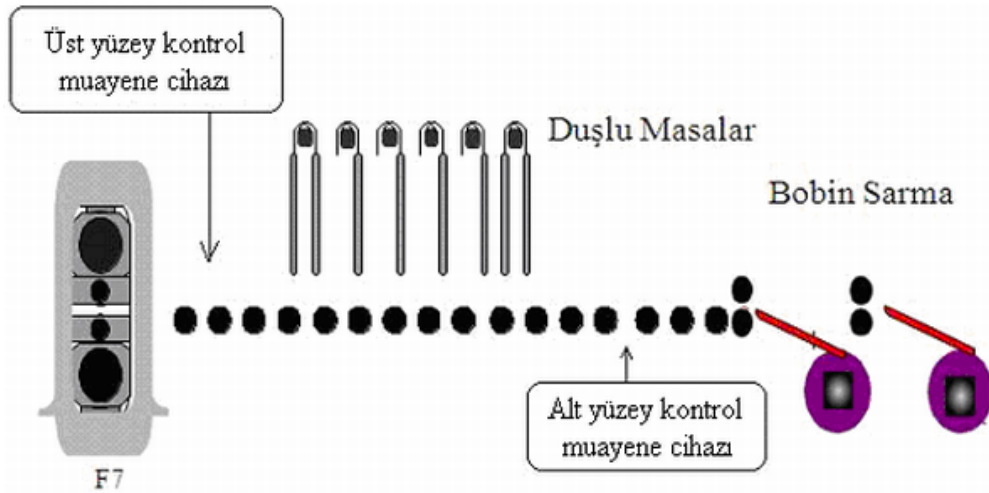
Şekil 2. 17: Bobinlerin, bobin sarmada çevreden çemberlenerek paketlenmesi.

3. KALİTE KONTROL SİSTEMİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Haddelenen mamulün kalite kontrol standartları çerçevesinde üretilmesinden emin olmak amacıyla uygulanan sistemin parametreleri şunlardır: Üretim hattında bulunan online muayene cihazı ile yüzey kontrolü, üretim hattı sonunda bulunan kalite kontrol ünitesi, kalite kontrol ünitesi tarafından alınan numuneler, mekanik laboratuvarın; bu numuneleri tahribatlı muayenelerle test etmesi ve raporlaması.

3. 1. Üretim Hattındaki Muayene ve Kontrol Cihazı

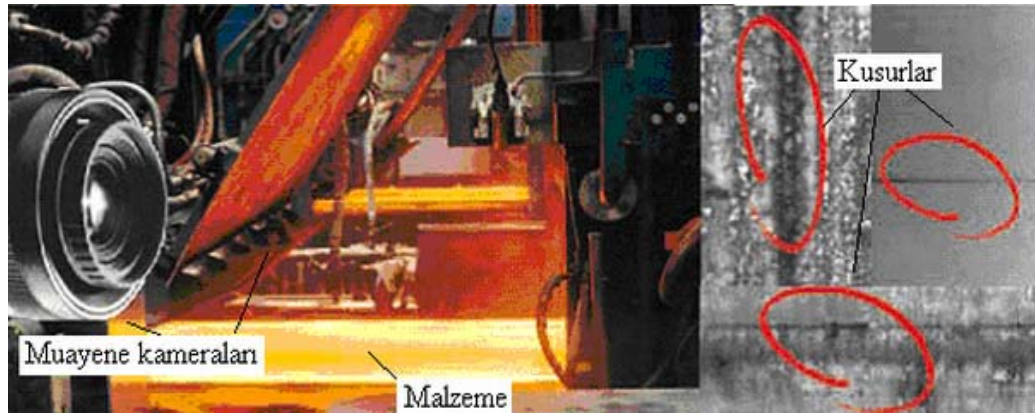
Üretim hattındaki muayene cihazı, son haddeleme işleminin yapıldığı şerit haddenin son tezgâhı ile bobin sarma arasına alttan ve üstten ayrı görüntü alan kameralarla donatılan bir kalite kontrol cihazıdır. Cihazın çalışma prensibi şu şekildedir: Yüzeyleri fotoğraflayan sensörler dâhili kablolar ile bağlantı kutusuna bağlanır. Bağlantılar ethernet üzerinden sıcak sac haddeleme ürün kusurlarının çok kapsamlı olarak tanıtıldığı yazılımın bulunduğu dağıtıcıya bağlanır. Dağıtıcı, ara kablolar ve dağıtıcıdan yapılan çıkışlar ile monitörlere bağlanır ve bu şekilde malzeme yüzeyi bu monitörlerden görüntülenir. Ayrıca sistem çalıştıkça ve kalite kontrol birimi tarafından yakalanan başka kusurlar sisteme tanıtıldıkça, cihazın kusur yakalama menzili arttırılabilir. Böylece daha hassas gözlemler yapmak mümkün olur. Şekil 3. 1’ de muayene cihazının hat üzerindeki pozisyonu gösterilmektedir.



Şekil 3. 1: Üretim hattındaki muayene cihazının hat üzerindeki pozisyonu

Üretim hattındaki muayene cihazı dağıtıcı üzerinden bir çok monitör ile görüntü istasyon sayısı arttırılabilir. Kalite kontrol personeli sürekli bu cihazın görüntülerini izler. Ayrıca üretimde kumanda odasındaki personel de haddelenen ürünü takip eder.

Bu şekilde malzeme kusurları atlanmadan tespit edilmiş ve diğer ürünlerde oluşmadan giderilme yoluna gidilmiş olur. Özellikle kuyruk kaydırmalardan kaynaklı hadde yaralarından ileri gelen izler bu cihaz sayesinde tespit edilir ve iş merdanesi değiştirilir. Şekil 3. 2’ de ve şekil 3. 3’ de muayene cihazı ve aldığı görüntüler gösterilmektedir.



Şekil 3. 2: Üretim hattındaki muayene cihazının çalışma şekli ve kusurlar



Şekil 3. 3: Üretim hattındaki muayene cihazına ait üst yüzeyden alınmış kamera görüntüsü

3. 2. Kalite Kontrol Ünitesi

Kalite kontrol ünitesi, bobin açma, numune alma, online muayene monitörleri ve ilgili personelin bulunduğu birimdir. Üretilen bobinler konveyör hattı yardımı ile bobin sarma ünitesinde sarıldıktan sonra kalite kontrol ünitesine gelir. Rutin aralıklarla (on malzemede bir kez) kalite kontrol personeli ürünleri bobin açma makinesi yardımıyla 10-15 metre kadar kuyruktan itibaren açar. Bobin boyunca çeşitli noktalardan her bir kenardan kalınlık kontrolü yapılır. Ayrıca online muayene cihazı bobin sarma ünitesinin hemen önünde bulunduğu için bobin sarmadan gelebilecek çizik veya yara gibi kusurları tespit edemez. Bobin sarmaya ait kusurlar bobinin açılmasının ardından tespit edilir. Kuyruktan ilgili ürün eni ve 2-3 metre boyunca oksijen ile kesilerek numune parçası alınır ve mekanik laboratuara gönderilmek üzere hazırlanır. Şekil 3. 4' de mekanik laboratuarda kullanılan test cihazları gösterilmiştir.

3. 3. Mekanik Laboratuarda Yapılan Tahribatlı Muayeneler ve Raporlama

Kalite kontrol ünitesi tarafından numuneler üzerlerine bobin numarası ve döküm kalitesi yazılarak mekanik laboratuara gönderilir. Mekanik laboratuvar numunelere şu tahribatlı muayeneleri uygular ve ilgili raporlamaları yapar: çekme testi, çentik darbe testi, sertlik testi (Brinell), katlama testi.

3. 3. 1. Çekme testi

Çekme deneyi için önce test edilecek malzemeden standartlara uygun bir çekme numunesi hazırlanır. Standart olarak TS 138 EN 100008 kabul görmektedir. Çekme deneyi makinesinin çeneleri arasına düzgün ve ortalayacak bir şekilde sıkıştırılan bu numune iki ucundan çekme test cihazının çenelerine bağlanıp, gittikçe artan bir yük ile kopuncaya kadar çekilir. Bu esnada uygulanan F yükü ile buna karşı malzemenin gösterdiği uzama (ΔL) ölçülür. Deney sonucu elde edilen yük (F) ve uzama (ΔL) değerlerinden yararlanarak ($F - \Delta L$) diyagramı elde edilir. Bu diyagrama çekme diyagramı da denir [19].



Şekil 3. 4: Çekme, çentik darbe, sertlik, katlama test cihazları görünümü

3. 3. 2. Çentik darbe testi

Deney, sarkaçlı vurma cihazında yapılır. Cihazın sarkaç çekici önceden belirlenmiş bir H yüksekliğinden düşer ve en alt noktada arka yüzüne vurduğu çentikli numune parçasını eğmeye zorlar. Burada çekiç, hava ve çekicin sap kısmının yataklandığı yerde oluşan sürtünmeleri yenmesi gerekmektedir ve bundan dolayıdır ki, çekiç numuneye vurmadan önce enerjisinde belli miktarda kayıplar ile karşılaşır. Deney parçasının kırılması veya desteklerin arasından şekil değiştirerek geçmesi için sarkaç enerjisinin bir kısmı kırma işi olarak tüketilir. Bu değer cihaz göstergesinden doğrudan doğruya okunur. Vurma değeri çentik dibindeki anma kesitine oranlanırsa çentik darbe mukavemeti elde edilir. Yassı mamullerde çentik vurma deneyi her kalınlıktaki malzemeye uygulanmaz. Çentik darbe deney numunesinin en az 10 mm kalınlığındaki bir bobinden alınması gereklidir [19].

3. 3. 3. Brinell sertlik testi

Belli çaptaki sert bir bilye malzeme yüzeyine belli bir P yükü uygulanarak 30 saniye süre ile bastırılır. Deneyde uygulanan yükün meydana gelen izin alana bölünmesiyle Brinell sertlik değeri (BSD) bulunur. Yassı çelik üretiminde 400 Brinell değerine

kadar sertlik değerleri için sertleştirilmiş elik bilyeler deney için yeterlidir. Numunelerden en az beş en çok on adet test ölçümü alınır ve bunların matematik ortalamaları raporlamalara yazılır. Sertlik deney numunesi üzerinde herhangi bir kusur olmamalı ve malzemenin her test alınan noktası homojen olmalıdır [19].

3. 3. 4. Katlama testi

Sıcak haddelenmiş malzemelere katlama deneyi, malzemelerin şekil değiştirme özellikleri hakkında genellikle niteleyici bir bilgi edinmek amacıyla yapılır. Test kuralları ASTM-E 290 Rev. A’da belirlendiği gibidir. Özellikle üretilen mamulün müşteri tarafından nerede kullanılacağı önemlidir ve test esnasında yk, müşterinin verdiği değer temel alınarak yapılır. Farklı numuneler aynı yükte teste tabi tutulur ve oluşan çatlaklar değerlendirilir [19].

3. 4. Kalite Kontrol nitesi Raporları

Kalite kontrol nitesi güncel tarihli üretimim ertesini günü kalite raporlarını hazırlar ve yayımlar. Bu raporlardan ilk kısmı üretim esnasında yapılan kontrolleri içerir. Diğer kısmı ise mekanik laboratuvarın tablo 3. 2’ deki gibi gösterilen test sonuçlarını içerir. Tablo 3. 1’ de kalite kontrol tarafından hazırlanmış bir muayene raporu gösterilmektedir.

Tablo 3. 1: Sac haddeleme üretim tesisi kalite kontrol departmanı muayene raporu

BOBİN NO	SLAB DÖKÜM	KALINLIK	GENİşLİK	ÖLÇÜLEN GENİşLİK	L. KALINLIK (Opr)	L. KALINLIK (Orta)	L. KALINLIK (Tah)	AÇIKLAMALAR	KALİTE SINIFI	TOLERANS HARİCİ	İHRAÇ YERLİ
C029062000	SAE1008	2,5	1265					Açılan yüzey normal	A1		İHRAÇ
C029063000	SAE1008	2,5	1265					Açılan yüzey normal	A1		İHRAÇ
C029064000	SAE1008	2	1265					tufallı (parsytec)	A1		İHRA
C029065000	SAE1008	2	1265					tufallı (parsytec)	A1		İHRA
C029066000	SAE1008	2	1265					tufallı (parsytec)	A1		İHRA
C029067000	SAE1008	2	1265					tufallı (parsytec)	A1		İHRA
C029068000	SAE1008	2	1265					tufallı (parsytec)	A1		İHRA
C029069000	SAE1008	2	1265					tufallı (parsytec)	A1		İHRA
C029054000	SAE1008	2,5	1265					Alt tahrık trf. Bobin sarma iziği	A1		İHRA
C029082000	DD11	3	1015	1030	3	3,01	3	Yzey normal	A1		YERLİ
C029094000	S235JR	2	1015	1040	1,99	2,01	1,98	Yzey normal	A1		YERLİ
C029098000	S235JR	1,4	1000					Ağır tufallı	A1		İHRA
C029099000	S235JR	1,4	1000					Ağır tufallı	A1		İHRA
C029101000	S235JR	3	1000					Kalınlı ışlandı (1.4mm)	A1	ALT	İHRA
C029104000	SAE1008	2,5	1265	1290	2,5	2,51	2,5	Yzey normal	A1		İHRA
C029127000	S235JR	2,75	1250	1280	2,76	2,77	2,75	Yüzey normal	A1		İHRAÇ
C029128000	S235JR	2,75	1240					695-778mt arası dar.	A1	TH	İHRAÇ

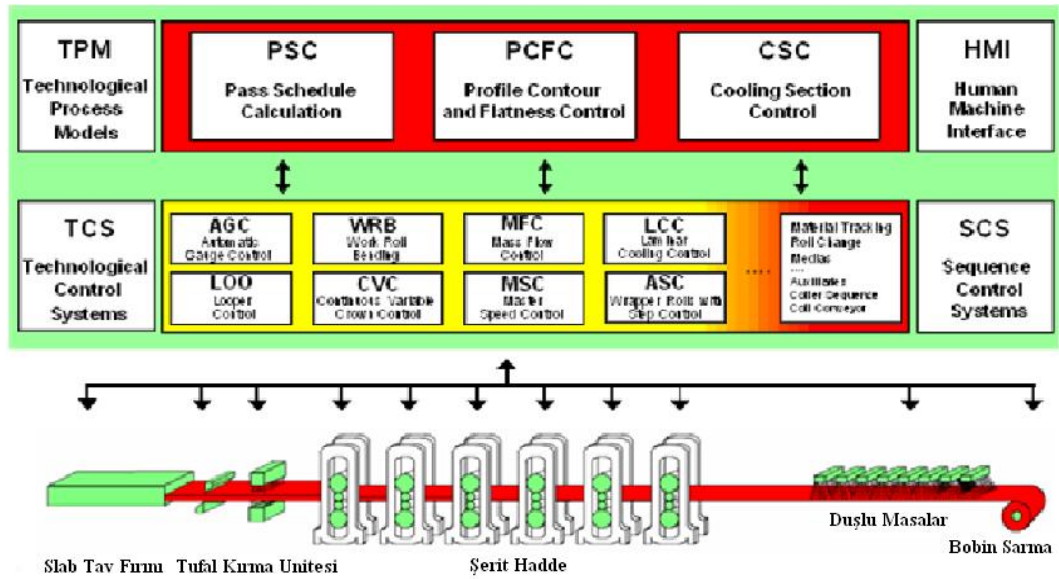
Mekanik laboratuvarının hazırladığı raporda ilgili numenin boyut bilgileri, çekme deneyi sonuçlarından akma mukavemeti, çekme mukavemeti ve yüzde uzama değeri, sertlik deneyi sonuçlarından brinell sertlik değeri, çentik darbe vurma deneyinden darbe enerji değeri döküm kalitesi ve önemli elementlerin döküm içerisindeki bileşenleri yer alır.

Tablo 3. 2: Sac haddeleme üretim tesisi mekanik laboratuvar departmanı muayene raporu

DÖKÜM NO	CA0992203	CA01305204	CA01307205	CA01351103	CA01351207	CA01323102	CA01329203	CA01466207
BOBİN NO	11051	11060	11125	11473	11481	11312	11436	13869
TARİH	01.03.2011	01.03.2011	01.03.2011	02.03.2011	02.03.2011	01.03.2011	02.03.2011	12.03.2011
DÖKÜM KALİTESİ	DD11	DD11	DD11	DD11	DD11	S235JR	S235JR	S235JR
NUMUNE KALINLIĞI(mm)	2,01	2,03	2	2	2,03	9,94	9,94	10,01
AKMA MUKAVEMETİ(N/mm ²)	312	312	326	297	324	323	323	342
ÇEKME MUKAVEMETİ(N/mm ²)	400	391	395	391	393	420	424	460
%UZAMA	33,6	27,5	34,4	39,7	30,4	36,2	31,2	35,8
Rm/Re	1,28	1,25	1,21	1,32	1,21	1,3	1,31	1,35
Re/Rm	78	79	82,53	75,96	82,44	76,9	76,18	74,35
DARBE (JOULE)	-	-	-	-	-	201	161	144
EĞME	-	-	-	-	-	-	-	-
HB SERTLİĞİ	115	120	129	128	122	136,5	141	132
C İÇERİĞİ	0,051	0,063	0,051	0,048	0,048	0,058	0,053	0,063
Mn İÇERİĞİ	0,174	0,239	0,189	0,186	0,186	0,4115	0,226	0,597
Si İÇERİĞİ	0,026	0,029	0,022	0,026	0,026	0,0265	0,033	0,02
P İÇERİĞİ	0,013	0,006	0,008	0,012	0,012	0,009	0,01	0,008
S İÇERİĞİ	0,004	0,012	0,011	0,012	0,012	0,0135	0,007	0,02
Cu İÇERİĞİ	0,149	0,151	0,193	0,213	0,213	0,2045	0,214	0,195
Al İÇERİĞİ	0,021	0,023	0,029	0,022	0,022	0,0255	0,026	0,025

4. ÜRETİM HATTI PROSES KONTROL SİSTEMİ VE PERSONELİ

Sıcak sac haddehanelerindeki ekipmanlar ilgili kontrol odalarından işletme operatörleri tarafından otomasyon sistemi ile kumanda edilirler. Operatörlerin görevleri sistemi izleyerek hem otomasyon sistemi kullanıcı ara yüzü ile hem de muhtelif yerleştirilmiş kameralar ile sistemi takip etmektir. İlgili hesaplamalar otomasyon sistemine seviye iki olarak isimlendirilen mühendislik hesaplarını gönderen modeller üzerinden sağlanır. Haddeleme hızı, her tezgahtaki kalınlık değişimi ve sıcaklıklar gibi parametreler bu modellerin içersindedir. Şekil 4. 1' de seviye iki modellerinin kontrol ettiği birimler şematik olarak gösterilmiştir. Tablo 4. 1' de son haddeleme esnasındaki parametreler gösterilmektedir.



Seviye iki model hesaplamaları ürünün prodesteki her aşamasında operatör isteği ile tekrarlanabilir. Ayrıca belirli bölgelerdeki pirometreler, genişlik ölçer, kalınlık ölçer cihazlar ile hesaplamalar düzeltilerek en mükemmel sonuç elde edilir. Sürekli değişen parametrelerin hesap üzerinde düzeltilip tekrar sisteme yollanması neticesinde kusursuza yakın ölçülerde ürün elde edilir [9].

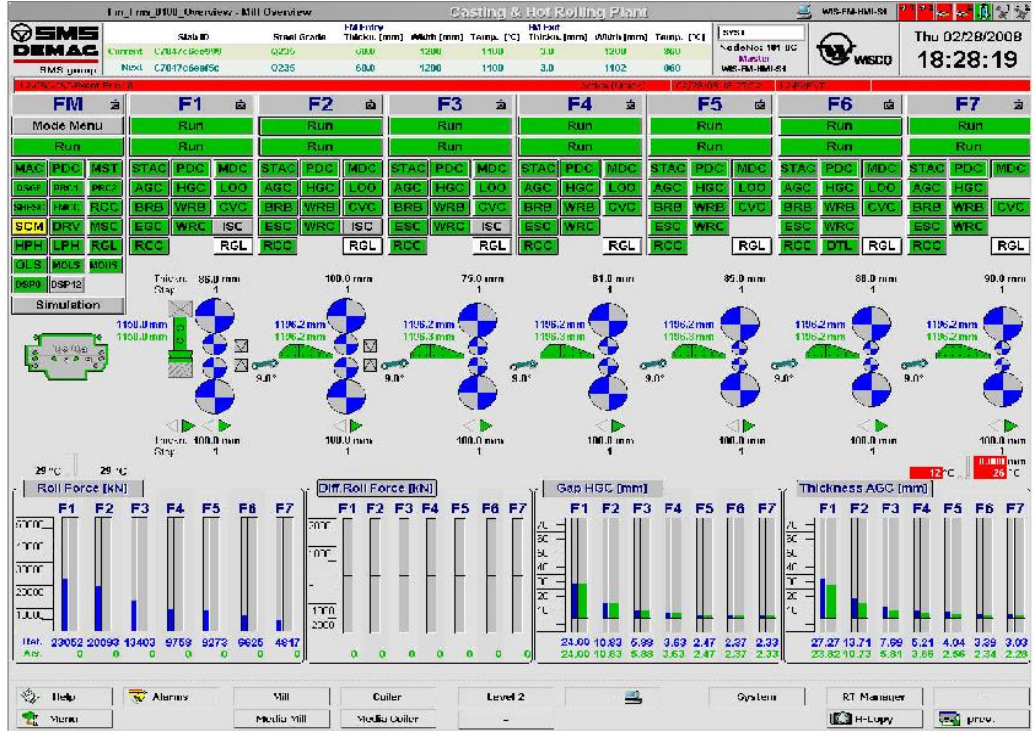
Tablo 4. 1: Son haddeme esnasındaki parametreler (değişkenleri)

Proses Bilgileri	Birimi	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Tezgahların çalışması	-	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Tezgahlarda operatör kontroü	-	AUTO	AUTO	AUTO	AUTO	AUTO	AUTO	AUTO
Yağlama	-	OFF (0)	OFF (1)	OFF (1)	OFF (1)	OFF (1)	OFF (0)	OFF (0)
Üst iş merdanesine gönderilen yağ miktarı	ml/min	0	40	40	60	25	0	0
Alt iş merdanesine gönderilen yağ miktarı	ml/min	0	40	80	90	25	0	0
İş merdanesi soğutması	%	100	85	85	85	85	90	90
Tufal kırma ünitesi debisi	m ³ /h	204, 204	0, 0,00	0	-	-	-	-
Tufal kırma ünitesinin açılma oranı	%	100, 100	0, 0,00	0	-	-	-	-
Malzemeyi hızlandıran soğutma suyu miktarı	m ³ /h	150	0	0	0	0	0	0
Malzemeyi hızlandıran soğutma suyu açılma oranı	%	100	0	0	0	0	0	0
Üst iş merdanesi anti peeling soğutma suyu	-	ON	ON	ON	ON	-	-	-
Alt iş merdanesi anti peeling soğutma suyu	-	ON	ON	ON	ON	-	-	-
Toz tutucu sprayler	-	-	-	-	ON	ON	ON	ON
Giriş kalınlığı	mm	37,99	20,16	10,15	6,26	4,07	2,93	2,33
Çıkış kalınlığı	mm	20,16	10,15	6,26	4,07	2,93	2,33	2,02
Sıfır noktası düzeltme payı	Mikron	172,47	-21,46	-233,83	-20,95	181,97	54,46	-141,1
Relatif ezme miktarı	%	70	65	52	47	45	45	45
Dalga ölçü birimi	l units	26,83	-2,37	56,06	41,05	4,4	3,51	0
Giriş genişliği	mm	1033,93	1038	1038,42	1037,3	1035,47	1033,06	1029,75
Çıkış genişliği	mm	1038,81	1039,41	1038,68	1037,21	1035,28	1032,55	1029,06
Giriş tufalının kalınlığı	Mikron	28,45	27,44	19,38	15,12	11,91	10,16	9,18
Giriş hızı	m/s	0,56	1,05	2,08	3,38	5,2	7,24	9,13
İş merdanesi çapı	mm	775,62	810,38	818,51	776,56	645,85	650,78	696,84
İş merdanesinin E modülü	kJ/mm ²	206	206	206	206	175	175	175
İş merdanesi sıcaklığı	dgrC	60	60	60	60	60	60	60
İş merdanesi düzleştirme oranı	-	1,02	1,04	1,09	1,14	1,27	1,41	1,74
İş merdanesi çevresel hızı	m/s	0,96	1,88	3,09	4,78	6,75	8,66	10,18
İş merdanesi çevresel frekansı	1/min	92,03	112,6	165,35	258,19	503,98	503,98	531,98
Relatif looper açısı	deg	28,47	27,26	28,12	28,03	27,87	26,97	-
Hız düzeltmesi	%	0	0	0	0	0	0	0
İleri kayma	%	8,73	10,51	9,28	9,01	7,38	5,36	3,14
Giriş sıcaklığı	dgrC	1072,81	1032,66	1000,19	970,3	954,43	941,24	918,99
Çıkış sıcaklığı	dgrC	1061,52	1029,39	998,81	969,74	956,04	932,9	909,47
Hadd kuvveti	kN	16995,9	17025,6	15675,9	14368,3	11949,8	9658,4	8717,8
Hadde torku	kNm	1290,5	912,3	538,5	333,9	190	97,8	75,4
Motor torku	kNm	237,1	205,9	180,2	176,9	200,6	108,5	86,9
Motor verimi	%	65,17	56,61	51,82	53,06	55,14	36,11	31,78
Motor sıcaklığı	dgrC	43,76	42,76	42,22	41,85	43,67	39,51	37,29
Spesific geri yöndeki gerilme	N/mm ²	0	4,48	7,15	9,96	14,23	17,28	20
Spesifik ileri yöndeki gerilme	N/mm ²	4,48	7,15	9,96	14,23	17,28	20	20
Deformasyon	-	0,4	0,43	0,31	0,28	0,21	0,15	0,09
Deformasyon oranı	1/s	5,89	15,98	31,11	58,52	93,67	112,47	101,37
Akma mukavemeti	N/mm ²	89,73	111,19	131,35	152,61	166,03	169,71	159,28
Kf 0 düzeltme değeri	N/mm ²	0	0	0	0	0	0	0
Sürtünme katsayısı	-	0,3	0,25	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35

4. 1. Kontrol Odaları ve Kullanıcı Ara Yüzleri

Proses kontrol odalarından operatörler tarafından kullanıcı ara yüzü yardımıyla bilgisayarlar ile kontrol edilirler. İyi bir kullanıcı ara yüzü sistemle ilgili birçok bilgiyi içermelidir. Haddeme esnasında takip edilecek bazı değerler, seviye iki

modeli tarafından gönderilen hesap ile gerçek değerlerin örtüşüp örtüşmediğini gösterir. Böylece sistem operatör tarafından kontrol edilmiş olur. Ayrıca kullanıcı arayüzündeki önemli özelliklerden birisi ise arıza veya hata anında ilgili görsel alarm sistemi ile ekranda operatörü uyarmaktır. Kullanıcı arayüzleri ilgili teknik personel ve firma tarafından müşteri isteklerine göre özel olarak bilgisayar ortamında programlanarak oluşturulurlar.



Şekil 4. 2: Şerit haddeye ait bir kullanıcı ara yüzü



Şekil 4. 3: Şerit hadde kumanda odası ve operatörler

4. 2. Haddehane Personeli

Haddehanedeki beyaz ve mavi yaka personeller ana olarak üç departmana ayrılmışlardır. Bunlar işletme, mekanik bakım ve elektrik-elektronik bakımdır. Sıcak sac haddehaneleri 24 saat süreli çalıştıkları için vardiyalı çalışma düzeni prensip edinilmiş ve ekipler 3 adet asıl ve 1 adet yedek vardiya olacak şekilde oluşturulmuşlardır.

4. 2. 1. İşletme departmanı

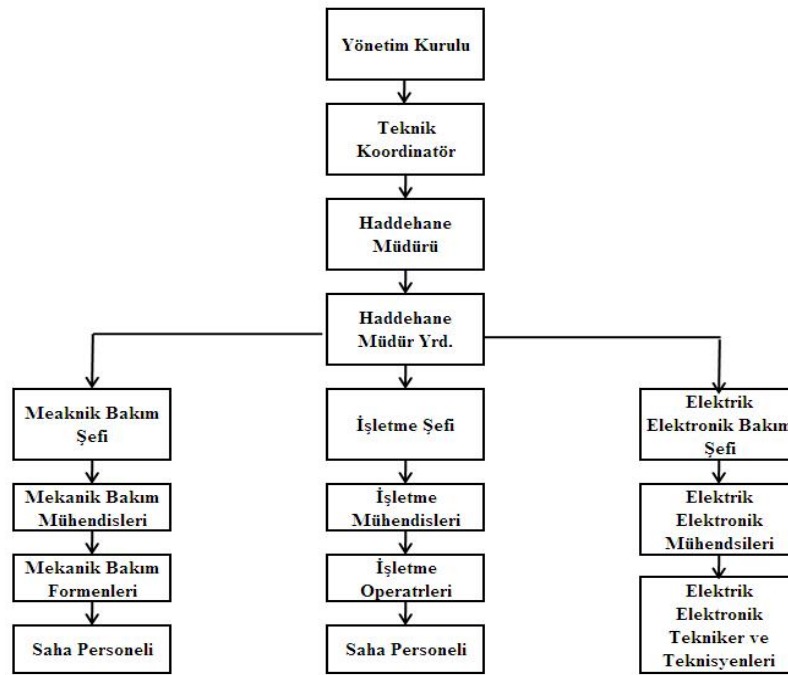
İş akışının sağlanması, ilgili proseslerin kontrolü ve sistemin takibinden sorumlu olan birim işletme departmanıdır. Mavi yaka, kendi içlerinde; proses operatörler, saha personeli, vinç operatörleri gibi alt sınıflara ayrılabilir. Haddehanede üç adet kumanda odası mevcuttur. Bunlar; fırın kumanda odası, ana kumanda odası ve bobin sarma kumanda odasıdır. İdeal bir vardiyada üretimin sağlanabilmesi için minimum fırın kumanda odasında üç, ana kumanda odasında dört ve bobin sarma kumanda odasında dört olmak üzere on bir adet operatöre ihtiyaç bulunmaktadır. Operatörler yüksek okul veya teknik öğretmenlik mezunlarından seçilirler. Ayrıca beyaz yaka personele her bir prosesin sorumluluğu ayrı ayrı verilmiştir. Sıcak sac haddehanesindeki fırında, kaba haddede, şerit haddede ve bobin sarmadan sorumlu beyaz yaka personel bulunur. Ayrıca vardiyalarda arızalara müdahale etmek açısından her vardiyanın vardiya amiri de beyaz yaka personelden seçilir. İşletme mühendisleri malzeme ve makine mühendislerinden tercih edilirler.

4. 2. 2. Mekanik bakım departmanı

Haddehanede mekanik imalat ve montaj, hidrolik ve gresleme işlemlerinden sorumludurlar. Çıkan arızalara anında müdahale için her vardiyada bir mekanik bakım formeni, iki mekanik bakım ustası, iki hidrolikçi, bir gresçi ve iki de atölye personeli olmakla birlikte sekiz kişiden oluşurlar. Ayrıca sadece tek vardiya çalışan yağ odası ve hidrolik bakım personeli, yedekleme ve ambardan sorumlu personel, yedekleme atölyesinden sorumlu personel ve kestirimci bakımcı personeller de mevcuttur. İdeal bir haddehane mekanik bakım personel sayısı beyaz yaka ile birlikte altmış kişi civarındandır. Planlı duruşlara göre planlı bakımları organize etmek, yapılacak işleri listelemek, yedek hazırlığı yapmak ve ambar takibini sağlamak yapmak mekanik bakım personelinin görevidir.

4. 2. 3. Elektrik-elektronik bakım departmanı

Genellikle teknisyen ve mühendislerden oluşan bir ekiptir. Teknisyenler sahadaki switch, transducer, pirometre, dedektörlerin bakımından ve arızaları gidermek ile yükümlüdür. Beyaz yaka elektronik ekip ise işletme ekibi gibi prosese göre sorumluları ayırır. Ayrıca seviye iki mühendisleri de bu ekipte yer alır. Proseslerde kullanılan elektrik motorlarının bakımı ve kontrolü de ilgili elektrik teknisyenlerindedir. Bahsi geçen bu departmanlara ait örnek bir organizasyon şeması Şekil 4. 4’de görülmektedir.



Şekil 4. 4: Sıcak sac haddehanesi organizasyon şeması

5. SICAK SAC HADDEHANESİ İŞLETME PARAMETRELERİ

Sıcak sac haddeleme esnasında haddeleme operasyonu bir çok farklı değişkene bağlıdır. Bunların bazıları temel değişkenler olup diğer değişkenleri etkiler veya oluştururlar. Ana parametrelerin değişimi başka parametreleri tetikleyip nihai bobinin kalitesine etki edebilir veya iş merdanelerinin hasar görmesine neden teşkil edebilir. Ayrıca ana parametrelerde oluşacak olan eksiklik haddeleme operasyonu esnasında giderilemez. Örneğin; haddelenecek slabın iç yapısında bulunan süreksizlikler nihai ürün olan bobinin yapısında bulunacak ve bu ürün kabul edilmeyecektir. Ana parametrelerin yanında kontrol edilebilir parametrelerden ürün yapısı ve kalitesine direkt olarak etkileyen parametreler çalışmada yer almıştır. Örneğin; haddeleme operasyonu esnasında soğutma suları iyi bir şekilde kontrol edilmezse malzemenin kuyruk ve baş kısmı gövdesine nazaran şerit haddeye daha soğuk girer. Bu da iş merdanelerine malzemenin kesiti kadar iz yapar ve merdaneler kampanya tonajlarını tamamlamadan değiştirilmek zorunda kalınır. Değiştirilmediği takdirde merdane yüzeyindeki iz, nihai bobin üzerine periyodik olarak çıkacak ve bobin kalite standartlarına uymayacaktır. Burada görülmektedir ki işletme değişkenlerindeki değişimler sonucu bir dizi operasyonel hata zinciri oluşmakta ve her değişken bir birini etkilemekte ve de sonuç olarak nihai ürün olan bobin kalite standartlarına uymamaktadır.

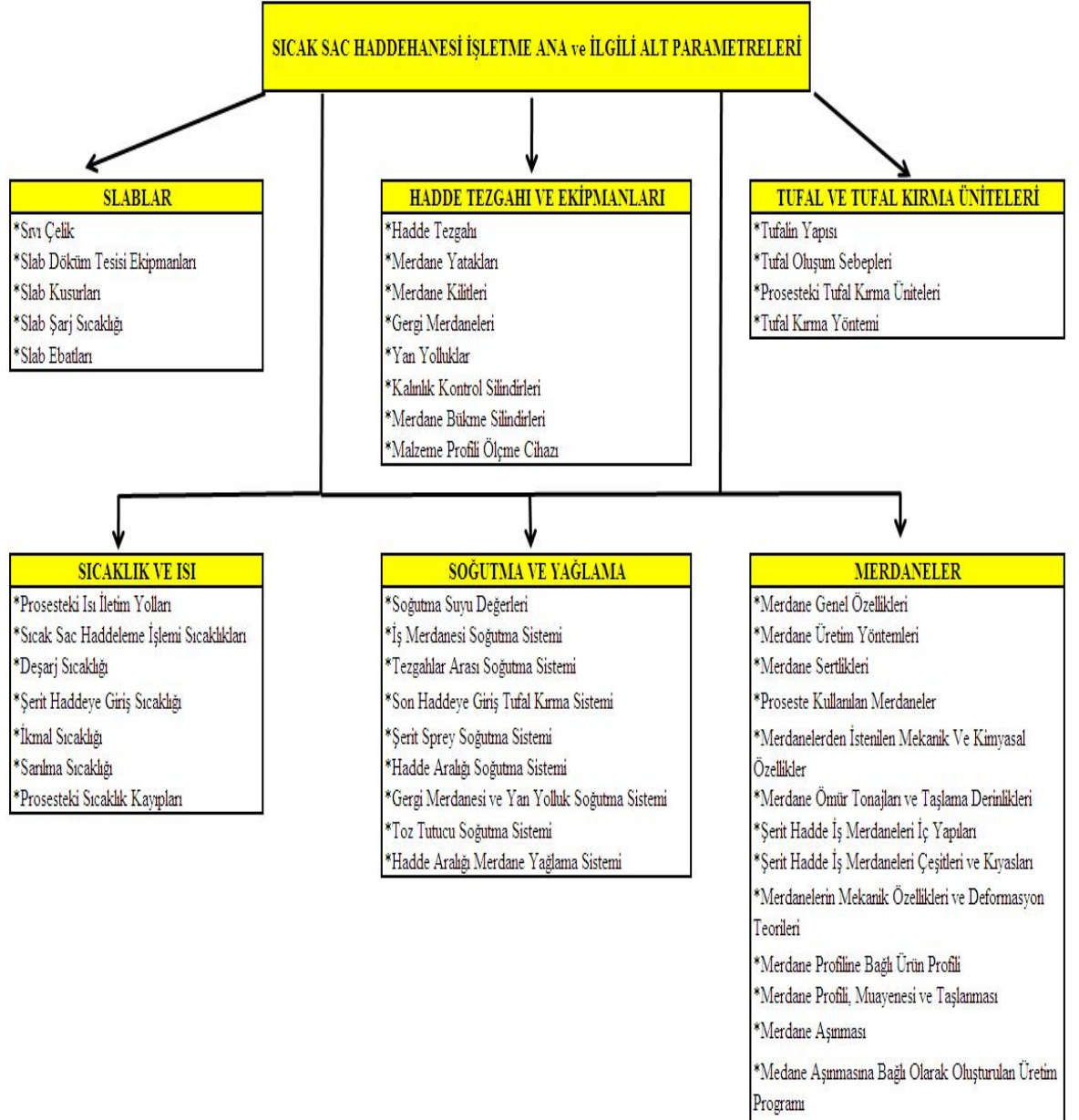
Çalışmanın diğer kısımlarında haddeleme operasyonunun ana değişkenleri incelenmiştir. Bu değişkenler tablo 5. 1' de gösterilmektedir. Ana değişkenler belirlenirken son ürün olan bobinin yapısına direkt olarak etki eden etkenler göz önünde bulundurulmuştur. Başka bir deyişle ana değişkenlerin değişimiyle oluşan farklılıklar son ürün olan bobinin yapısını direkt olarak etkiler. Örnek vermek gerekirse; haddeleme esnasında kullanılan merdane profili uygun değilse bobinin kesit profili de bununla alakalı olarak bozuk olacaktır. Başka bir örnek ise hadde makina parkında merdane yağlama sistemi mevcut değilse merdaneler daha hızlı aşınacaktır. Görüldüğü gibi ana değişkenlerin son ürün olan bobine etkisi sonucu

bobin yapısı direkt olarak etkilenmekte ve geri dönüş için hiç bir yol kalmamaktadır. Bu da ciddi bir maliyet ve üretim kaybı anlamına gelir.

Şüphesizdir ki ana parametrelerin yanında alt parametrelerden de söz etmek gereklidir. Çalışmada ana parametrelere bağlı olan alt parametrelere her bir ana parametre başlığı altında yer verilmiştir. Örneğin hadde tezgahı ve ekipmanları ana parametresinde bulunan kalınlık kontrol silindirleri ve sistemi başlığı bir alt parametredir. Fakat sıcak sac haddeleme prosesinde alt parametrelerin daha fazla alt parametresi olduğu ve bunların hepsinin izahının bu çalışmada yer almadığı belirtilmelidir. Çünkü kontrol sistemleri ile kontrol edilen bu alt değişkenler çok çeşitlilik ve değişkenlik göstermektedir. Örnek olarak haddeleme esnasında proseste bulunan basınç dönüştürücüler yardımıyla ölçülen silindir basınçları veya yük sensörleri yardımıyla ölçülen haddeleme kuvvetleri verilebilir. Bununla ilgili bazı bilgiler Tablo 4. 1’de son haddeleme esnasında değişkenleri gösteren model bilgileri başlığı altında görülebilmektedir. Tekrar edilmelidir ki bu çalışmanın amacı nihai ürün olan bobine etki eden temel değişkenleri alt parametreleri ile tespit etmek, bu değişkenlerin ürüne olan etkilerini bulmak ve temel değişkenlerden olan merdanelerin etrafıca üstünde durmaktır.

Çalışmada incelenen ana değişkenler; slablar, hadde tezgahı ve ekipmanları, tufal kırma, sıcaklık ve ısı, soğutma ve yağlama ve merdaneler ana başlıkları altında incelenmiştir. Bu ana değişkenler incelenirken hem kendilerine bağlı alt değişkenlerden söz edilmiş hem de bu değişkene bağlı olarak oluşan nihai ürün ve merdane kusurları belirtilmiştir. Bu çalışmada ana parametrelerden biri olarak bahsedilen merdanelerin detaylıca üstünde durulmuştur.

Tablo 5. 1: Sıcak sac haddehanesinde temel parametreler

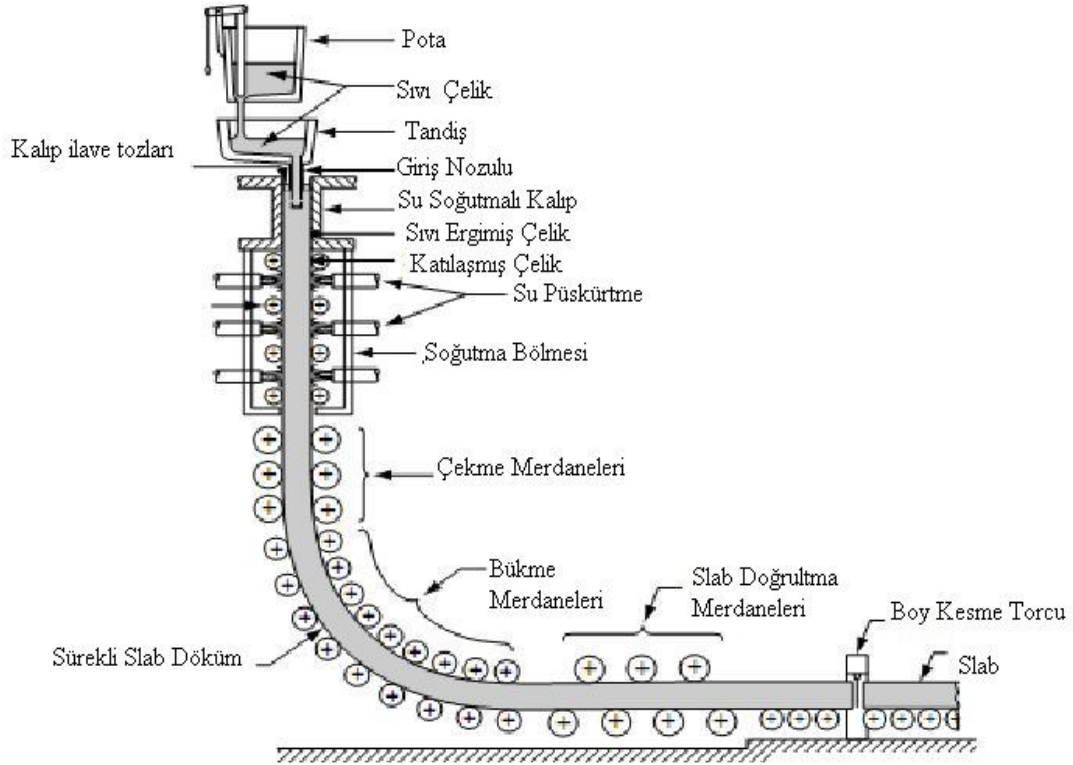


6. İŞLETME PARAMETRELERİNDEN SLABLAR

Çelikhanede potalar ile şarj edilen hurda, elektrik ark ocağında eritilir ve sıcak metalin içinde bulunan C, Si, P, Mn vb. elementler saf O₂ uygulaması ile indirgenir. Oluşan oksit kalıntıları kireç ve dolomit gibi cüruf yapıcılar ile temizlenerek sıvı çelik üretilir. Çelikhanede üretilen sıvı çelik, ikincil metalürji tesislerinde hazırlandıktan sonra sürekli döküm tesislerine gönderilir. Sıvı çelik, bu tesislerdeki sürekli döküm makinasında, kalıplara kesintisiz olarak dökülüp belli ebatlarda katılaştırılarak slab (yarı mamul) haline getirilir. Sürekli döküm tesisinde üretilen veya ithal edilen slablar, slab fırınında ısıtıldıktan sonra sıcak haddehanelerde haddelenerek sıcak rulo üretilir. Tanımlardan da anlaşılacağı üzere, sıcak sac haddeleme işlemi ham çelikten üretilmiş ara mamulün kalınlığını son ürün olan bobin şeklinde sarılmış sacın kalınlığına indirmektir. Slablar şu şekillerde üretilir. Sıvı metalin dökme demir kokillere doldurulup katılaşmaya bırakılmasıyla ingotlar, ingotların ise haddelenmesi ile slablar elde edilmektedir. İngot dökümü ve haddelenmesine kıyasla daha üstün olan sürekli dökümde ise sıvı metal su ile soğutulan kokile bir uçtan akıtılırken öteki uçtan katılaşmış durumda dışarı çekilerek ve uygun boylarda kesilerek slablar elde edilir. Slabların haddelenmesi ile daha küçük kesitli levha, sac ve bant gibi yassı ürünler elde edilir. 1970'li yılların başında Amerika'da geliştirilen yeni bir haddeleme sistemi ile slab döküm prosessinin hemen ardından başlayan ve ince slab döküm sayesinde tersinir kaba haddelemeyi elemine eden bir üretim hattı dizayn edilmiş ve 1986 yılında Amerikalı çelik üreticisi NUCOR STEEL bu hattı devreye almıştır [15]. Mini-Mill diye isimlendirilen bu haddehanede, ara mamul olan slablar 250mm ile 220mm kalınlığında değil 40mm-50mm kalınlığında dökülmüş ve döküm hattı direk olarak tav fırınına bağlanmıştır. Bu şekilde slab dökümü, ince slab döküm olarak adlandırılır. Konvansiyonel bütünleşmiş haddehane ile kıyaslatıldığında muhtemeldir ki avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Özellikle ilk yatırım maliyetinin ucuz olması önemli avantajları arasında sayılabilmektedir. Buna nazaran sınırlı ebattaki bobin üretimi, yıllık kapasitenin düşük olması ve haddeleme işleminin döküme direkt olarak bağlı olması ise dezavantajlarından sayılabilir [16].

6. 1. Sürekli Slab Döküm Tesisi Ekipmanları ve Fonksiyonları

Taret; sürekliliği sağlayan ekipmanların birincisidir. İki ayaklı olup ekseninde 360° dönebilme kabiliyetine sahiptir. Görevi; dolu potayı döküm konumuna, boş potayı da döküm sirkülasyonuna girmesi için geri göndermek üzere pota vincine taşımaktır. Tandiş; sürekli döküm prosesinde sürekliliği sağlayan ikinci ekipmandır. Potadaki sıvı çelik bittiğinde taret vasıtasıyla yeni potanın döküm konumuna getirilmesine kadar geçen sürede kalıba sıvı çelik akışını devam ettirerek dökümün sürekliliğini sağlar [20- 22]. Şekil 6. 1 ve şekil 6. 2’ de sürekli slab döküm tesisi ve ekipmanları gösterilmiştir.



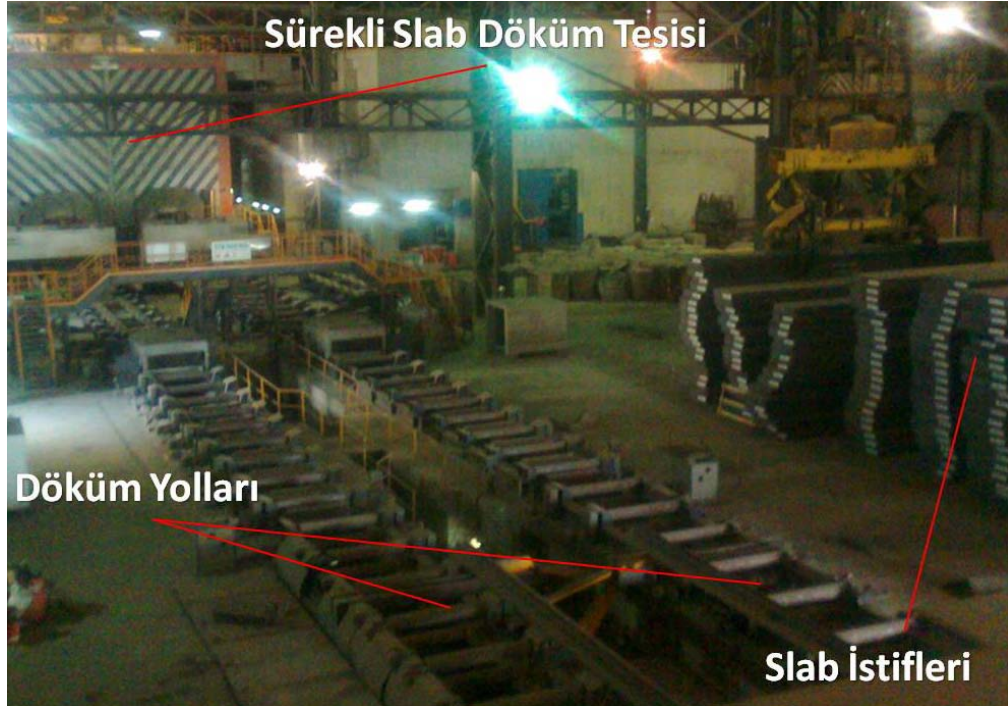
Şekil 6. 1: Sürekli slab döküm tesisi ekipmanları

Döküm anında tandiş içindeki sıvı çelik, belirli yükseklikte tutularak kalıba döküm hızı ile orantılı miktarda sıvı çelik akışı sağlanır. Çelik iç yapı temizliğini iyileştirmek için tandiş içi dam, weir, baffle plate gibi akış kontrol refrakterleri ile donatılabilir. Aksi takdirde tandiş seviyesinin düşmesi veya akış düzeninin bozulması durumlarında slab yüzeyinde veya yüzey altında makroinklüzyon kusurları görülebilir. Tandıştan kalıba sıvı çelik akışı stoper veya sürgülü sistem sayesinde

kontrol edilir. Sürgülü sistem iki sabit plaka arasındaki hareketli plaka sayesinde akışı kontrol eden mekanizmadır. Hava ile teması kesmek için hareketli plakadan asal gaz üflenir. Fakat çelik temizliği açısından bakıldığında stoper sistemi sürgü plakası sistemine göre daha avantajlıdır. Çünkü sürgülü sistemde çeliğin oksitlenmesi daha kolaydır ayrıca tandište nozul çevresinde oluşan türbülansla kalıba curuf kaçma olasılığı daha fazladır. Tandiş yüzeyindeki sıvı çeliğin atmosferle temasını kesmek için tandiş örtü tozları kullanılır. Tandiş örtü tozlarının görevleri şunlardır: Birincisi; atmosferle sıvı çelik arasında izolasyon sağlayarak sıcaklık kaybını minimize eder. İkincisi; çeliğin havadan oksijen kaparak tekrar oksitlenmesini ve kalıntı oluşumunu engeller. Üçüncüsü; çelik yüzeyinde sıvı bir curuf tabakası oluşturarak tekrar oksitlenme kaynaklı kalıntıları çözer [20- 22].

Tandiş giriş nozulu; tandiştan kalıba belirli bir hızda ve düzenli olarak türbülans oluşturmada sıvı çelik beslemesi yapmaktadır. Tandiş giriş nozulu kalıbın aşağıya ve yukarıya yapmış olduğu sinüsoidal hareket sırasında kalıptaki sıvı çelik yüzeyinde herhangi bir oynama meydana getirmeden sıvı çeliğin tandiştan kalıba akışını sağlar. Ayrıca çeliğin akış sırasında atmosferle temasını keserek izolasyon görevi de yapar. Tandiştan kalıba düzenli akış sayesinde seviye oynamalarını engelleyerek çeliğin curuf kapmasını ve iç temizliğinin bozulmasını engeller. Tandiş giriş nozullarının kalıp içindeki derinliği de slab yüzeyinde çatlak oluşumu açısından ve kalıp yüzeyindeki seviye oynamasının önlenmesi açısından önemlidir. Tandiş giriş nozulu, sıvı çeliğin ve döküm tozunun aşındırıcı etkisini bertaraf etmesi için alümina grafit (%80-90 Al_2O_3 , %20-10 C) malzemeden yapılmıştır [20- 22].

Kalıp; ilk katılaşmanın sağlandığı ve sıvı çeliğin katı bir kabuk oluşturduğu yerdir. Eşit bir ısı çıkarımı sağlayarak katılaşan yüzeyin bozulma ve yırtılma olmadan ikincil soğutma bölgesine ulaşmasını sağlar. Katılaşan kabuk kalınlığı, kalıbı terk ettiği sırada döküm hızına ve kalıbın uzunluğuna bağlı olarak 10 ila 30 mm arasında olur. Ayrıca kalıbı sıvı çeliğin inklüzyonlardan kurtulma imkanının olduğu son yer olarak da tanımlanabilir. Kalıptaki ısı çıkarımı sürekli döküm prosesinin en önemli noktasıdır. Çünkü ısı çıkarımının kontrolü sayesinde slab yüzey kalitesinin bozulması ve slab yırtılma riski önlenir. Isı çıkarımı su soğutmalı bakır plakalar sayesinde olur [20- 22].



Şekil 6. 2: Sürekli slab döküm tesisi

Sürekli döküm kalıbı döküm esnasında osilasyon adı verilen dikey salınım hareketi yapar. Bu hareketin amacı kalıp ile katı kabuk arasındaki sürtünmeyi düşürmek ve yapışmayı önlemektir. Osilasyon hareketi üç temel parametre ile tanımlanır. Strok, frekans ve negatif bobin. Stroke; salınım hareketinin derinliğini, frekans ; birim zamandaki salınım sayısını, negatif bobin ise kalıbın aşağıya doğru hareketi ile katılan kabuğun aşağı hareketi arasındaki farkı ifade eder. Kalıp osilasyon hareketi slab yüzeyinde osilasyon çizgileri adı verilen izlere neden olur. Osilasyon çizgilerinin derin ve düzensiz olması başta enine yüzey çatlağı olmak üzere bazı kusurlara neden olur. Kalıbın osilasyon hareketi sırasında bakır plakalarla katılan kabuk arasındaki yağlamayı gerçekleştirmek için kalıba döküm tozu beslemesi yapılır. Döküm tozu tozlarının görevleri şunlardır: Birincisi; kalıp ile katı kabuk arasında yağlama yapmak. İkincisi; sıvı çeliğin hava ile temasını engelleyerek tekrar oksitlenmeyi önlemek. Üçüncüsü; kalıpta ısı transferini düzenlemek. Dördüncüsü; sıvı çelik yüzeyine yükselen inklüzyonları toplamak. Beşincisi; sıvı çelik yüzeyinde ısıl izolasyon yapmak. Döküm tozları genel olarak SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , Na_2O , CaF_2 ve ergime ve izolasyon özelliğini düzenlemek amacı ile %1,0-1,5 C içerir. Döküm tozlarında baziklik değeri ($\text{CaO} / \text{SiO}_2$ oranı) önemlidir. Yüksek baziklik viskoziteyi düşürürken döküm tozunun oluşturduğu sıvı curufun kalıntı ve oksit çözme

kapasitesini arttırır. Ayrıca yüksek baziklikte ısı transferi azalır ve slab yırtılması riski artar. Döküm tozu içindeki alkali ve floritler ise akıcılığı arttırarak hızlı ısı transferi sağlarlar [20- 22].

Soğutma bölgesi; kalıpta meydana gelen ilk katılaşma ve kabuk oluşumundan sonra ikincil soğutma bölgesi boyunca soğutma devam ettirilerek slabın tüm kesiti boyunca tamamen katılaşması sağlanır. İkincil soğutma sistemi makine özelliklerine, döküm hızına göre belirlenen soğutma bölgelerinden meydana gelir. Her bir bölgenin farklı hedef sıcaklığı vardır. Püskürtme suyu sıcaklığı bu parametrelere göre belirlenir [20- 22].

6. 2. Slab Kusurları ve Oluşum Mekanizmaları

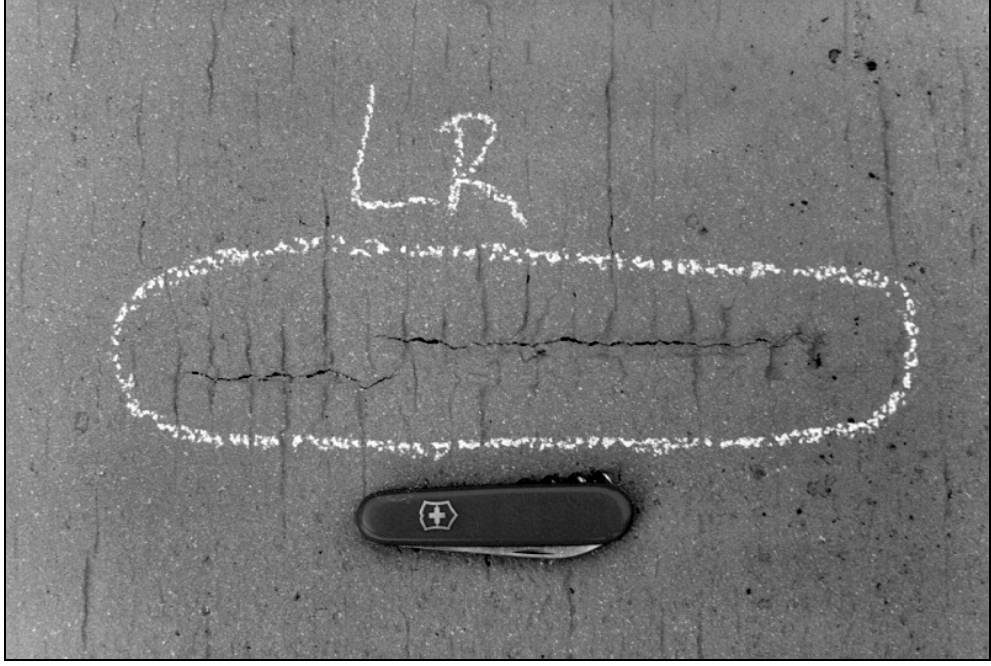
Sürekli döküm prosesi esnasında geçilen düşük süneklik bölgelerinde (1340°C üzeri ve $700-900^{\circ}\text{C}$) maruz kalınan mekanik ya da ısı kaynaklı çekme gerilimleri çelik kalitesine bağlı olarak belli bir değeri aştığında mamul yüzeyinde veya iç kesitinde çatlamalara yol açabilir. Belirli bir çatlağın meydana gelmesine neden olan çekme gerilimi her zaman çatlağa dik yöndedir. Yani boyuna yüzey çatlaklarını enine gerilmeler, enine yüzey çatlaklarını boyuna gerilmeler meydana getirir. Lokasyonuna göre slab kusurlarını ikiye ayırabiliriz: Yüzey kusurları ve iç yapı kusurları.

6. 2. 1. Yüzey kusurları

Yarı mamul yüzeyinde veya hemen yüzey altında oluşan boyuna çatlaklar, enine çatlaklar, yıldız çatlağı, köşe çatlağı, gaz boşluğu ve makro inklüzyon kusurlarıdır.

6. 2. 1. 1. Boyuna yüzey çatlağı

Boyuna yüzey çatlağının oluşumunu etkileyen parametreler şunlardır: Kalıp konikliğinin hatalı oluşu; kalıptaki soğutmada ve ikincil soğutmada düzensizlik; döküm sıcaklığının yüksek olması; yüksek döküm hızı; kalıp çıkışında yeterli bir destek olmaması (makine mekanik ayarlarının bozulması) Ayrıca; çelik kimyasına göre çatlak oluşum riski değişir. Peritektik kalitelerde kusur çıkma riski fazladır. Aynı zamanda kimyasal kompozisyonda artan kükürt boyuna çatlak oluşumunu arttırır [22]. Kusura ait örnek şekil 6. 3' de gösterilmiştir.



Şekil 6. 3: Slabta boyuna yüzey çatlağı kusuru [22]

6. 2. 1. 2. Enine yüzey çatlakları

Enine yüzey çatlakları slab geniş yüzeylerinde köşelere yakın yerlerde ve osilasyon izleri diplerinde meydana gelirler. Döküm yüzeyinde görülmezler. Skarf sonrası tespit edilirler. Derinliği 1-10 mm arasında değişebilir. Bu tip çatlaklar kalıp aşınması, düzensiz osilasyon ve uygunsuz kalıp yağlamanın meydana getirdiği kalıpla katı kabuk arasındaki yüksek sürtünme kuvvetinden meydana gelir. Ayrıca çelik kimyasal kompozisyonundaki Al, Nb, V, Ti, Ni gibi alaşım elementleri çatlak oluşum riskini artırır. Çelikteki Al ve N miktarının enine çatlak oluşumuyla direkt ilgisi vardır. İkincil soğutma bölgesinde slabın tekrar ısınma ve soğuması neticesinde östenit tane sınırlarında AlN çökmesi meydana gelir. Bu çökme 698-898⁰C arasında süneklik kayıplarına yol açar. Enine yüzey çatlağını yaratan boyuna çekme gerilimleri ikincil soğutma kaynaklı ısı gerilimleri veya doğrultma kaynaklı mekanik gerilimlerdir [22]. Kusura ait örnek şekil 6. 4' de gösterilmiştir.



Şekil 6. 4: Slabta boyuna enine çatlağı kusuru [22]

6. 2. 1. 3. Köşe çatlağı

Köşe çatlakları bir kalıbın ömrü boyunca kalıp boyutlarındaki değişimlerin yaratacağı düzensiz soğutma ile ilgilidir. Eğer kalıbın bir kenarı diğer kenara göre daha fazla aşınırsa kalıbın konikliği aşınan tarafta daha az diğer tarafta daha çok olur. Bu da konikleşmenin azaldığı tarafta köşe çatlağına yol açar. Ayrıca ikincil soğutma bölgesinde köşe bölgelerinin daha fazla soğutulması da köşe çatlağına neden olur [22]. Kusura ait örnek şekil 6. 5’ de gösterilmiştir.



Şekil 6. 5: Slabta köşe çatlağı kusuru [22]

6. 2. 1. 4. Yıldız çatlakları

Yıldız çatlakları geniş yüzeyde bazen de yüzeyin hemen altında yıldız biçiminde ve kümelenmiş halde bulunurlar. Derinlikleri 1,5-3mm kadardır. Bu tür çatlaklar yüksek miktarda Al, Nb ve V içeren çeliklerde, bakırla kaplanmış kalıptan (eğer çalışma yüzeyi kaplanmamış ise) sıyrılan bakırın çelik yüzeyinde tane sınırlarında birikerek sıcak kırılmalık oluşturması sonucu meydana gelir. Kalıp çalışma yüzeyinin Cr veya Ni ile kaplanması ile önlenabilir [22]. Kusura ait örnek şekil 6. 6' de gösterilmiştir.



Şekil 6. 6: Slabta yıldız çatlaklı kusuru [22]

6. 2. 1. 5. Gaz boşlukları

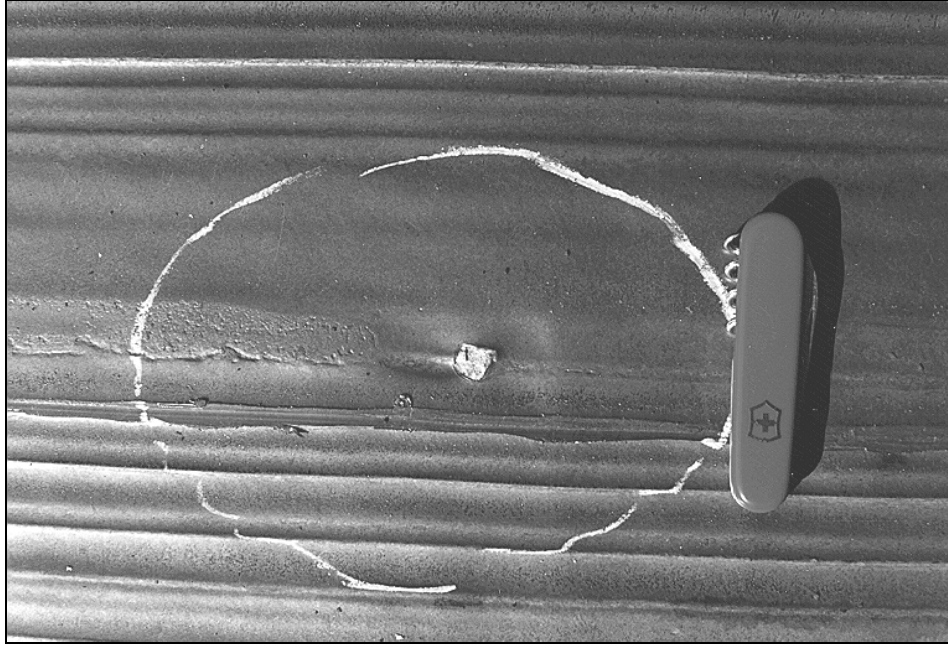
Gaz boşlukları sıvı çelik bünyesinde yetersiz deoksidasyon sonucu bulunan çözünmüş oksijen veya ortamdaki nemden sıvı çelik bünyesine geçen H_2 gazlarının kalıpta katılaşma sırasında yüzeyden kaçamayıp yüzeyde veya hemen yüzey altında hapsolmesi neticesinde oluşurlar. Yanlış döküm tozu kullanılması da gaz boşluğu oluşturabilir. Kabuk yüzeyine yapışan döküm tozu içerisindeki C parçacıklarının yanması sonucunda ortaya çıkan gazlar bu kusura neden olabilirler. Gaz boşluklarının önlenmesi için çeliğin tam olarak deokside edilmiş olmasından başka döküm esnasında sızdırmazlık ve izolasyon amaçlı kullanılan inert gaz debilerinin kontrol altında tutulması gerekmektedir [22]. Kusura ait örnek şekil 6. 7' de gösterilmiştir.



Şekil 6. 7: Slabta gaz boşluğu kusuru [22]

6. 2. 1. 6. Makro inklüzyon

Çelik içerisindeki oksit, sülfür ve nitrit karakterli inklüzyonların katılaşma esnasında yüzeyde veya yüzeyin hemen altında hapsolmesi neticesinde oluşurlar. Çelik kimyasal kompozisyonundaki oksijen veya döküm esnasında yetersiz izolasyon sonucu çelik bünyesine geçen oksijen Al, Si, Zr gibi elementlerle birleşerek istenmeyen oksitleri oluştururlar. Ayrıca çelik bünyesindeki fazla miktarda S, Mn ve Ca ile birleşerek sülfürleri ve azot ise Ti ve Al ile birleşerek nitritleri oluştururlar. Bu istenmeyen inklüzyonlar tandişte yüzdürülerek tandiş örtü tozlarının oluşturduğu curufa yapıştırılmak istenir fakat bir kısım inklüzyon kalıba kaçır. Döküm tozunun oluşturduğu sıvı curuf, inklüzyonların bir kısmını bünyesine alır bazı inklüzyonlar ise curuf bünyesine alınamadıkları için yüzeyde veya yüzeyin hemen altında makro inklüzyon kusuru olarak hapsolurlar. Ayrıca kalıptaki aşırı seviye oynamalarında yüzeydeki curufun ve döküm tozunun da çelik ile karışma riski vardır ve katılaşan kabukta hapsolabilirler. Bu kusurlarda slab yüzeyinde curuf yarası olarak görülür. Ayrıca kalıbın düz veya radyüslü oluşu da makro inklüzyonların kalıpta yüzdürülmesi açısından önemlidir. Düz kalıpta inklüzyonların yüzerek curufa yapışma olasılığı daha fazla olduğu için makro inklüzyon açısından daha avantajlıdır [22]. Kusura ait örnek şekil 6. 8’ de gösterilmiştir.



Şekil 6. 8: Slabta makro inklüzyon kusuru [22]

6. 2. 1. 7. Alın çatlakları

Alın çatlağının nedeni makine ayarları ile ilgilidir. Alın çatlağının oluşum mekanizması en son katılan yer olan slabın orta kısmında henüz sıvı halde olan çeliğin ferostatik basıncına döküm merdanelerinin tam karşı koyamaması neticesinde oluşur. Bu çatlağa ikincil soğutma bölgesindeki soğutma sularının yeterli olmadığı durumlarda veya döküm hızının arttığı durumlarda da karşılaşılır. Bu tür makine ayarlarından kaynaklanan alın çatlağı döküm boyunca aralıklı olarak devam eder. Alın çatlağının ikinci bir oluşum mekanizması daha vardır. Tandış değiştirme, nozul yıkama, seviye oynaması gibi ara verme durumlarında hızın sıfırlanmasından sonra ek yerinde oluşan sıcaklık farklılaşmalarının neticesinde ara vermenin önündeki veya arkasındaki slabta alın çatlağı çıkabilir. Bu çatlak lokal olup dökümün diğer slablarında görülmez ve derinliği 50cm'yi geçmez [22]. Kusura ait örnek şekil 6. 9' de gösterilmiştir.



Şekil 6. 9: Slabta alın çatlağı kusuru [22]

6. 2. 2. İç yapı kusurları

6. 2. 2. 1. Merkez çizgi segregasyonları

Döküm kesitinin merkez kısmında dar kenarlara dik olarak uzanan segregasyonlardır. En son katılaşmanın olduğu merkezde biriken kalıntıların ani soğumayla birlikte meydana getirdiği çizgi şeklinde kusurlardır [22].

6. 2. 2. 2 İç çatlaklar

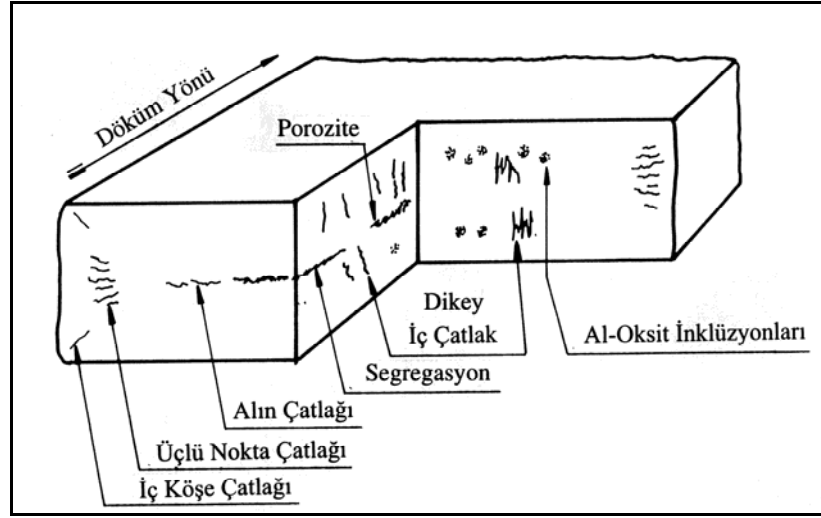
Dökümün kesiti boyunca segregasyon çizgisi ile geniş yüzey arasında geniş yüzeye dik oluşan çatlaklardır. Çelik bileşimindeki S ve P'un çatlak oluşumuna direk etkisi vardır. Oluşan MnS tane sınırlarına yerleşir ve ikincil soğutma bölgesinde aşırı soğumanın meydana geldiği durumlarda termal gerilimlerle ortaya çıkarlar [22].

6. 2. 2. 3 Üçlü nokta çatlakları

Slab kesitindeki üç katılaşma yüzeyinin birleşim yerinde dar yüzeye dik olarak oluşurlar. Kusur uzunluğu 1-12mm arasında değişir. Üçlü nokta çatlaklarına bozuk makine ayarlarından dolayı slabın geniş yüzeylerinin şişmesi neden olur. Geniş yüzeylerin ferostatik basınçla şişmesi, daha soğuk ve mukavemetli olan dar yüzeylerin konkav şeklinde bükülerek bu kusurun oluşmasına neden olur [22].

6. 2. 2. 4 İç yapı inklüzyonları

Kalıptaki ince taneli viskozitesi fazla olan Al-oksit inklüzyonları ufak dalgalanmalarda ve seviye oynamalarında slabın iç kısmında kalarak katılaşır ve iç yapı inklüzyonlarını oluştururlar [22]. İç yapı kusurlarına ait örnekler şekil 6. 10’ da gösterilmiştir.



Şekil 6. 10: Slabtaki iç yapı kusurları [22]

6. 3. Parametrenin Değişiminden Kaynaklanan Üretim Kusurları

6. 3. 1. Üretim hattına malzeme takılması

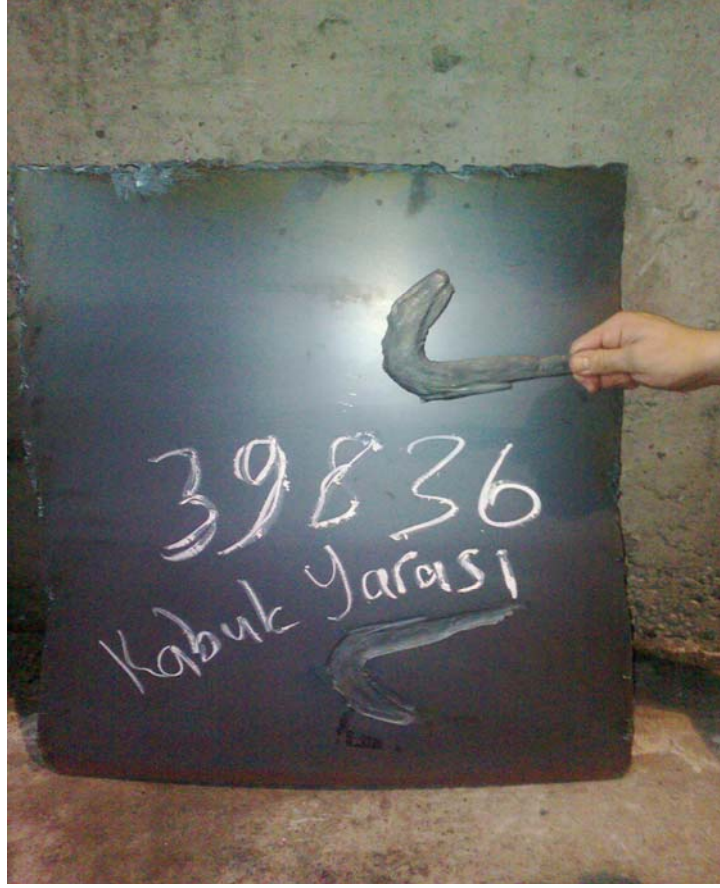
Kusurlu slabların sıcak sac haddehanesinde işlenmesi hem hadde operasyonu açısından zor olmakta ayrıca hatta malzemenin kalarak üretimin durmasına ayrıca hadde ekipmanlarına veya merdanelere zarar vererek işletme maliyetlerinin artmasına sebebiyet vermektedir. Hem istenilen nihai ürün kalitesini yakalamak hem de üretim maliyetini riske atmamak için kusurlu slablar sıcak sac haddehanesinde haddelenmez. Aşağıdaki görüntüde iki farklı kalitedeki dökümden oluşan bir adet slabın(bindirme slab) haddelenmesi esnasında oluşan kalite bozukluğu nedeniyle hattın tahliyesi gösterilmektedir. Şekil 6. 11’ de kusurlu bir slabın haddelenmesi esnasında oluşan şekli ve hattın tahliyesi görülmektedir.



Şekil 6. 11: Kusurlu slabın haddelenmesi ve ıskartaya ayrılması

6. 3. 2. Kabuklar

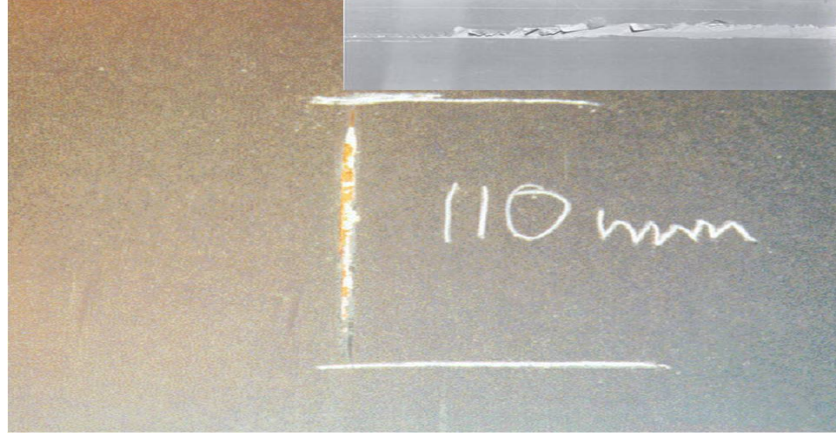
Kabuklar haddeleme esnasında transfer malzemesinin yüzeyindeki düzensiz malzeme dağılımı nedeniyle oluşurlar. Birçok şekilde ve boyutta olabilirler. Bu kusur haddelenmiş ürünün hem alt hem de üst yüzeyine yapışmış halde bulunabilir. Kusur, kontrol esnasında çıplak göz ile tespit edilebilir. Kontrol esnasında saptanamayan küçük boyutlu olan kabuklar, sıcak haddelenmiş ürünün soğuk olarak haddelenmesiyle birlikte yüzeyde daha belirgin olmasından tespit edilebilir. Kabuklar, haddelenecek slabın yüzeyinde yüksek seviyede metal olmayan malzemelerin bulunmasından dolayı oluşur. Döküm kaynaklı bir kusurdur. Aşağıdaki görüntüde metalürjik olarak düzensiz dağılıma sahip bir slabın haddelenmesi ve sonucunda yüzeyinden kabuk parçasının kopması görülmektedir. Kusura ait örnek şekil 6. 12’ de gösterilmiştir.



Şekil 6. 12: Malzemedeki kabuk kusuru

6. 3. 3. Dikişler

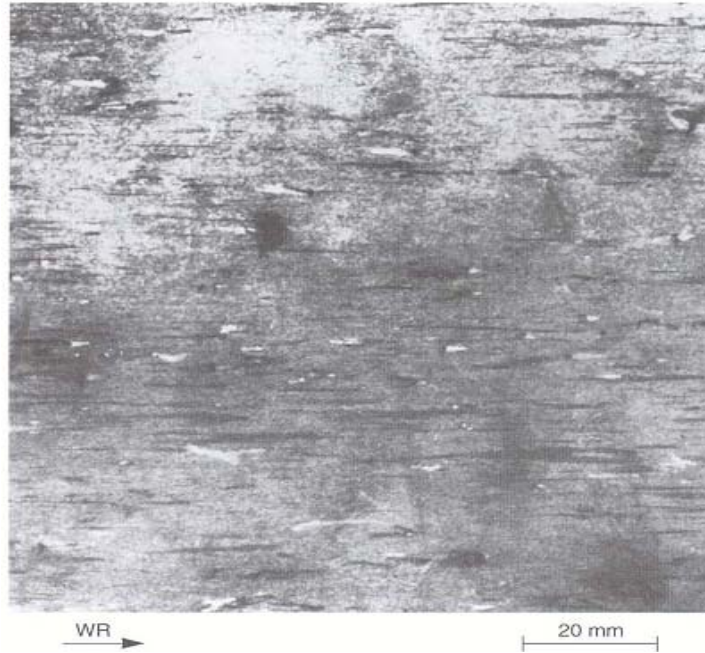
Kabuk gibi malzemelerin haddeme doğrultusu boyunca doğrusal ya da kavisli düzensizlikler şeklinde oluşması durumunda ortaya çıkar. Dikişler, malzemenin üst ve alt yüzeyi boyunca tüm genişlikte oluşabilir. Kontrol esnasında çıplak göz ile görülmesi mümkündür. Kusur, haddeme doğrultusunca malzemede çeşitli ölçülerde malzemenin dar ölçüsünde (eninde) bulunabilir. Bu kusur, yüzeyin hemen altında bulunan inklüzyon bandlarının deformasyon esnasında ağır bir şekilde uzaması, kırılması ve ardından haddelenmesi ile meydana gelir. Kusura ait örnek şekil 6. 13’ de gösterilmiştir.



Şekil 6. 13: Malzemedeki dikiş kusuru

6. 3. 4. Serpintili döküm izleri

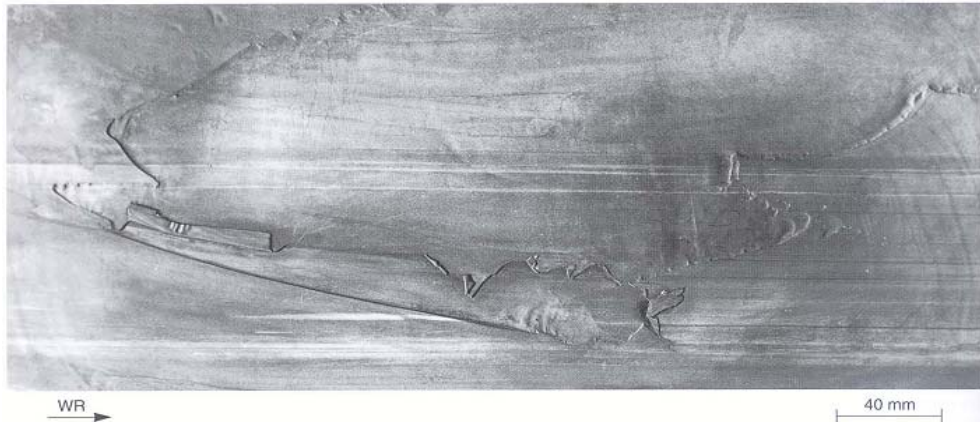
Serpinti halindeki döküm izleri, haddelenen mamulün yüzeyinde minyatür kıvrımlar halinde bir ok şeklini andırır. Bu kusur hem alt hem de üst yüzeyde oluşabilir ve genellikle kenarlara yakın bölgelerde bulunur. Kontrol esnasında bobinde çıplak göz ile hatanın tespiti sağlanabilir. Bobin üzerindeki göz ile görülemeyecek boyutta olan çeşitleri soğuk haddelemede asitleme hattı sonrası yüzeyde belirginleşebilir. Kusura ait örnek şekil 6. 14’ de gösterilmiştir.



Şekil 6. 14: Malzemedeki serpintili döküm izleri [23]

6. 3. 2. Döküm kırışıklıkları

Döküm kırışıklıkları, malzeme yüzeyi ile örtüşen ve çok çeşitli pozisyonlarda ortaya çıkabilen bir kusurdur. Kusur, doğrusal bir şekilde, dil şeklinde veya kabuk şeklinde olabilir. Kontrol esnasında çıplak göz ile tespit edilebilir. Muhtemel oluşum nedenleri olarak yüzey çatlakları içeren slabların haddelenmesi, slabın alt yüzeyinde bulunan döküm hattı kaynaklı oyuklar sayılabilir. Ayrıca döküm kırışıklıkları slabın kenarları boyunca homojen olmayan malzeme akışı nedeniyle de oluşabilir. Kusura ait örnek şekil 6. 15’ de gösterilmiştir.



Şekil 6. 15: Malzemedeki döküm kırışıklıkları kusuru [23]

6. 3. 6. Boyuna çatlaklar

Boyuna çatlaklar, malzemenin haddeleme doğrultusu boyunca, malzemenin boyunda ve derinliğinde süreksizliklerin oluşturduğu bir kusurdur. Boyuna çatlaklar, slablarda enlemesine olan gerilmelerin katılma esnasında lokal olarak kırılma mukavemetinin aşılması ile meydana gelir. Slabların üzerindeki zayıf çentikler veya kılcal çatlaklar haddeleme işlemi sonrasında mamul yüzeyinde belirgin bir şekilde kontrol esnasında çıplak göz ile tespit edilebilir. Kusura ait örnek şekil 6. 16’ da gösterilmiştir.



Şekil 6. 16: Malzemedeki boyuna çatlaklar [23]

6. 3. 7. Enine çatlaklar

Enine çatlaklar, malzemenin eni boyunca düzensiz olarak yüzeyde beliren çatlaklardır. Malzeme boyunca, yüzeyde ‘Z veya M’ şeklinde bir doğrultu boyunca dağınık halde bulunabilirler. Kontrol esnasında çıplak göz ile tespit edilebilir. Bu kusur slabda katılma sırasında çekme gerilmelerinin artması veya haddeme esnasında lokal olarak kırılma mukavemet değerinin aşılması ile meydana gelir. Kusura ait örnek şekil 6. 17’ de gösterilmiştir.

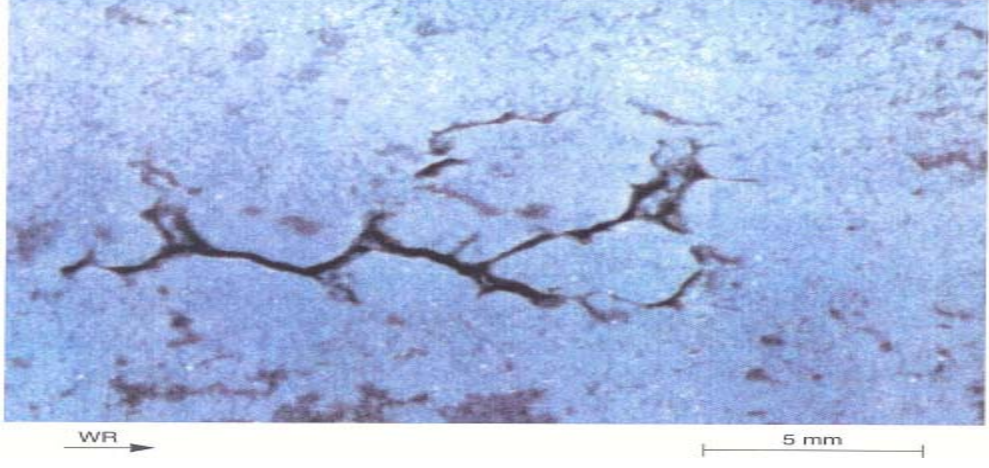


Şekil 6. 17: Malzemedeki enine çatlaklar

6. 3. 8. Yüzey çatlakları

Yüzey çatlakları, literatürde yıldız çatlağı, kılcal çatlaklar, örümcek çatlağı, su çatlağı gibi isimler ile de tanımlanırlar. Farklı şekillerdeki çatlama kusurları, malzeme üzerindeki süreksizliklerin sivri noktalarından ortaya çıkar ve süreksizliklerin bulunduğu uzamanın derecesine ve yanal yayılmaya göre bölgeler oval olarak etkilenir. Çatlama mikro çatlakların belirmesi ve haddeme kuvvetleri ile çatlakların çoğalması ile belirgin hale gelir. Çatlaklar deformasyon esnasındaki

düşük erime fazlarına bağlı olarak tane sınırlarının zayıfladığı esnalarda oluşurlar. Kusura ait örnek şekil 6. 18’ de gösterilmiştir.

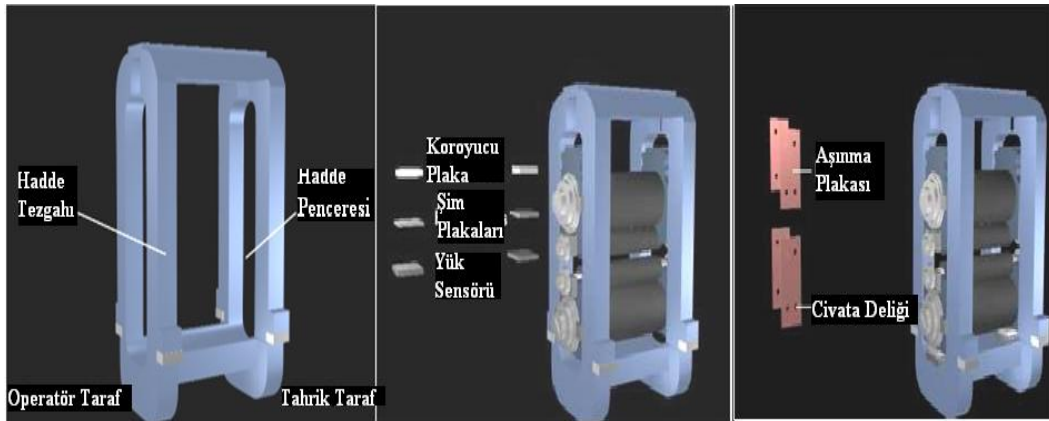


Şekil 6. 18: Malzemedeki yüzey çatlağı [23]

7. İŞLETME PARAMETRELERİNDEN HADDE TEZGAHI VE EKİPMANLARI

7. 1. Hadde tezgâhı

Haddeleme tezgâhı, operatör taraf ve tahrik taraf şaselerinin birleşiminden oluşur. Literatürde buna ‘roll stack’ adı verilir. Tezgâh malzemesi olarak dökme demir ve alaşımları tercih edilir. Hadde tezgâhının içersine iş merdaneleri yerleştirilir. İş merdaneleri nihai ürün olarak haddelenen malzeme ile bire bir temas halindeki merdanedir. İş merdaneleri tezgâhların alt ve üst kısmında birbirine paralel gelecek şekilde konumlandırılmıştır. Hadde tezgâhının içersindeki iş merdaneleri, alt ve üst kısımda ayrı olmak üzere destek merdaneleri ile desteklenmiştir. Haddeleme esnasında iş merdanelerinin yük altında bükülmesini azaltmak amacıyla daha büyük çaplı destek merdaneleri kullanılır. Hadde tezgâhı, aşağı kuvvetleri hadde şasesine yayacak şekilde dizayn edilmiştir. Ana montajda yükü her iki tarafa da dağıtan koruyucu plaka, merdanelerin iniş kalkışını ayarlayan şim plakaları ve operatör-tahrik taraflardaki tezgâhlara uygulanan yükü ölçen yük sensörleri parçalarından oluşur. Şekil 7. 1’ de hadde tezgahı görselleri verilmiştir.

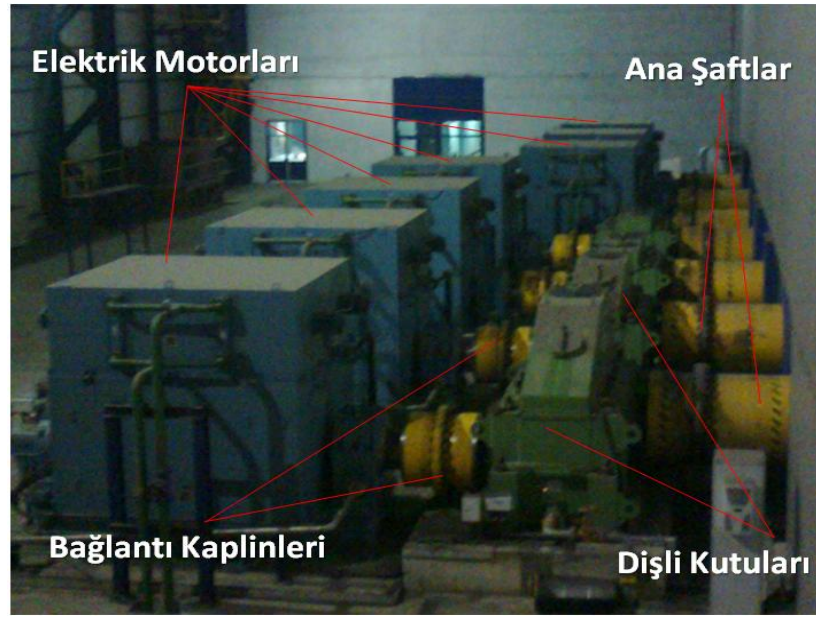


Şekil 7. 1: Hadde tezgâhı görünümü

Şim plakaları destek merdanesi değişiminden sonra destek merdanesi çapına göre üretim seviye çizgisini belli bir limit içinde tutabilmek amacıyla destek merdane yatağının altına yerleştirilir.

Haddeleme tezgâhı içersindeki hadde penceresi kenarları aşınmadan ve darbelerden korunmak amacıyla kenar aşınma plakaları ile korunur. Aşınma plakalarının yağlanan yüzeyleri hadde merdanelerinin dikey hareketlerinden dolayı oluşan sürtünmeyi azaltarak kolay hareket etmelerini sağlar. Ayrıca bu plakalar aşındıklarında değiştirilebilir.

Hadde tezgâhı içersindeki iş merdanesi yatakları, şaftlar ve bağlantı kaplinleri vasıtasıyla dişli kutusuna bağlanır. Dişli kutusu da yine bir şaft vasıtasıyla tahrik motoruna bağlıdır. Bu suretle iş merdanesi, tahrik motoru tarafından dönme hareketini yapar ve haddeleme işlemini gerçekleştirmiş olur. Destek merdaneleri tahriksiz olup iş merdaneleri tarafından döndürülür. Şekil 7. 2' de iş merdanelerinin tahrik edilmesi görülmektedir.

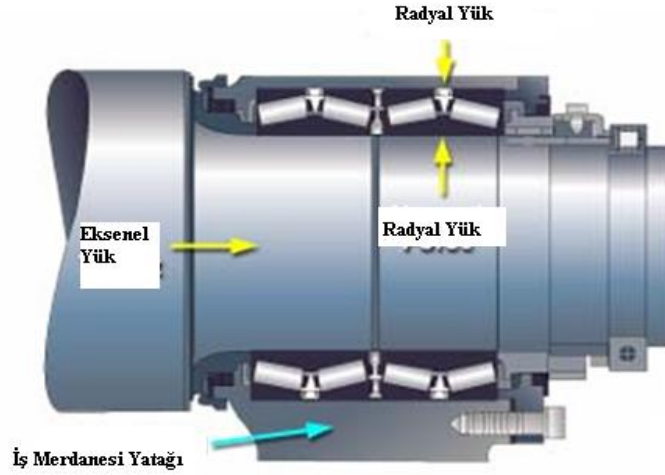


Şekil 7. 2: İş merdanelerinin tahrik edilmesi

7. 2. Merdane Yatakları

Haddeleme işlemi sırasında iş merdaneleri hadde tezgâhına yataklar ile desteklenir. Bu yataklar hem merdanenin yaptığı dönme hareketinde merdaneyi eksenler hem de tezgâh içersinde değişen malzeme kalınlıklarına göre hidrolik silindirler vasıtasıyla dikey doğrultuda hareket etmelerini sağlar. İş merdanesi yatakları rulmanlı yataklardan oluşur. Radyal yükleri taşımak amacıyla, kaba hadde ve şerit hadde merdane yataklarında; operatör ve tahrik tarafta dört sıralı konik rulmanlar bulunur.

Eksenel yükleri taşımak amacıyla şerit hadde iş merdane yataklarında iki sıralı eksenel rulmanlar bulunur. İş merdaneleri iki tarafından da yataklanır. Merdane bünyesindeki muylu vasıtasıyla şaft ile birleşir. İş merdaneleri hadde yüklerini taşımaz. Merdane yatakları ile ilgili görsel bilgiler şekil 7. 3, şekil 7. 4 ve şekil 7. 5’de verilmiştir.



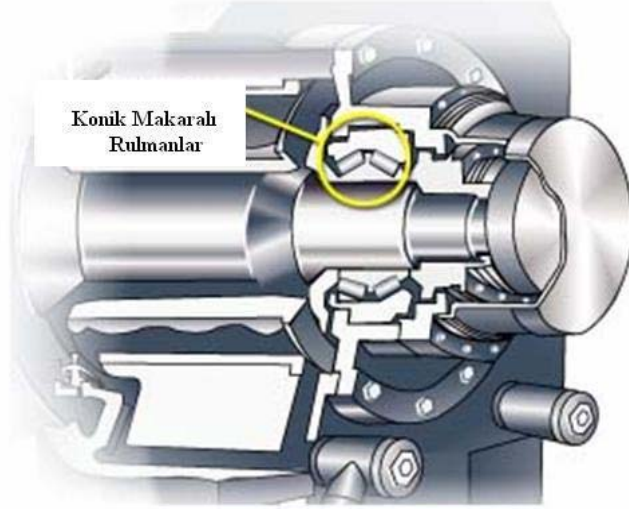
Şekil 7. 3: İş merdanesi yatağı görünümü

Haddeleme yükleri destek merdaneleri yatakları tarafından tezgâha taşınır. Bu yataklar rulmanlı veya yağlamalı olabilir. İşletme ve bakım kolaylığı, çalışma performansı ve maliyet açısından avantajlı olması açısından yağlamalı yataklar yoğun olarak tercih edilir. Merdane yatağının arka tarafında eksenel yükleri taşımak ve durma esnasında destek sağlamak amacıyla konik rulmanlar bulunur.



Şekil 7. 4: Dağıtılmış bir iş merdanesi yatak parçaları

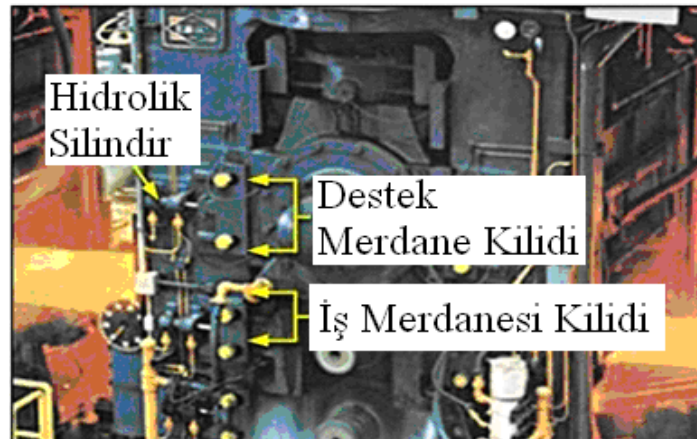
Yağlamalı yataklarda kullanılan yatak yağlarında, bünyesinde suyu tutmayan ve su ile çabuk ayrılan yağlar tercih edilir. Destek ve iş merdanesi yüzeylerinde aşınmayı önlemek için aşınma plakaları kullanılır. Yataklardaki bu plakalar, hadde tezgâhı içersindeki aşınma plakaları ile öpüşür.



Şekil 7. 5: Destek merdanesi yatağı görünümü

7. 3. Merdane Kilitleri

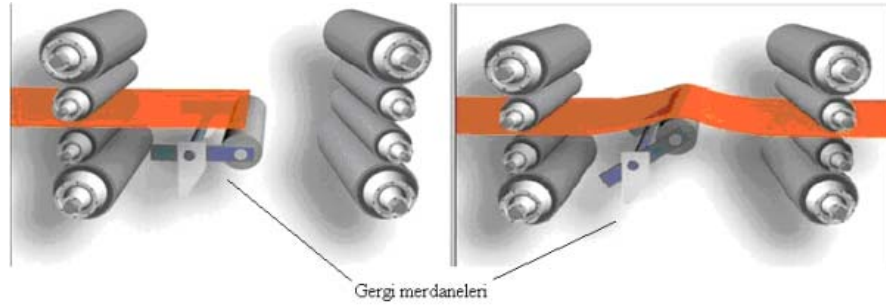
İş merdanelerini ve destek merdanelerini hadde tezgâhı içersinde kalmasını sağlamak ve haddeleme esnasında oluşan yükler ile pozisyonunu kaybetmemesi amacıyla operatör tarafta şekil 7. 6' da görüldüğü gibi hadde merdane kilitleri bulunur. Bu kilitler hidrolik silindir kontrollüdür. Manüel olarak veya hadde değişimi sırasında açılıp kapatılır.



Şekil 7. 6: Şerit hadde ve kaba hadde merdane kilitleri

7. 4. Gergi Merdaneleri

Gergi merdaneleri tezgâhlar arasındaki gergiyi ayarlar ve sabit malzeme akışını sağlayarak tezgâhlar arasında malzeme birikme oluşumunu engeller. Şekil 7. 7’ de bu görülmektedir. Tezgâhlar arasındaki gergi 20 N/mm^2 değerinin altında tutularak malzemenin boyun vermesi ve incelmesi engellenir. Tezgâhlar arasında potluk oluşumu malzemenin katlanmasına ve hat gecikmelerine neden olur. Gergi merdanesi pivot masa ve tahriksiz su soğutmalı merdanelerden oluşur. Pozisyon sensörleri gergi merdanelerinin yüksekliğini veya açısını ölçerek ana motor hız regülâtörlerine yollar. Böylece hat hızı belirlenir. Gerginin ölçülmesi amacıyla gergi merdanelerinde yük sensörü ve hızölçerde bulunabilir. Bu ekipmanlardan ve pozisyon sensörlerinden gönderilen sinyaller gergi merdanesi kontrol regülâtörleri tarafından değerlendirilir. Tezgâhlar arasındaki şeridin uzunluğu gergi merdanesi açısına göre hesaplanır. Gergi merdanesi açısının değeri önceki tezgâha hızının ayarlanması için gönderilir. Bu haddeleme esnasında malzeme akışının başka bir deyişle debinin sabit olmasını sağlar. Yüksek hız, tezgâhlar arasındaki şeridin uzunluğunun artmasına neden olur. Gergi merdane açısı artarsa tezgâh motor hızı düşer.



Şekil 7. 7: Gergi merdanesi fonksiyonu ve görünümü

Gergi merdane açısı azalırsa tezgâh motor hızı artar. Şerit hadde tezgâhları arasında toplam 6 adet gergi merdanesi bulunmaktadır. Gergi merdanesi pozisyonu hidrolik silindirler vasıtasıyla ayarlanır. Gergi merdaneleri hem pozisyon hem de kuvvet kontrollüdür. Tezgâhın girişinde ve çıkışında uygulanan gergi, malzemenin yayılması yönündeki kuvvetleri minimize ederek şerit hadde çıkış genişliğini kontrol eder. Tezgâhın girişinde ve çıkışında uygulanan gergi, malzemenin yayılması yönündeki kuvvetleri minimize ederek şerit hadde çıkış genişliğini kontrol eder. Gergi merdanesi pozisyonundaki değişiklik, debi akışındaki bozulmayı gösterir.

7. 5. Yan Yolluklar

Yan yolluklar, hadde tezgâhları, kırpıntı makası, bobin kutusu ve bobin sarmanın giriş kısımlarında bulunur. Yan yolluklar malzeme başının ve malzemenin hat merkezinde kalmasını sağlar. Şerit profili ve kalınlık kontrolü şeridin hat merkezinden gitmesiyle kontrol altında tutulabilir. Şayet şerit merkezden kaçarsa dengesiz haddelme ve hat hurdası meydana gelir. Yan yolluk hat merkezine simetrik olarak kısa ölçü aralığı verilerek ayarlanır. Şerit başı geniş veya şerit başı düzensiz olduğundan dolayı verilen aralık veya kısa hareket, baş kısım geçtikten sonra kapatılır. Kısa hareket miktarı operatör tarafından belirlenir. Yan yolluklar manual veya otomatik olarak pozisyonlandırılır. Gerekli pozisyon, tahrik yönünü ve hızını belirleyen pozisyon regülâtörleri tarafından gerçekleştirilir. Kaba haddede giriş ve çıkışında yan yolluk bulunur. Çıkıştaki yan yolluklar malzeme genişleyeceğinden dolayı devamlı olarak transfer malzemesi genişliğinden daha fazla açıklıktadır. Kırpıntı makas yan yollukları motor aracılığıyla pozisyon kontrollü olarak çalışır. Aynı şekilde bobin kutusu yan yolluğu makas yan yolluğuna benzerdir. Ek olarak bobin kutusunda sabitleyici plakalar vardır. Şerit haddede her tezgâh girişinde yan yolluk vardır. Bu yan yolluklar malzemenin merdaneye ulaşmasını ve merkezde gitmesini sağlar. Kısa hareket özelliği kullanılabilir. Fakat şerit başı geçtikten sonra kısa hareket özelliği kapanır. Daha sonra sıcak haddelenmiş şerit genişliğine göre kısa ölçü ilavesi de yapılarak ayarlanır. Merdane değişiminden önce yan yolluklar, silindirler vasıtasıyla merdanelerden uzaklaştırılır. Bobin sarma yan yollukları şeride zarar vermemek amacıyla kuvvet veya pozisyon ayarlı olarak çalışır. Şekil 7. 8' de bobin sarma yan yollukları görülmektedir.



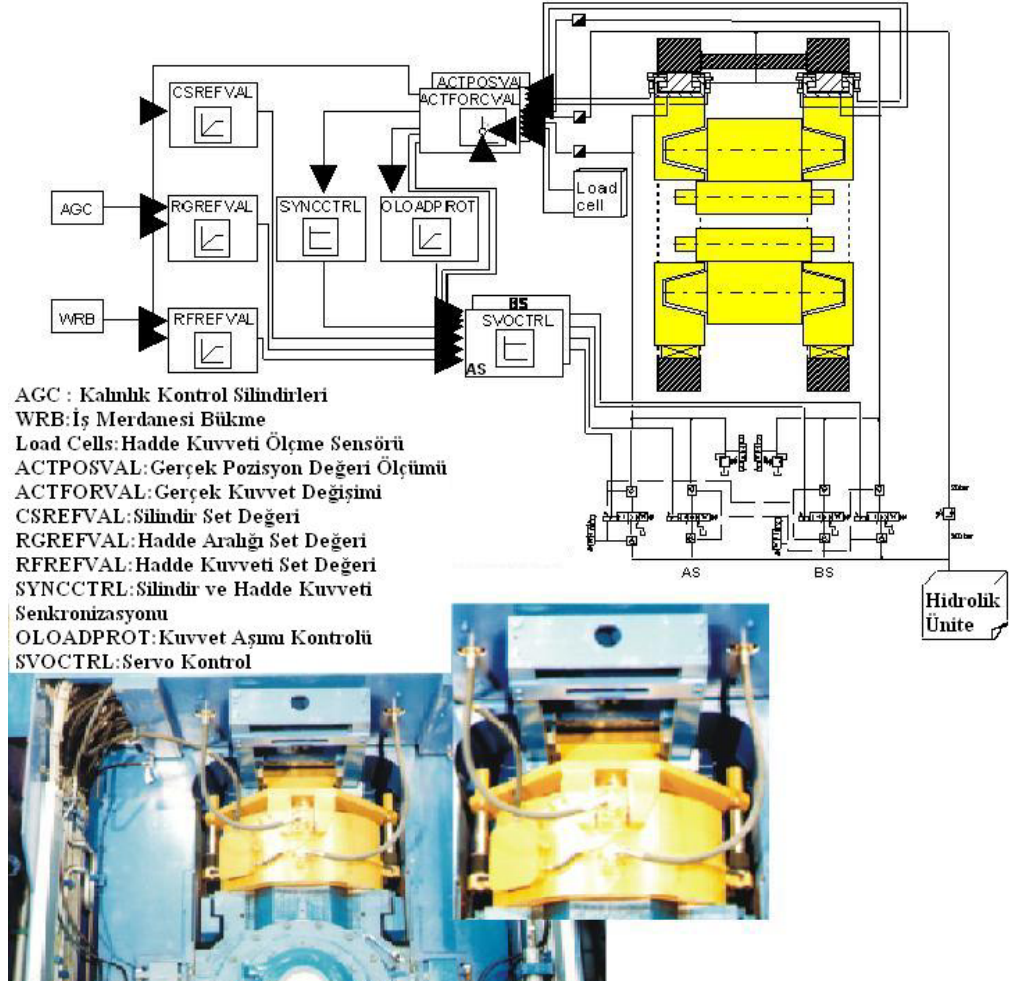
Şekil 7. 8: Bobin sarma yan yollukları

7. 6. Kalınlık Kontrol Silindirleri ve Sistemi

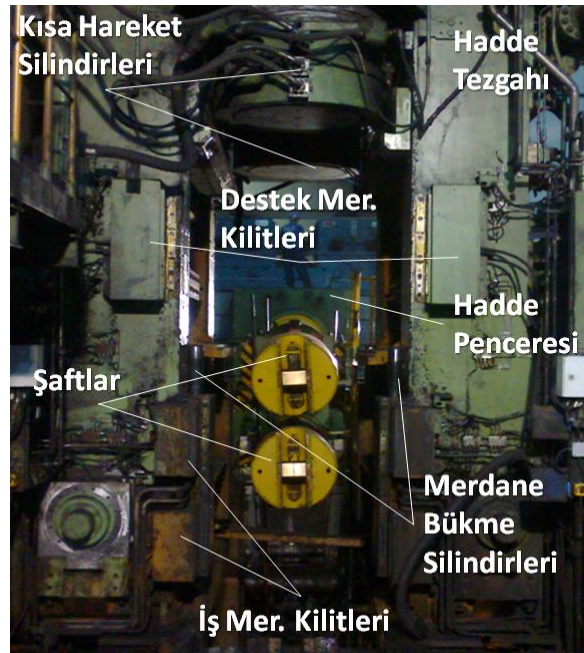
Kalınlık kontrol silindirleri kaba haddede biri operatör taraf diğeri ise tahrik tarafta olmak üzere iki adet, şerit haddede ise biri operatör tarafta diğeri ise tahrik tarafta olmak üzere her hadde tezgâhında ikişer adet bulunur. Adın da anlaşılacağı gibi kısa hareket silindirleri haddelenen malzemenin üretim eksenini boyunca ekseninde yol almasını ayrıca malzemede oluşabilecek kalınlık farklarını ve kenar dalgalanmalarını yoketmek amacı ile kısa hareketler yardımıyla destek merdanesini tahrik eder. Bu suretle malzemenin hadde tezgâhına giriş ve çıkışlarında malzeme kalınlığı ve doğrultusu korunmuş olur. Üretim esnasında şerit hadde operatörleri bu silindirleri kumanda ederek malzemenin hattan toleranslar dâhilinde çıkmasını sağlarlar. Silindirler pozisyon kontrollü olup, her bir silindir için iki adet pozisyon transducer kullanılır. Bu silindirler hassas servo valfler ile kumanda edilir.

Sıcak sac haddeleme işleminde kalınlık kontrolü son haddeleme hidrolik silindirler vasıtasıyla yapılır. Bu silindirler; iş merdanelerini, o tezgahdan çıkacak kalınlığa göre tetikler ve alt-üst iş merdanesi arasındaki boşluğu ayarlarlar. Silindir, bölümleri ve çalışma sistemi şekil 7. 9 ve 7. 10' da gösterilmiştir. Ayrıca şekil 7. 11' de hadde tezgahı ile birlikte ekipmanları gösterilmiştir.

Silindirlerin her birinde servo çevrimler hidrolik ekipmanlar ile sağlanmıştır. İki servo valf paralel olarak silindirlerin piston taraflarına bağlanmıştır. Bu sistemin küçük hareketlere hızlı tepki göstermesini sağlar. Ayrıca hidrolik yağ besleme hattına ek olarak bir de akümülatörler monte edilmiştir ki bu da sisteme giren basınçlı yağ miktarını devamlı sabit tutar ve herhangi bir enerji kesintisi durumunda akü hacmi kadar hareket olanağı tanır. Servo valfler pilot kontrollü check valfler ile kumanda edilir. Sistemdeki hidrolik basıncı yaklaşık olarak 290 bardır [25].



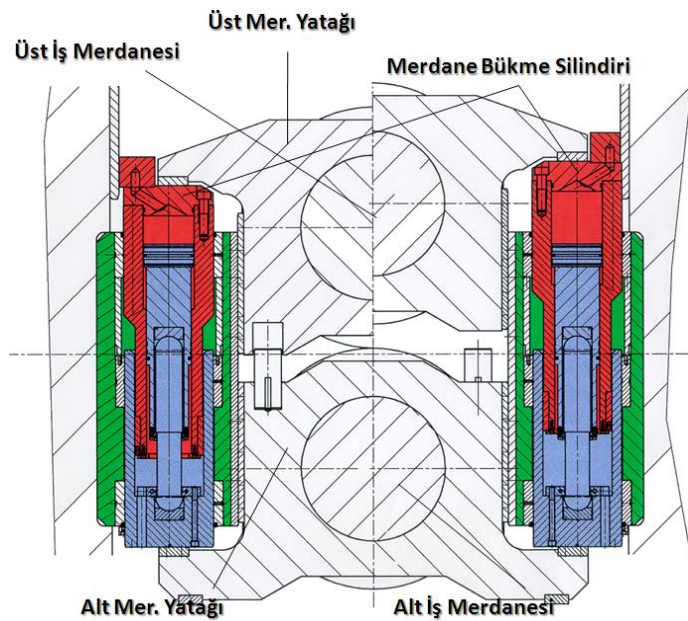
Şekil 7. 10: Kalınlık kontrol sistemi hidrolik ekipmanları ve devresi [25]



Şekil 7. 11: Hadde tezgahı ve ekipmanları

7. 7. Mordane Bükme Silindirleri ve Sistemi

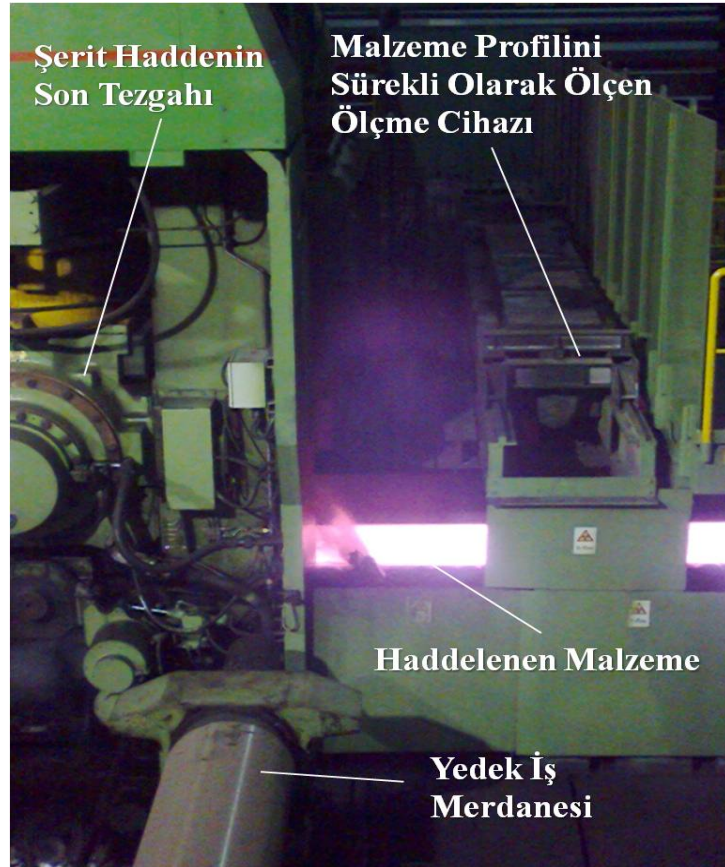
İş mordanesi bükme silindiri sadece üst iş mordanesini tahrik eder. Bu ekipman operatör tarafından lokal panellerden ve ana kumanda odasından kontrol edilir. Bu ekipman hidrolik kontrollü dört adet silindirden oluşur. Mordane bükme sisteminin fonksiyonlarından biri üst iş mordanesinin kendi ağırlığından kaynaklı yükü kompanze ederek, iş mordaneleri arasında malzeme işlenmezken üst destek mordanesi ile temas ederek sürtünme kaynaklı kilitlenmeyi sağlar ve iş mordanesi ile destek mordanesinin birlikte dönmesine yardımcı olur. Şekil 7. 12' de sistemin çalışması görülmektedir. Ayrıca mordane değişim sırasında üst iş mordanesini yukarı kaldırır ve alt iş mordanesinin pimlerine oturtturarak mordanelerin birlikte çıkmasını sağlar. Bu sistemin en büyük özelliği şu şekilde tarif edilir: Mordaneler haddeleme yükü dolayısıyla elastik olarak şekil değiştirir. Oluşan şekil değiştirme miktarı malzemedeki bombe miktarını ve kenar kalınlığını yani malzeme profilini belirler. Bükülen hadde, silindirler vasıtasıyla yataklarından kaldırılarak, oluşan bombe miktarı kontrol edilir. Şerit haddede tüm tezgahlarda mordane bükme sistemi bulunmaktadır. Aşırı bükme malzeme profilinde bozulmaya neden olur. Bükme silindirleri yataklardan mordaneyi yukarı doğru aşırı zorlarsa malzeme göbek dalgası yapar. Eğer silindirler mordaneyi aşağı yönde zorlarsa malzeme çift kenar dalgası yapar. Kalınlık kontrol silindirleri ile birlikte malzeme profilindeki bozukluklar operasyon hatası olarak çoğunlukla bu ekipmanlardan kaynaklanır.



Şekil 7. 12: Mordane bükme silindirleri çalışma prensibi [25]

7. 8. Malzeme Profilini Sürekli Olarak Ölçen Ölçme Cihazı

Üretim hatlarında sıcak haddeleme esnasında, haddeleme safhasını kontrol etmek ve malzeme kalınlığını sürekli bir şekilde ölçmek amacı ile kullanılan ölçme cihazları önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü; bu cihazlar hadde makinalarından daha iyi bir şekilde faydalanmanın, ıskartaları azaltmanın ve kalınlık ölçüleri aynı olan bir mamul elde etmenin başlıca koşullarıdır. Cihaz bobin sarma ile şerit hadde çıkışında duşlu masalardan önce monte edilir. Sevk merdaneleri bandı uygun bir şekilde ölçme aralığına kılavuzlamakta ve bandı gerekli konumda tutmakla görevlidir. Band, ölçme cihazından yatay bir konumda geçmemeli; bununla birlikte bandla düşey durumdaki röntgen ışın demeti arasında meydana gelen eğim açısı da sabit tutulmalıdır. Bu cihaz yardımıyla nihai ürünlerdeki kenarlar arasındaki kalınlık farkı ve ürün profilindeki kenar ile göbek arasındaki fark belirlenmektedir. İki kenar arasındaki fark 0 - 40µm ve göbek ile kenar arasındaki kalınlık farkı ise 50 µm olabilir. Şekil 7. 13' de malzeme profilini sürekli olarak ölçen ölçme cihazı görülmektedir.

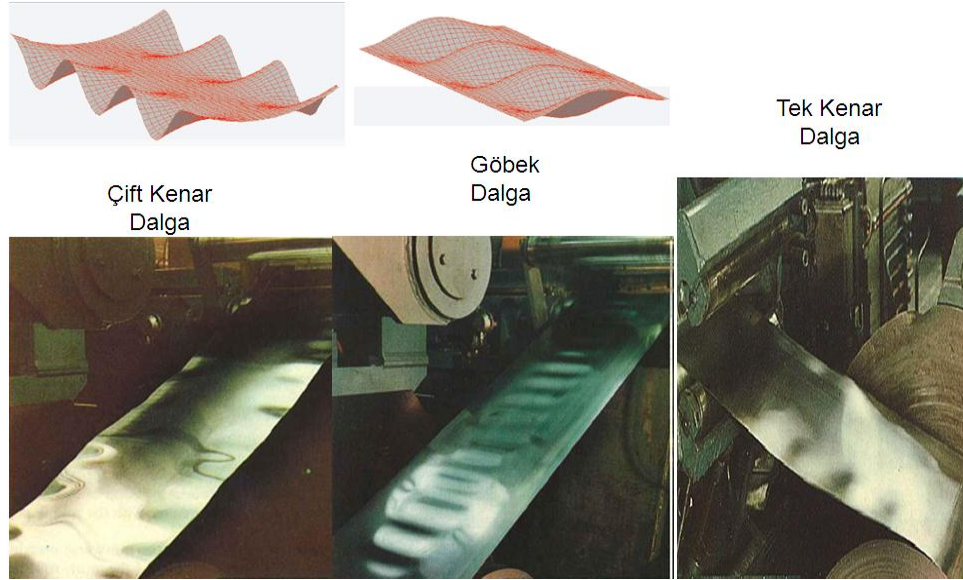


Şekil 7. 13: Malzeme profilini sürekli olarak ölçen ölçme cihazı

7. 9. Parametrenin Değişiminden Kaynaklanan Üretim Kusurları

7. 9. 1. Malzeme üzerindeki dalga kusuru

Şerit haddede özellikle malzemenin başı ve kuyruk kısmında kalınlık kontrol silindirlerinin ve merdane bükme silindirlerinin ayarlarının malzemeye göre değişmesi nedeniyle oluşur. Çift kenar ve göbek dalgaları merdane bükme silindirleri kaynaklı, tek kenar dalgaları ise kalınlık kontrol silindirleri kaynaklı olmaktadır. Operasyon esnasında görsel olarak operatör malzemedeki dalgayı görür ve manuel olarak bu sistemlere müdahale eder. Müdahalenin yetersiz olduğu kısımlardan dalgalar büyür ve malzeme üretim hattına takılır. Kusura ait görseller şekil 7. 14 ve 7. 15’ de verilmiştir.



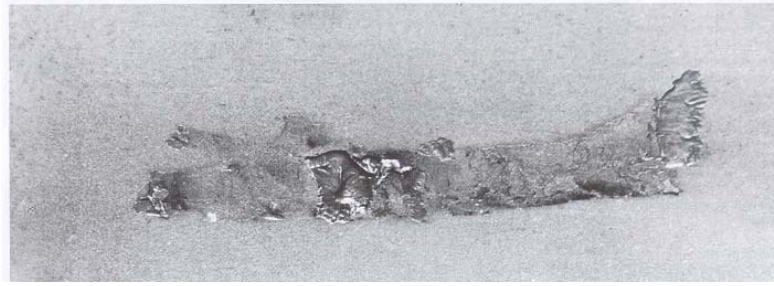
Şekil 7. 14: Malzemedeki kenar ve göbek dalgaları [24]



Şekil 7. 15: Kenar dalgalı bir bobin görünümü

7. 9. 2. Talaş kusuru

Talaş kusuru, haddeme esnasında dışarıdan gelen yabancı bir malzemenin, ürün ile birlikte haddelenerek oluşturduğu kusurdur. Bu kusur birçok metal ya da metal olmayan malzemenin ürün ile birlikte haddelenmesiyle oluşabilir. Kusurun şekli ve boyutu yabancı malzemenin şekli ve boyutu ile orantılıdır. Malzeme yüzeyinde görülen girintili, çukur şeklinde farklı şekillerde görülür. Kontrol esnasında çıplak göz ile tespit edilebilir. Kusura ait görsel bilgi 7. 16’ da gösterilmiştir.



Şekil 7. 16: Malzemedeki talaş kusuru [23]

7. 9. 3. Teleskopiklik ve bozuk sargı

Bobin sargılarında içe-dışa doğru girinti ve çıkıntı şeklinde görülen şekil bozukluklarına teleskopiklik denir. Bobinin dış sargılarında ve iç sargılarında görülebilir. Bozuk sargı ise bobin sargılarında görülen, düzensiz ve gevşek sargılardır. Bu iki kusurun da temel sebebi bobin sarma ünitesindeki başarısız operasyonlardır. Bobin sarma yan yollukların malzemeye yeteri kadar kuvvet uygulayamaması, sıkma merdanelerinin senkronize sorunu, mandralın şişme ve çökme sırasındaki bozukluklar ve son hadde ile bobin sarma arasında malzeme sarımı sırasında oluşan gerginin düzensizlikleri neticesinde oluşurlar. Kusura ait görsel bilgi 7. 17’ da gösterilmiştir.



Şekil 7. 17: Bobinde teleskopiklik ve bozuk sargı

7. 9. 4. Hadde yarası

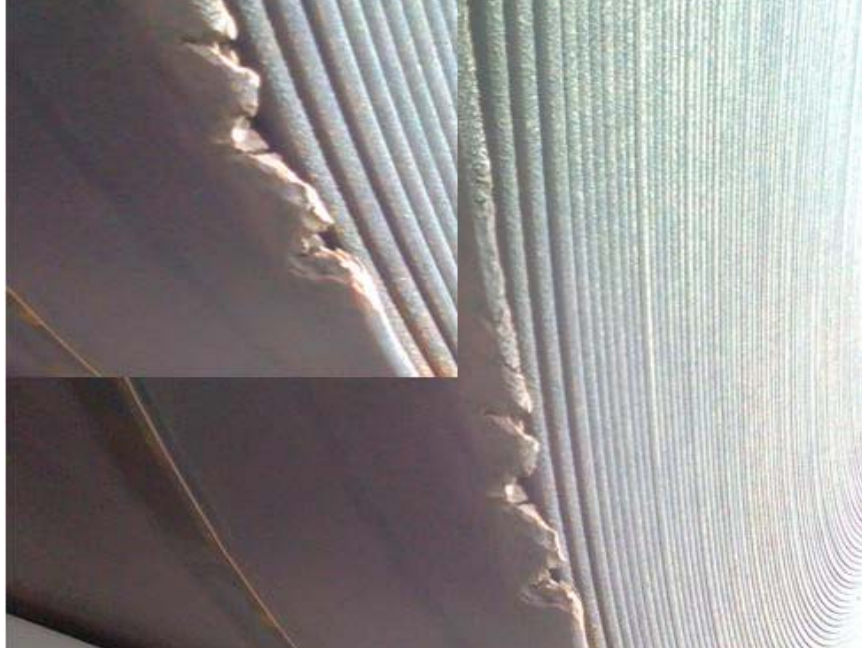
Malzeme yüzeyinde görülen çıkıntılı, bombeli ve kabarmış; farklı şekillerde görülen kusurlardır. Üretim esnasında sıkça karşılaşılan ve pratikte kuyruk kaydırma diye isimlendirilen haddeleme operasyon hatası neticesinde oluşur. Malzeme kaba haddeye girdiği ilk anda, slabın başındaki sıcaklık farklılıklarından dolayı kafa bir yöne daha çok kayar. Bobin kutusunda malzeme sarılırken kafa ile kuyruk yer değiştirdiğinden ötürü dönük kuyruk son haddeye gerginin en zayıf olduğu sırada girer. Malzeme, son haddede son tezgâhtan çıkarken haddenin altında kayar ve parçalanır. Bu parçalar haddeye iz yapar ve bir dahaki malzemede batıklık ve çıkıklık şeklinde ortaya çıkar. Kontrol esnasında çıplak göz ile tespit edilebilir. Kusura ait görsel bilgi 7. 18’ da gösterilmiştir.



Şekil 7. 18: Malzeme üzerindeki hadde yarası

7. 9. 5. Kenar çatlağı

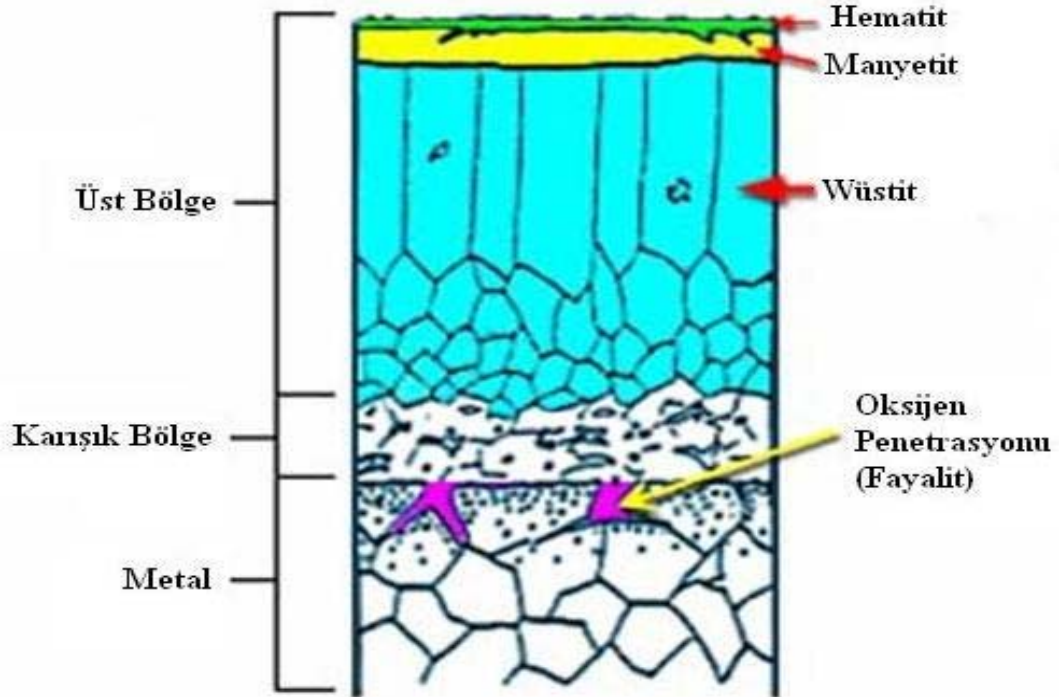
Kenar çatlakları, kenar çatlağı, malzeme süreksizliklerinin dik doğrultuda yüzey boyunca genişlemesi ve tüm kenar boyunca çatlaması ile oluşur. Haddeleme esnasında, kenar bölgelerde haddeleme kuvveti aşılsa veya yan yollukların şeridi çok sıkması nedeni ile meydana gelir. Çatlayan yerler zayıf oldukları için çoğu zaman koparlar. Kusura ait görsel bilgi 7. 19’ da gösterilmiştir.



Şekil 7. 19: Bobindeki kenar çatlakları ve kopmaları

8. İŞLETME PARAMETRELERİNDEN TUFAL VE TUFAL KIRMA ÜNİTELERİ

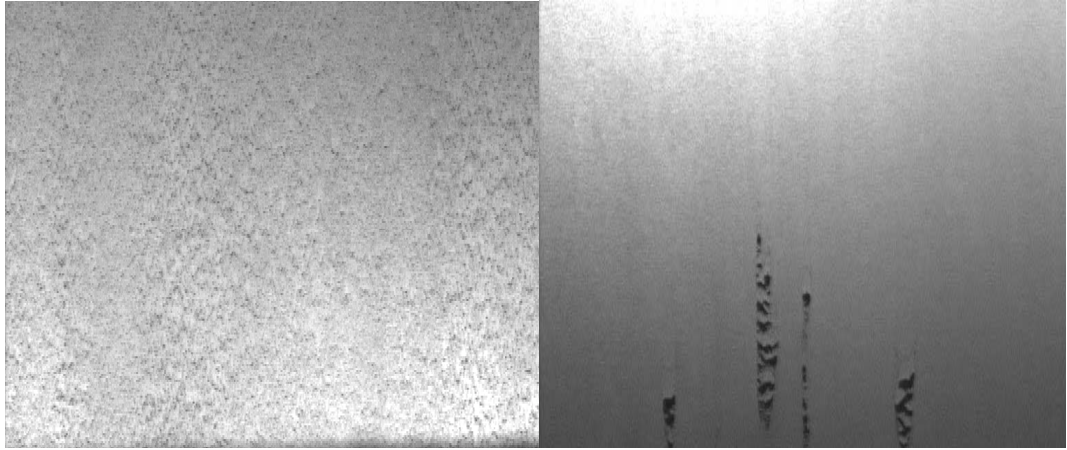
Tufal kısaca çelik malzemenin üzerindeki oksitlenmeden ötürü oluşan demir oksit tabakasıdır. Tufal, malzeme yüzeyinde, slab fırınlarında ısıtma sırasında ve haddeleme sırasında oluşur. Oluşan tufal haddeleme işleminden önce veya haddeleme işlemi sırasında yüzeyden uzaklaştırılmalıdır. Aksi halde üretilen son malzemede tufal kusuruna bağlı olarak istenmeyen durumlar ortaya çıkabilir. Bu durumlara haddeleme maliyetinin önemli bir kısmını oluşturan hadde iş merdanelerinin aşınması örnek olarak verilebilir. Sıcak sac haddelemede malzeme yüzeyinde oluşan tufal kimyasal bir oksidasyon reaksiyonudur ve şekil 8. 1' de gösterilmiştir. Tufalın oluşumunun en büyük kısmı slab tav fırınından ötürü meydana gelir. Tufal oluşumu artan sıcaklıkla birlikte hızlı olarak arttığından ötürü, aynı zamanda da slab fırınında yakma için kullanılan yakıtın aktivatörü olan hava ile fırın içersinde birebir temas etmesinden kaynaklı oluşan tufala birincil tufal tabakası adı verilir.



Şekil 8. 1: Birincil tufal tabakaları [24]

Üst bölge üç farklı demir oksit tabakasından oluşur. Bunlar hematit, manyetit ve wüstittir. Wüstit (FeO) metale en yakın tabakadır. $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ nin üzerindeki sıcaklıklarda tufal tabakasının %95' i wüstitten oluşur. $570\text{ }^{\circ}\text{C}$ nin altındaki sıcaklıklarda wüstit kararlı değildir. Wüstitin ergime sıcaklığı $1370\text{ — }1425\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasındadır. Ergiyen wüstit çeliğin tane sınırlarına sızarak haddeleme sonrası yüzey kalitesi bozukluklarına neden olur. Manyetit (Fe_3O_4), oluşan tufal tabakasının ortadaki fazıdır. $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ nin üzerindeki sıcaklıklarda tufal tabakasının %4 ünü oluşturur. $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ nin altında tufal tabakası tamamen manyetitten oluşur. Hematit (Fe_2O_3), tufal tabakasının en üstteki fazıdır. $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ nin üzerindeki sıcaklıklarda oluşmaya başlar ve tufal tabakasının %1 ini oluşturur [24].

Karışık bölge olarak nitelendirilen katmanda oksitlenme potansiyeli demirden daha düşük olan kalıntı elementleri bulunur. Bu elementler genellikle bakır, nikel ve silisyumdur. Özellikle yüksek silisli çeliklerde karışık bölgedeki silis miktarı fazladır. Karışık bölgede bulunan elementler özellikle düşük erime sıcaklığına sahip olan nikel ve silisyum, yüksek sıcaklıkta eriyerek metal-oksit ara yüzeyinde her iki taraf arasında kırılması zor bir bağ oluşturur. Bu bağ mekanik olarak üst bölgedeki tufalı tutar. Tufal kırma işleminde kırılması güç olan bu bağ, üretilmiş malzemede tufal kusuru olarak şekil 8. 2' de gösterildiği gibi görülür.

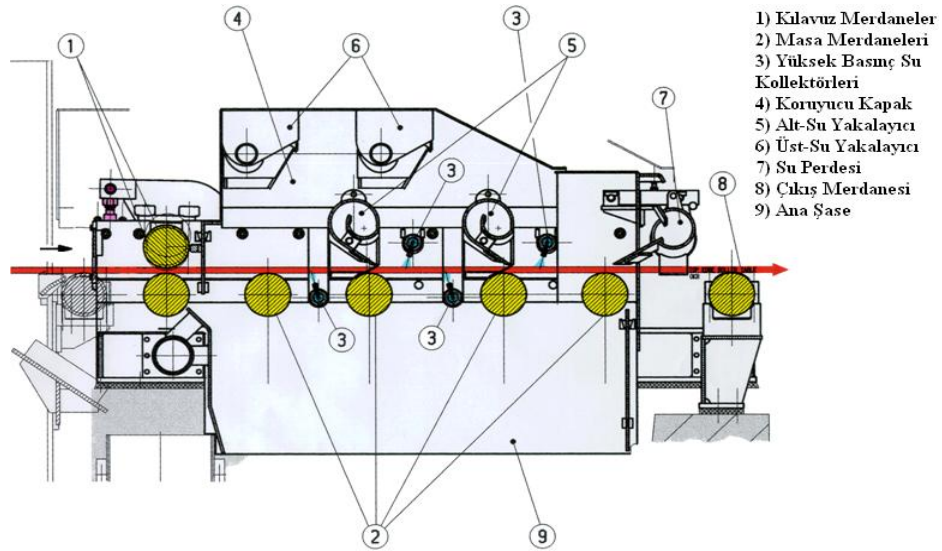


Şekil 8. 2: Tufal kusuru oluşmuş malzeme yüzeyi

Fırında oluşan birincil tufal kırılmasından sonra yüzeyde tekrar oluşmaya başlayan tufal tabakasına ikincil tufal denir. Bu tufal tabakasının kalınlığı slab sıcaklığına ve oksidasyon süresine bağlıdır. Bu tufal tabakası birincil tufal tabakasına göre daha kolay kırılır. Malzemenin son haddeleme işlemine girmeden yüzeyden uzaklaştırılan

diğer bir tufal tabakası da üçüncül tufal tabakasıdır. Üçüncül tufal tabakası ikincil tufal tabakasına nazaran daha plastiktir ve malzeme ile birlikte deforme olur [4, 9].

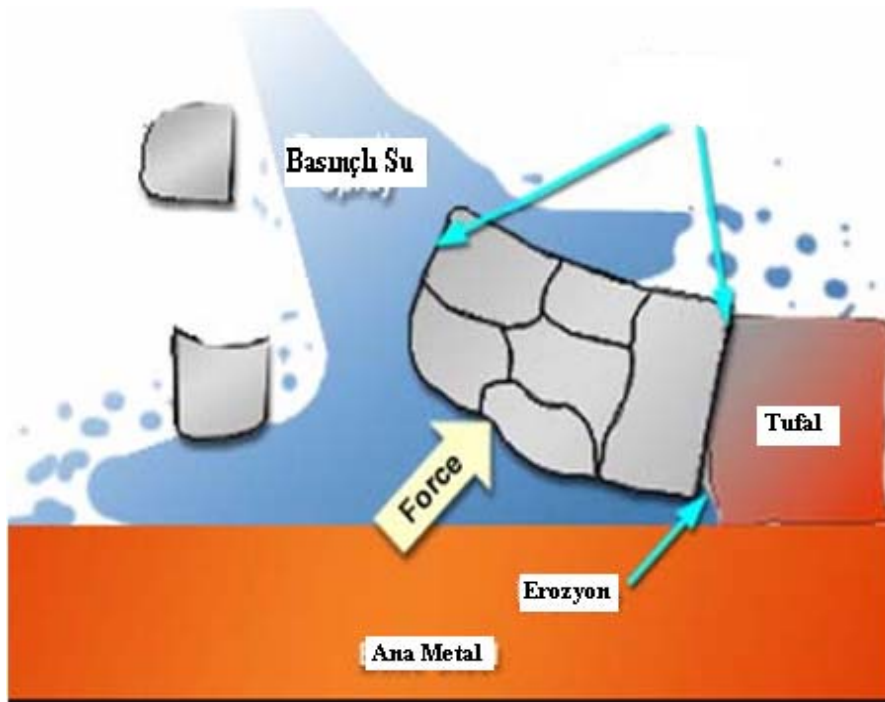
Sıcak sac haddeleme işleminde belirtilen tufal tabakalarının ve derecelerinin son üretilen mamulde tufal kusuru oluşturacağı için malzeme yüzeyinden uzaklaştırılması şarttır. Proseste tufalı kırmak için kullanılan temel eleman ‘su’dur. Malzeme yüzeyindeki tufal, malzeme yüzeyine basınçlı su püskürtmek suretiyle mekanik olarak kırılır. Yüksek basınçlı su özel nozullar vasıtasıyla malzeme üzerine püskürtülür. Tufal kırma amaçlı yüksek basınçlı su püskürtme ünitelerine ‘descaler’ adı verilir ve şekil 8. 3’ de gösterildiği gibidir. Bu üniteler bir dizi yüksek basınçlı su püskürtme nozulları ile donatılmış özel kolektörlerdir. Kolektörlerin malzeme yüzeyine uzaklıkları hidrolik silindirler sayesinde ayarlanır. Yüksek basınçlı kolektörler giriş ve çıkış tarafta olmak üzere, malzeme üstündeki ve altındaki tufalı uygun açı ile su püskürterek mekanik olarak kırar. Ayrıca bu ünitelerin içersinde kolektörlere ve tufalın mekanik olarak kırılmasına yardımcı olması amacıyla art arda sıralanmış kalın zincirler bulunur.



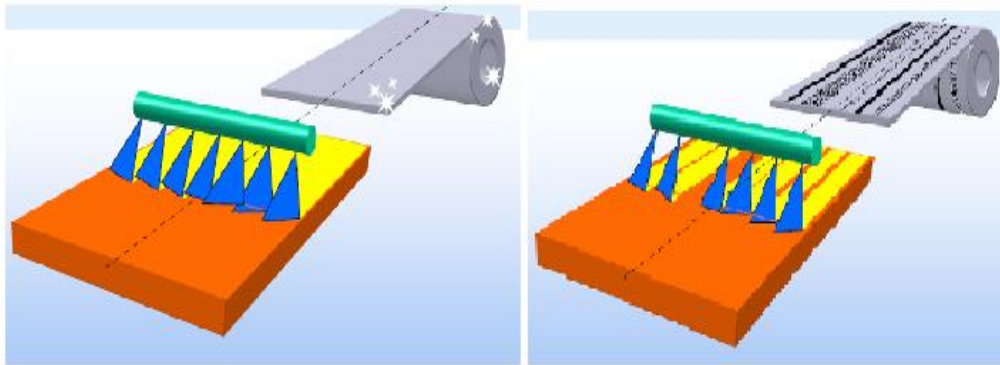
Şekil 8. 3: Tufal kırma ünitesini oluşturan ekipmanlar [25]

Malzeme yüzeyine basınçlı su püskürtme yoluyla tufal kırmanın aşamaları şu şekilde özetlenir. Kolektörlerden malzemeye gönderilen soğuk su malzeme yüzeyine temas eder. Bu temas sayesinde tufal tabakasında termal şoklar meydana gelir. Bu termal şoklardan ötürü tufal tabakası çatlar. Çelik malzemenin ve tufal tabakasının soğuma dolayısıyla farklı büzölmeleri nedeniyle çelik malzeme ve tufal ara yüzeyinde kesme

kuvvetleri oluşur. Yüksek basınçlı spreyn mekanik enerjisi, oluşmuş çatlaklardan ara yüzeye penetre ederek tufalı sıyrır ve yüzeyi yıkar. Bu şekilde tufal yüzeyden tufal kırma ünitelerinin içersindeki yardımcı zincirler sayesinde de mekanik olarak tufal uzaklaştırılmış olur. Ayrıca şu da bilinmelidir ki basınçlı su püskürten nozulların, kolektör üzerindeki açıları da kontrol edilmelidir. Bu nozullar malzeme yüzeyine, malzemenin genişliği boyunca eşit olarak etki ederek, tufal kırma kuvvetini yayarlar. Bir nozulun yanındaki nozulun akışını bozmaması ve suyun genişlik boyunca eşit miktarda püskürtülmesi gerekmektedir. Tufalin mekanik olarak kırılması ve nozul açılarının önemi şekil 8. 4 ve şekil 8. 5’ de verilmiştir.



Şekil 8. 4: Mekanik olarak tufalın kırılması

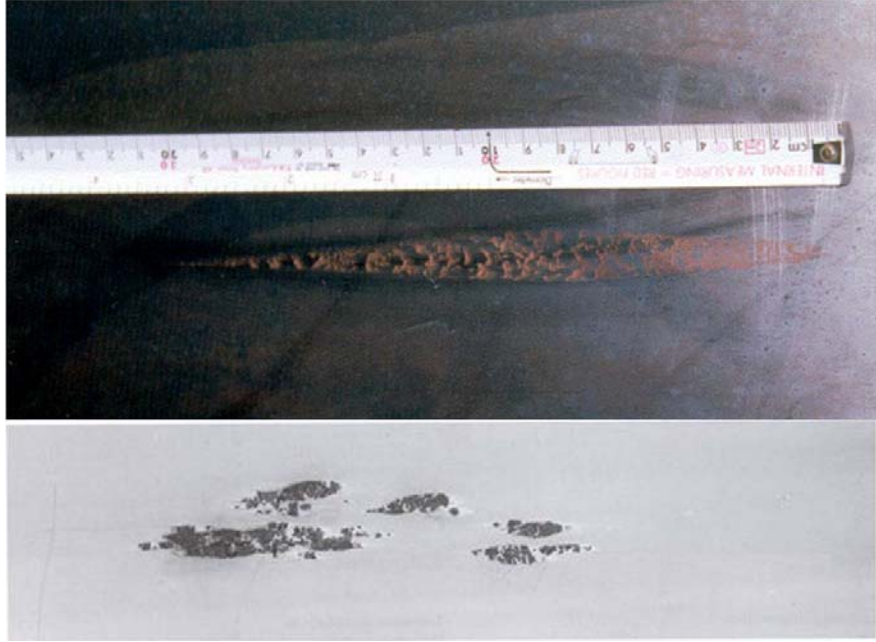


Şekil 8. 5: Tufal kırma işleminde nozul açısının önemi [24]

8. 1. Parametrenin Değişiminden Kaynaklanan Üretim Kusurları

8. 1. 1. Batık tufal

Batık tufal, birincil tufal tabakasının (wüstit) kırılmayıp malzeme yüzeyinden uzaklaştırılamaması ve tufalın haddelenerek ürün yüzeyine yapışması şeklinde oluşur. Bu kusur malzemenin eni ve boyunca dağınık olarak, yayılmış halde ve her iki yüzeyde de oluşabilir. Genellikle slabların fırında fazla ısıtılması veya tutulması ile oluşan aşırı tufalın tufal kırıcı ünitelerdeki nozul tıkanıklıkları veya kırıcı zincirlerin cidardan erimeleri nedeniyle oluşur. Kontrol esnasında çıplak göz ile tespiti mümkündür. Rengi genellikle koyu kahverengidir. Kusura ait görsel bilgi şekil 8. 6' da verilmiştir.



Şekil 8. 6: Malzemedeki batık tufal [23]

8. 1. 2. Benekli tufal

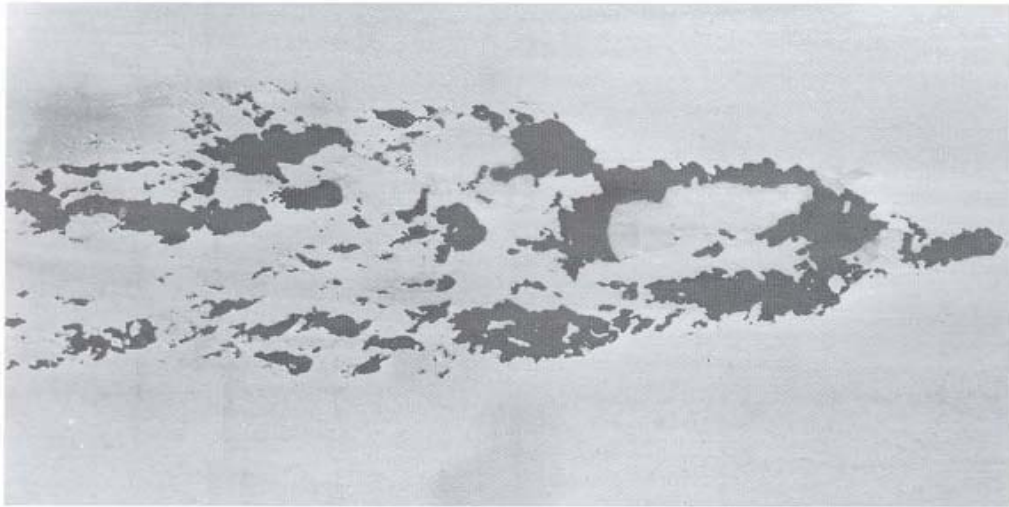
Benekli tufal kusuru malzemedeki ikincil tufalın (hematit ve manyetit) yüzeyden uzaklaştırılamaması sonucu meydana gelir. Son haddelemede, malzeme şerit haddeye girmeden önceki tufal kırıcı ünitesi nozul tıkanıklıkları veya nozul açılarının bozuklukları nedeniyle oluşur. Kontrol esnasında çıplak göz ile tespiti mümkün değildir. Numunelere asitleme ve dağlama işlemleri uygulanmasının ardından tespit edilebilir. Kusura ait görsel bilgi şekil 8. 7' da verilmiştir.



Şekil 8. 7: Malzemedeki benekli tufal [23]

8. 1. 3. Hadde tozu

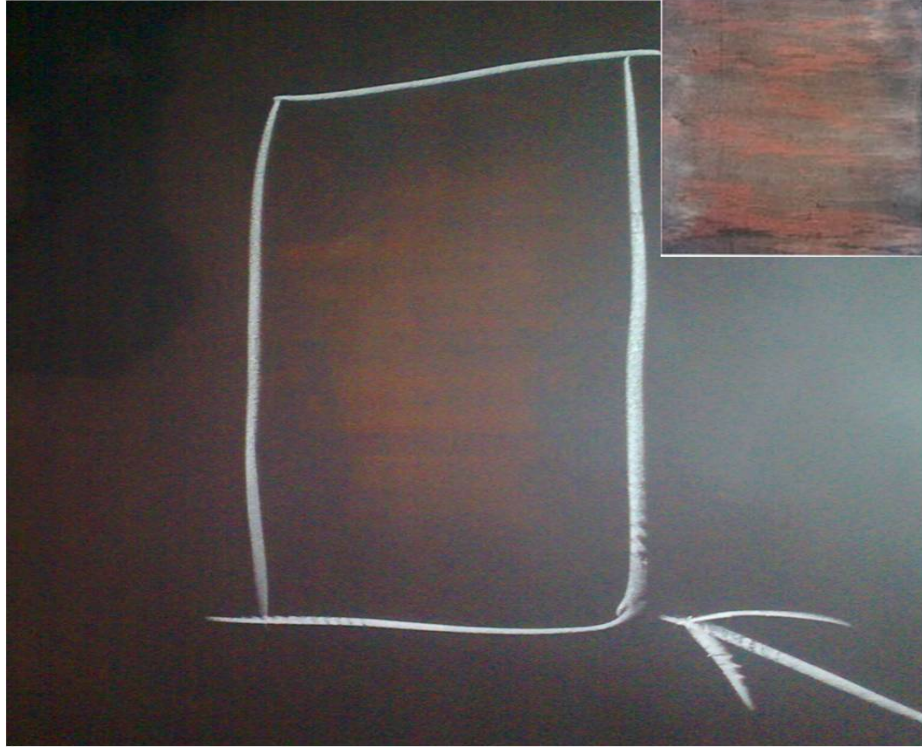
Hadde tozu kusuru, toz halindeki tufalın haddelenmesi ile ilgilidir. Genellikle bobinin üst yüzeyinde ve bobin genişliği veya boyunca dağınık, düzensiz halde bulunur. Kontrol esnasında çıplak göz ile tespit edilebilir. Bu kusur genellikle son haddeleme işlemi sırasında şerit haddenin son tezgâhlarında tufal sıyırıcı ekipmanların aşırı aşınmasından ötürü toz halindeki tufalın malzeme yüzeyine düşmesi ve malzeme ile birlikte haddelenmesi neticesinde ortaya çıkar. Kusura ait görsel bilgi şekil 8. 8’ da verilmiştir.



Şekil 8. 8: Malzemedeki hadde tozu kusuru [23]

8. 1. 4. Kızıl oksit

Kızıl oksit, yama şeklindeki parçalar halinde veya çubuk görünümünde olup, malzemenin bütün genişliği boyunca her iki yüzeyde de görülebilmektedir. Sıcak haddelemeden sonra malzeme üzerinde daha kaba görünümünde ve kızıl renkte taneleşmeler halinde ortaya çıkar. Haddeleme işleminden önce slab tav fırınında, slabların tavlama esnasında yüksek sıcaklıklara çıkılması sonucunda yüksek silisyum elementi değerine sahip slablarda silisyumun tane sınırlarına penetrasyonu (fayalit) neticesinde ortaya çıkar. Tufal kırma üniteleri ile kırılması mümkün değildir. Kusura ait görsel bilgi şekil 8. 9’ da verilmiştir.



Şekil 8. 9: Malzemedeki kızıl tufal [7]

9. İŞLETME PARAMETRELERİNDEN SICAKLIK VE ISI

Isı, çelik atonlarındaki termal titreşimi artırır ve mikro yapıda iç yapı değişikliklerine neden olur. Atomsal titreşim yoğunluğu, sıcaklık artışı olarak hissedilir ve daha önceden tanımlı sıcaklık değerleri ile ölçülür. Isı, çeliğin sıcaklığının artmasına sebep olur ve buna hissedilir ısı denir. Çeliğin iç yapısını değiştiren ısıya ise gizli ısı adı verilir. Örnek olarak buna artan ısı sebebiyle iç yapının ferrittine östenite dönüşümü verilebilir. Isı; sıcak bölgelerden soğuk bölgelere sıcaklığı eşitlemek için akar. Çelik bir bar etrafı sıcak ise ısınır veya etrafı soğuk ise soğur. Örnek olarak slabın tav fırınında alevler etrafını sarmış haldeyken ısınır ve haddeleme esnasında su jetleri ile su verilirken malzeme soğur. Sıcak sac haddehanesinde ısı iletimi temel olarak radyasyon, iletim ve konveksiyon yoluyla sağlanır. Radyasyon ile ısı, direkt temas etmeden yayılım yoluyla iletilir. Bir başka deyişle buna güneşin dünyayı ısıtması verilebilir. Yüksek sıcaklıklarda ısı iletiminin temel yolu radyasyondur ve slabların tav fırınında ısınması da bu yol ile gerçekleşir. Radyasyon ile ısı iletimi şu formül ile tanımlanır. Burada q ; zaman başına ısı akışı, ϵ ; çeliğin ısı yayım oranı, A ; yüzey alanı, T_1 ; sıcak slabın sıcaklığı, T_2 ; çevre sıcaklığıdır.

$$q = 5.71 \times \epsilon \times A \times [(T_1 / 100)^4] - [(T_2 / 100)^4] \quad (1. 1)$$

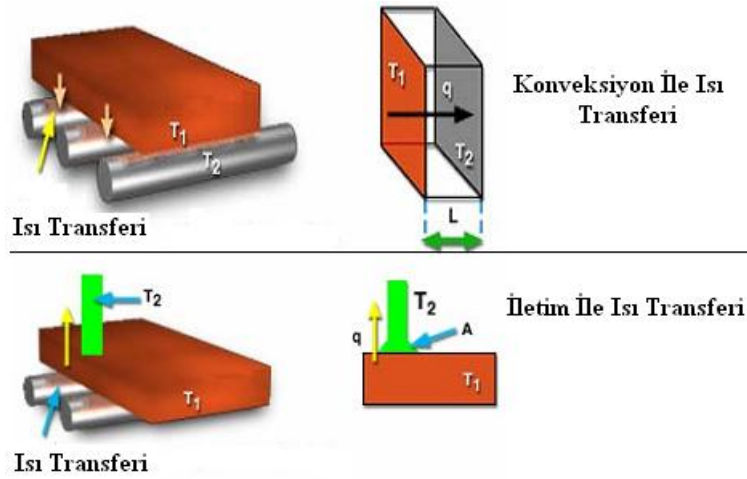
Isının teması ile iletimi bir katının diğer bir katı ile olan teması ile gerçekleşir. Sıcak slabın temas halinde olduğu merdaneler arasında ısı transferi olur ve sıcaklıkları birbirine eşitlemeye çalışırlar. Slab temas halinde olduğu iş merdaneleri, hareket merdane masaları ve fırın takozları arasında ısı transferi olur ve slab ısı kaybeder. Temas ile ısının iletimi şu formül ile tanımlanır. Burada; q ; zaman başına ısı akışı, k ; termal iletkenlik katsayısı, A ; yüzey alanı, L ; ısı transferinin kat edeceği yolun uzunluğu, T_1 ; sıcak yüzeyin sıcaklığıdır, T_2 ; soğuk yüzeyin sıcaklığıdır.

$$q = k \times A \times (T_1 - T_2) / L \quad (1. 2)$$

Konveksiyon ile ısı transferi iki akışkan arasında veya bir akışkan bir katı cisim arasında gerçekleşen ısı transferidir. Sıcak haddeleme esnasında konveksiyonel

olarak ısı transferi sıcak slab ile soğutma suları ve tufal kırma suları arasında olur. Konveksiyonel olarak ısıнын iletimi şu şekilde tanımlanır. Burada q ; zaman başına ısı akışı, α ; konveksiyon filmi katsayısı, A ; çelik ile suyun temas yüzeyi, T_1 ; sıcak yüzeyin sıcaklığıdır, T_2 ; akışkanın sıcaklığıdır. Şekil 9. 1’ de konveksiyon ve iletim ile ısı transferi görsel olarak açıklanmıştır.

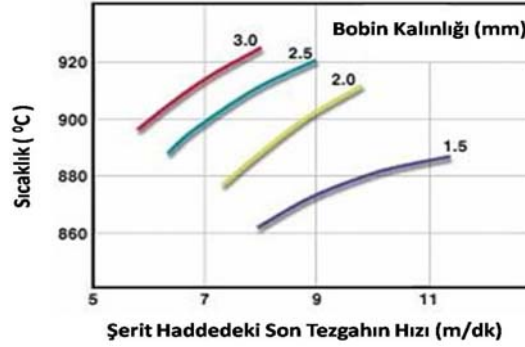
$$q = \alpha \times A \times (T_1 - T_2) \quad (1.3)$$



Şekil 9. 1: İletim ve konveksiyon ile ısı transferi [24]

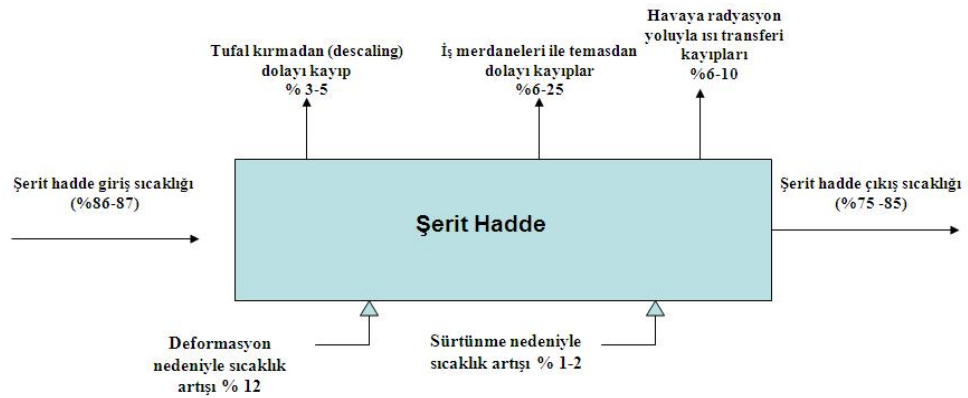
Radyasyon, iletim ve konveksiyon yoluyla transfer olan ısı miktarı zaman ile birlikte artar. Bu slablar hızlı haddelenirken daha az soğurlar. Işıma ve soğuma çelikteki faz değişimi esnasında yavaşlar. Sıcak haddelemede, ısıнын çok büyük bir kısmı slab tav fırınından karşılanır. Haddeleme bir plastik deformasyondur ve bu plastik deformasyon sonucu % 12’ lik bir ısı artışına sebebiyet verir. En büyük ısı kayıpları radyasyon ve sıcak malzemenin iş merdaneleri ile teması halinde iletim yoluyla gerçekleşir. Haddeleme esnasındaki ısı kaybı, su ile iletim yoluyla soğutma miktarına göre göreceli olarak azdır fakat ısı kaybının en fazla olduğu kısım duşlu masalardır. Sıcak sac haddeleme esnasında fırından şerit hadde çıkışa kadar geçen kısımda slab sıcaklığı düşüşü 300 °C’i geçer. Bu sıcaklık düşüşü haddeleme hızı, tufal kırma ve ara soğutma suyunun değişimi ile değişir [24] . Şekil 9. 2 ve şekil 9. 3’ de sıcaklık, haddeleme hızı, kalınlık arasındaki bağlantı ve şerit haddede oluşan ısı kayıpları görülmektedir. Sıcak haddeleme işlemi belirli bir sıcaklık aralığında yapılır. Malzeme sıcaklığının kritik bir sıcaklığın altına düşmesi durumunda haddeleme prosesinde stabilite bozuklukları meydana gelmekte ve nihai üründe istenen kalite

toleranslarına ulaşamamaktadır. Bu stabilite bozuklukları malzemenin haddeleme esnasında kopmasına kadar gidebilmektedir. Dolayısıyla malzemenin şerit haddeden çıkış sıcaklığı mutlaka belirli bir sıcaklığın üzerinde olmalıdır. Malzemenin şerit haddeden çıkış sıcaklığına ikmal sıcaklığı, duşlu masaların ardından bobin haline getirildiği sıcaklığa sarılma sıcaklığı denir. İkmal ve sarılma sıcaklığı slabın döküm kalitesine ve üretilen nihai ürünün kalınlığına göre değişiklik göstermektedir.



Şekil 9. 2: Sıcaklık, haddeleme hızı ve kalınlık arasındaki bağlantı [24]

İkmal sıcaklığı haddelenen malzemenin döküm kalitesine göre değişmektedir. Bu sıcaklık parametreleri kalite kontrol departmanı tarafından ilgili döküm kalitesindeki belirli kalınlıktaki bobinlerin mekanik testleri sonucunda belirlenen standartlara göre tespit edilir. Prosesler arası sıcaklıklar hat boyuna yerleştirilmiş pirometreler yardımıyla takip edilir. Örnek olarak S235JR genel yapı çeliği kalitesindeki bir malzemenin ikmal sıcaklığı 880 °C olarak belirlenirken 3mm için sarılma sıcaklığı 620 °C, 12mm için sarılma sıcaklığı 630 °C'dir. Aşağıdaki şekilde şerit haddede oluşan ısı transferleri açıklanmıştır. Fırın çıkış ısı %100 kabul edilmiş, malzemenin şerit haddeye gelen kadar kaybettiği ısı % 13-14 kabul edilmiştir.



Şekil 9. 3: Şerit haddede oluşan ısı kayıpları

Örnek olarak DD11 soğuk haddelemeye uygun kalitede 2mm'e haddelenecek bir slabın sıcaklık değerleri prosesteki yerleri ile birlikte şu şekildedir: Slab tav fırını 1240 °C'de slabı üretim hattına çıkarır. Birincil tufal kırma ünitesinden kaba haddeye ilk pasoya girene kadar bu sıcaklık, konveksiyon yoluyla ısı transferinden ötürü yaklaşık 100- 140 °C düşer ve 1100- 1140 °C olarak kaba haddeye giriş yapar. Kaba haddeme sonunda şerit haddeye giriş sıcaklığı 1120- 1050 °C'dir. Bu safhalar, haddelenecek tüm dökümlerdeki slablar için geçerlidir.

Tablo 9. 1: Bazı çelik gruplarının sarılma ve ikmal sıcaklıkları

Standart Kalite	Kullanım Alanı	İkmal Sıcaklığı Aralığı	Sarılma Sıcaklığı Aralığı	Haddeme Kalınlığı
St 22, St 24	Soğuk haddeme,kutu ve sürekli tavlama uygun	900-925	580-720	$T \leq 5 \text{ mm}$
DD11,DD12, DD13	Soğuk şekillendirmeye,soğuk çekmeye ve derin çekmeye uygun	900-910	620-650	$T \leq 8 \text{ mm}$
S235JR	Genel Yapı Çeliği	880	620-630	$T \leq 6 \text{ mm}$
		880	630-645	$6\text{mm} < T \leq 16 \text{ mm}$
		880	600-615	$16\text{mm} < T \leq 26 \text{ mm}$
P235GH	Kazan Çeliği	880-895	640-660	$T \leq 16 \text{ mm}$
		880-890	630-650	$16\text{mm} < T \leq 26 \text{ mm}$
SAE 1008	Karbon Çeliği	880-890	650-660	$T \leq 26 \text{ mm}$
P355NB	LPG Tüp Çeliği	880-890	660-685	$T \leq 5 \text{ mm}$

Tav fırınının sıcaklığı, haddelenecek ürün kalınlığı 8mm ve üzeri kalınlıklar için 1230 °C olarak ayarlanabilir. Kalite kontrol tarafından belirlenen ikmal sıcaklığı bu kalite ve kalınlık için 900 °C'dir. Sarılma sıcaklığı ise 620 °C'dir. İkmal sıcaklık kontrolü haddeme hızı ve oransal soğutma suyu valflerini kumanda ederek kontrol edilir. Ayrıca duşlu masa suları ise belirli bölgelere yerleştirilen pirometreler yardımıyla sürekli takip edilerek su valfleri ile kumanda edilir. Bu değişkenler haddehane otomasyon sistemine bağlıdır ve sadece arıza sürelerinde operatörler tarafından kumanda edilir. Bazı çelik gruplarının sarılma ve ikmal sıcaklıkları tablo 9. 1' de verilmiştir.

9. 1. Parametrenin Değişiminden Kaynaklanan Üretim Ve Merdane Kusurları

9. 1. 1. Sıcaklık farkından dolayı iş merdanesinin hasarlanması

Nihai bobin kalınlığı 8mm ve üzeri olan malzemelerde bobin kutusu kullanılmaz ve malzeme kaba haddede işlendiği gibi; şöyle ki; kafa ile kuyruk yer değiştirmeden şerit haddeye giriş yapar. Transfer malzemesinin baş kısmı işlenirken kuyruk kısmı haddeleme hızı düşer. Malzemedan havaya radyasyon yoluyla ısı transferi gerçekleşir ve malzeme kuyruğu kafasına oranla daha soğuk olur. Soğuk olan kuyruk merdaneler arasında haddelenirken, haddeleme direnci, kendisi soğuk olduğu için artar ve ilk tezgahlardaki iş merdanelerini hasarlar. Bu durum merdane taşlaması ile giderilir fakat merdanelerin kullanım kapasite tonajlarını düşürür. Bu da işletme maliyetlerinin artması demektir. İş merdanesinde oluşan hasar şekil 9. 4' de verilmiştir.



Şekil 9. 4: Sıcaklık farkından dolayı şerit hadde iş merdanelerinin hasarlanması

9. 1. 2. Bobindeki enine yüzey yırtıkları

Bobin kutusu kullanılmadan haddelenen kalın ve özellikle sert çelik malzemelerde, malzemenin şerit haddeye giriş sıcaklığı 1000-1050 °C'den düşük bir sıcaklığı bulursa malzeme haddeleme operasyonu sonunda enine yüzey çatlakları görülür. Bunun nedeni olarak malzemenin haddeleme sıcaklığı altındaki bir sıcaklıkta

haddelenmesi gösterilir. Soğuk olan kuyruğun havaya ısı transferi ve soğutma sularının gereğinden çok açılması buna neden teşkil eder. Enine yüzey yırtıkları bobinin üzerinde şekil 9. 5’ de olduğu gibi görülmektedir.



Şekil 9. 5: Bobindeki enine yüzey yırtıkları

10. İŞLETME PARAMETRELERİNDEN SOĞUTMA VE YAĞLAMA

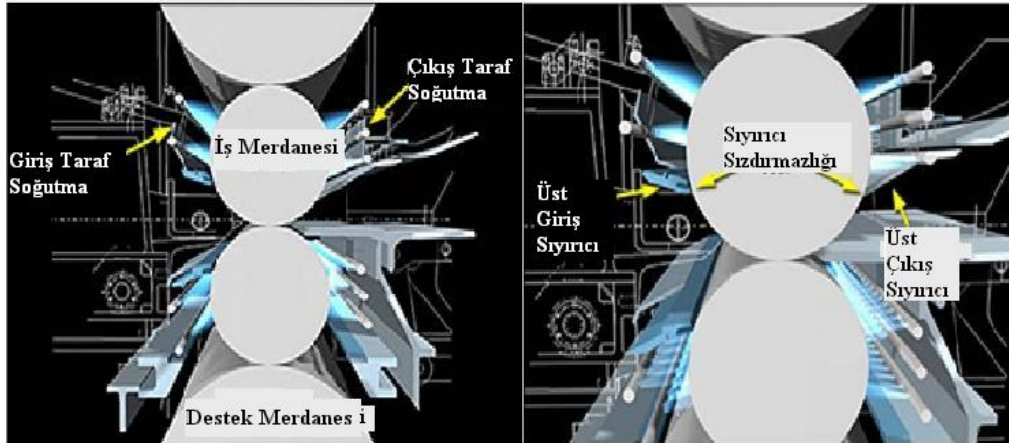
10. 1. Soğutma Suyu Genel Özellikleri

Haddehane soğutma suyu, genel olarak 12,5 barlık yüksek basınç hattı ve 4,5 barlık alçak basınç hattından oluşur. Her bir soğutma sistemi ayrı ayrı ihtiyaçlarına göre bu hatlar sayesinde beslenirler. Bu su hatları kapalı çevrimdir fakat boru içersinde dolaştırılarak yayılım ile soğutma yapmazlar. Haddehanede soğutma, suyun direkt olarak ekipmana teması sayesinde gerçekleşir. Bu yüzden bu hatlara direkt soğutma hatları da denir. Kullanılan suyun özellikleri tablo 10. 1’ de verilmiştir.

Tablo 10. 1: Haddehanede kullanılan sudan istenen özellikler [25]

DEĞERLER	BİRİMİ	Haddehane		
		İş Merdanesi Soğutma	Diğer Soğutma Sistemi Elemanları	Tufal Kırıcı
Nötrlizasyon	pH(20°C)	7.5 ...8.3		
Su Geçirgenliği	µS/cm	3000		
Toplam Çözünmemiş elementler	ppm	1500		
Toplam Sertlik	ppm CaCO ₃	360		
Toplam Sertlik	°dH	20		
Karbonat Sertliği	°dH	10		
Alkalilik	ppm CaCO ₃	180		
Klor (Cl-)	ppm	250		
Sülfat (SO ₄)	ppm	800		
Demir-Toplam	ppm	1		
Demir-Çözünmüş	ppm	0.3		
Bakır(Cu)	ppm	0.05		
Silika (SiO ₂)	ppm	100		
Amonyak (NH ₃ +NH ₄)	ppm	0.1		
Partekül Ebatı	mm	0.2		
Yağ ve gres	ppm	5		
Su Sıcaklığı	°C	35 °C		

İş merdanelerinin soğutulması sıcak malzeme ile çalışıldığından gereklidir. Soğutma olmadan haddeleme yapılması, merdanelerin sıcaktan dolayı mukavemet kaybına neden olarak merdane kırılmalarına sebep olur. Ayrıca rulmanların ısıya maruz kalması hasarlanarak kırılmalarına neden olabilir. Etkili soğutma merdanelerin hızlı aşınmasını ve merdane yüzey bozukluklarını engeller. Hızlı aşınma merdane yüzeyinin mukavemet kaybına neden olur. Merdane aşındığından ürün profili ve kalitesi düşer. Ayrıca merdane aşındığından dolayı şeride tufal basılması ve pürüzlü bir yüzey oluşumu görülebilir. İş merdanelerinde meydana gelen en yüksek ısı transferi şerit haddenin ilk tezgahlarda meydana gelir. Çıkış soğutma sprelerinde giriş oranla iki katından daha fazla miktarda su kullanılır. Bu fark çıkıştaki ısı transferinin yüksek olması ve bir an önce merdaneye penetrasyonunu engellenmek istenmesinden dolayı kaynaklanır. Çıkış alt ve üst tezgâh soğutmaları üç veya dört sıra nozullu hederlerle yapılır. Giriş alt üst tezgâh soğutması ise iki veya üç sıra nozullu kolektörler ile yapılır ve merdane yüzeyine dik şekilde püskürtülür. Sıyırıcılar merdane soğutma suyunun şerit üzerine gelmesini engeller. Sıyırıcılar genellikle fiber malzemeden imal edilirler ve aşındıkça değiştirilirler. Merdane soğutma sisteminde kullanılan su, tufal tortu ve yağlayıcılardan arıtılarak 30 °C'nin altına soğutulduktan sonra kullanılır. Şekil 10. 1' de merdanelerin soğutulması ve sıyırıcılar görülmektedir.



Şekil 10. 1: Merdanelerin su ile soğutulması ve sıyırıcıların görünümü

10. 2. İş Merdanesi Soğutma Sistemi

Son haddede, soğutma suyu iş merdanelerine, spre kolektörleri tarafından nozullar yardımıyla gönderilir. Her son hadde tezgahında soğutma suyu kolektörlerine gelen

suyun akışı, oransal valfler ile kontrol edilir. Kullanılan su, iş merdanelerini haddeleme esnasında soğutmak amacıyla kullanılır. Her bir son hadde tezgahında bulunan elektro pnomatik kontrollü valfler yardımıyla soğutma suyu açılıp kapatılır veya merdane soğutmak için gönderilen suyun miktarı ayarlanır. Hadde soğutma sisteminin temel amacı, hadde iş merdanesinin, haddeleme esnasında sabit bir sıcaklıkta tutulmak istenmesidir. Bu amaçla debi kontrollü elektro pnomatik oransal valfler sisteme yüklenmiştir. Son haddelerde malzeme işlenmiyorsa, bu valfler yaklaşık %20 oranında açılarak merdanelerin genel bir soğutulması sağlanır ve her bir merdane için yaklaşık aynı sıcaklıkta kalması amaçlanır. Sistemin beslemesi kapalı devre hattında yüksek basınç kapalı devre suyu ile sağlanır. Her hadde tezgahında bulunur.

10. 3. Tezgahlar Arası Soğutma Sistemi

Son haddede, hadde tezgahlarının ardından alt ve üst kısımlarda konuşlandırılmış sprey kollektörlerinden şekil 10. 2' deki gibi oluşur. Her kollektör sprey nozulları ile donatılmıştır. Bu sistemin kullanım amaçlarından biri, haddeleme esnasında oluşan tufal tabakasını şerit yüzeyinden uzaklaştırmaktır. Ayrıca bu sistem sayesinde haddeleme sırasında son hadde tezgahları arasında şerit soğutulur. Özellikle kalın şeritler için bu soğutma sistemi haddeleme hızını arttırmak için kullanılır. Pnömatik kontrollü oransal valfler yardımıyla hem üst hem de alt kollektör ayrı ayrı kontrol edilir. Üretim hızına göre bu su miktarı oranı belirli bir yüzde ile oransal valf sayesinde operatör tarafından sisteme gönderilir. Sistemin beslemesi kapalı devre hattında yüksek basınç kapalı devre suyu ile sağlanır. Son tezgah hariç her tezgah arasında bulunur.



Şekil 10. 2: Tezgahlar arası soğutma sistemi

10. 4. Son Haddeye Giriş Tufal Kırma Sistemi

Son haddede ilk tezgahın hemen önünde alt ve üst kısımlarda birer adet olmak üzere kollektör konuşlandırılmıştır. Her bir kollektör sprej nozulları ile donatılmıştır. Bu sistem ikincil tufal kırma sisteminin ardından yüzeyde kalmış veya o esnada oluşabilecek tufalı,şeridin son haddelenmeye başlamadan yüzeyden uzaklaştırılması amacı ile kullanılmaktadır. Ayrıca bu sistem, şeridi haddeleme esnasında soğutarak, haddeleme hızını artırır. Kontrolü elektro pnomatik on-off bir valf ile sağlanır. Sistemin beslemesi kapalı devre hattında yüksek basınç kapalı devre suyu ile sağlanır. Sadece ilk tezgahta bulunur.

10. 5. Şerit Sprej Soğutma Sistemi

Son haddede, her bir şerit tezgahının girişinde, güçlü bir su jetinin tezgaha monte edilmiş, haddeleme doğrultusuna ters yönde belirli bir açı ile şerit yüzeyini süpürmesi ve soğutması amacıyla kullanılan soğutma sistemidir. On-off bir su valfi her tezgahta ayrı olarak sistemi kontrol eder. Bu sistem, diğer soğutma sistemlerinden gelen ve şeridin üzerinde bulunan kirli suyu süpürerek yüzeyden uzaklaştırmak ve yüzeydeki tufal oluşumunu engellemek amacıyla tasarlanmıştır. Sistemin beslemesi kapalı devre hattında alçak basınç kapalı devre suyu ile sağlanır. Her hadde tezgahında bulunur.

10. 6. Hadde Aralığı Soğutma Sistemi

Diğer bir ismi de soyulma önleyici soğutma sistemidir.Son haddede sadece ilk dört tezgahta bulunur. Hadde aralığı soğutma sisteminin temel amacı iş merdanesinin aşınmasını önlemektir. Bu sayede merdane, kendisi için ön görülen tonajı, merdane aşınması hesaplanan seviyede tutularak ve malzemede kalite bozukluğu yaratmadan tamamlanmış olur. Sistemin beslemesi kapalı devre hattında alçak basınç kapalı devre suyu ile sağlanır.

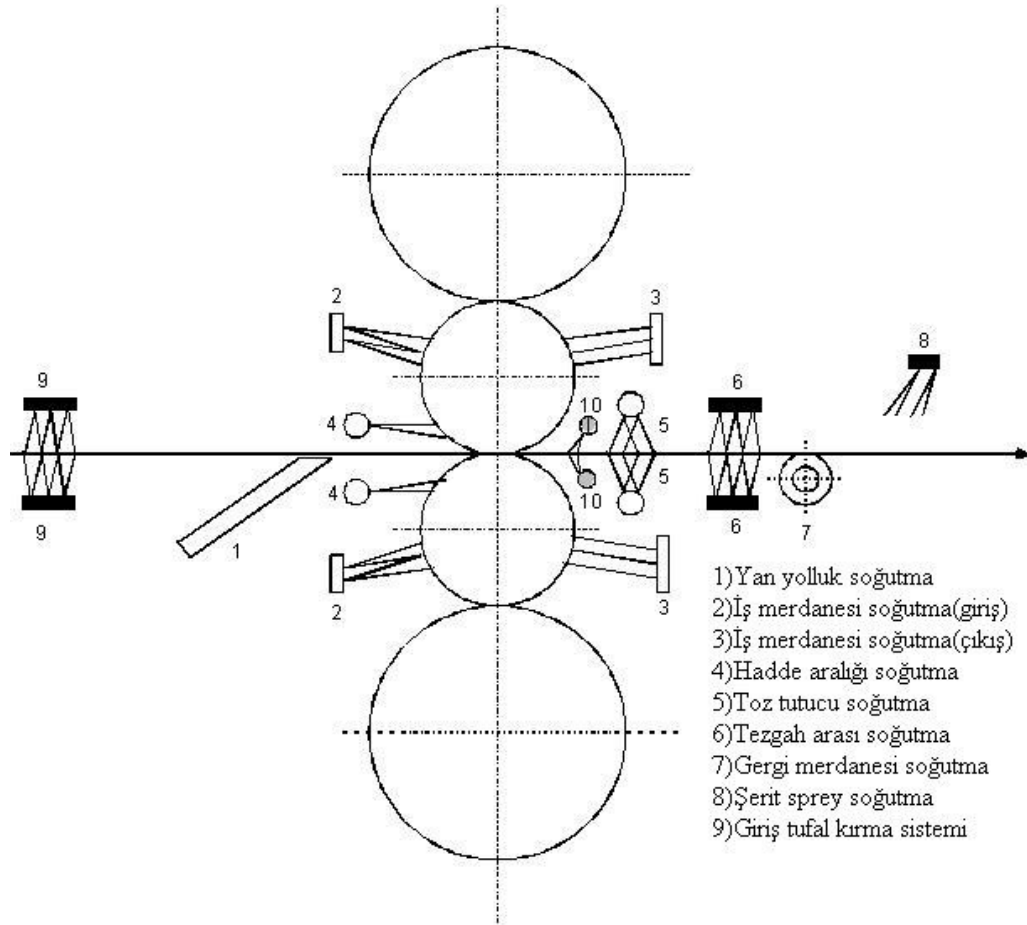
10. 7. Gergi Merdanesi Ve Yan Yolluk Soğutma Sistemi

Şeridin başının ve kuyruğunun bir tezgahtan diğer tezgaha düzgün bir şekilde iletilmesini sağlayan yan yolluklar su soğutmalıdır.Ayrıca gergi merdaneleri de su soğutmalıdır. Bu sistem, ilgili ekipmanın sıcaklıktan ötürü çarpılması ve ilgili ekipmanlarda şekil bozuklukları yaşanmaması için kullanılır. On-off çalışma

prensibine sahip elektro pnomatik kontrollü valfler ile kontrol edilirler. Bu sistem şerit haddelenirken ve tezgahlarda şerit işlenmezken sürekli çalışır. Sistemin beslemesi kapalı devre hattında alçak basınç kapalı devre suyu ile sağlanır. Her yan yolluk ve gergi merdanesinde bulunur.

10. 9. Toz Tutucu Soğutma Sistemi

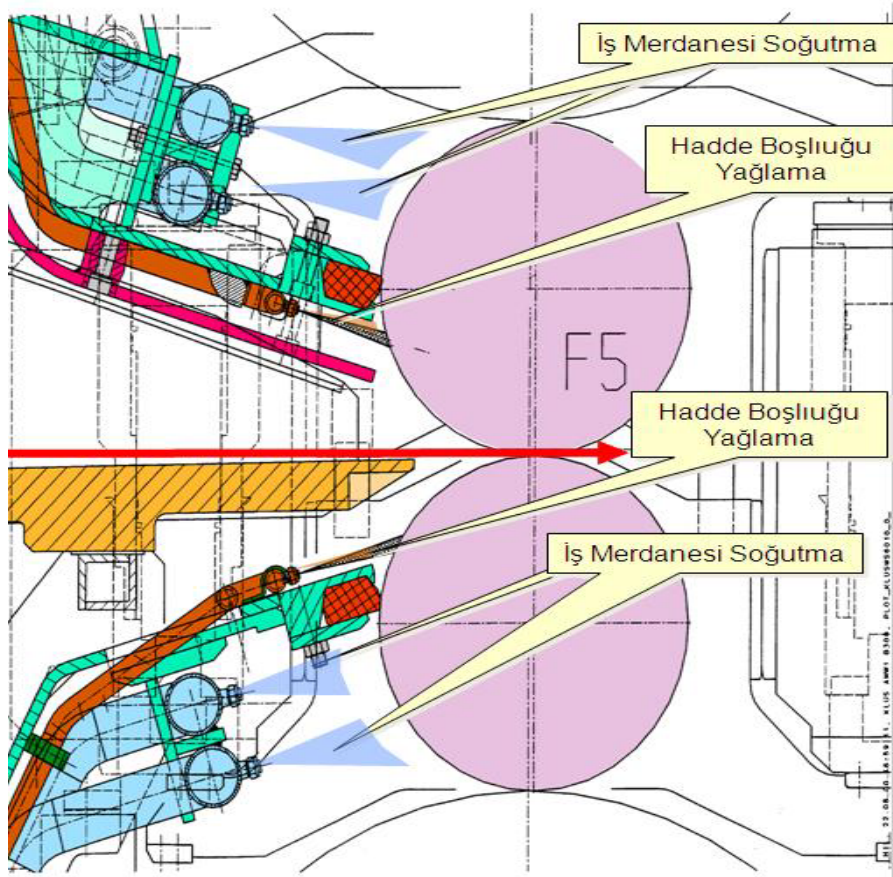
Haddeleme özellikle diğer tezgahlara nazaran daha hızlı dönen dört ile yedinci tezgahlarda aşırı miktarda toz ve kurum oluşturur. Küçük bir miktarda suyu nozullar yardımıyla sisteme göndermek suretiyle bu önlenmiş olur. Ayrıca bu şekilde nihai mamulun yüzeyi de toz ve kurumdan arındırılmış olur. Son haddede son dört tezgahta bulunur. On-off çalışma prensibine sahip elektro pnomatik kontrollü valfler ile kontrol edilirler. Sistemin beslemesi kapalı devre hattında alçak basınç kapalı devre suyu ile sağlanır. Şekil 10. 3' de tüm soğutma sistemi ve hadde tezgahı üzerindeki konumları görülmektedir.



Şekil 10. 3: Soğutma sisteminin tezgahdaki konumlarını gösteren şema

10. 10. Hadde Aralığı Merdane Yağlama Sistemi

Hadde aralığı yağlama sistemi çalışma prensibini; özel bir yağ ile suyun karışıp iş merdanelerine hadde operasyonu esnasında sprey kollektörleri yardımıyla gönderilmesi oluşturur. Şekil 10. 4 çalışma prensibini göstermektedir. Bu sistem son haddede, tezgahlar içersinde kullanılır. Son tezgah hariç her tezgahın kendisine ait ayrı birer hadde aralığı yağlama sistemi mevcuttur. Karışımı oluşturan yağ ve su ayrı istasyonlardan hatta gönderilir ve tezgah içersindeki karışma kollektöründen merdaneye nozullar yardımıyla gönderilir. Haddeleme işleminde hadde aralığı yağlama sisteminin kullanılmasının temel amacı şunlardır: Bu yağlama sistemi iş merdanesinin aşınmasını azaltarak, merdane servis ömrünü uzatır. Özellikle ince şeritlerin haddelenmesi diğer bir deyişle 3mm ve alt kalınlıkardaki malzemelerin haddelenmesi esnasında ilk tezgahlarda kalınlık ezme miktarının artmasından ötürü hadde kuvvetleri artmaktadır. Bu yağlama sistemi sayesinde hadde kuvvetleri ve hadde torku azalır. Ayrıca merdane ile şerit arasındaki kesme mukavemetini azaltarak şerit yüzey kalitesinin artmasını sağlar.



Şekil 10. 4: Hadde aralığı merdane yağlama sistemi

Bu sistemde kullanılan yağ hakkında ilgi vermek gerekirse, ester bazlı sıcak haddeleme merdanelerinde kullanılan özel olarak geliştirilen bir yağ olduğu söylenebilir. Bu özel yağ su ile birlikte karıştırılıp haddeleme esnasında merdaneye püskürtülür. Bu yağın kullanımı enerji tüketimini, hadde yüklerini, merdane aşınmasını ve merdane kaynaklı hadde tufalı oluşumunu azaltır. Bu yağ kuru ortamda muhafaza edilmeli, donmaya karşı korunmalı ve maksimum 45 °C'e kadar özelliklerini muhafaza ettiği için tank sıcaklığı kontrol edilmelidir. Yağın 40 °C'deki kinematik viskozitesi 44 cSt'dur. Shell markasının Fenella SH 87 numaralı yağı bu yağa örnek teşkil etmektedir.

10. 11. Parametrenin Değişiminden Kaynaklanan Merdane Kusurları

10. 11. 1. Merdane aşınması

Haddeleme esnasında etkili bir merdane soğutması ve yağlanması sağlanmadığı takdirde iş merdaneleri kapasite tonajlarını tamamlamadan aşınırlar. Aşınan iş merdaneleri kullanılmaya devam edildiği takdirde malzemede hadde tufalı kusuru oluşturur. Merdanenin kapasite tonajını tamamlamadan aşınması işletme maliyetlerinin yükselmesine ayrıca hadde tufallı ürün kalite standartları dışında kalmasına neden olur. Şekil 10. 5'de iki farklı durumun karşılaştırılmasını göstermektedir.

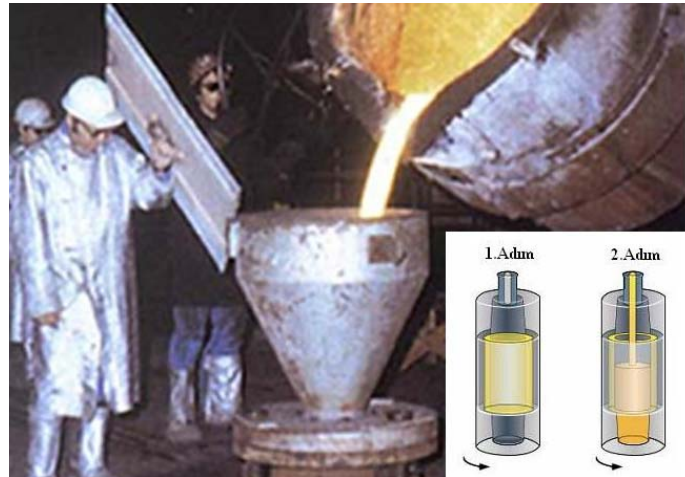


Şekil 10. 5: Hadde aralığı merdane yağlama sistemi kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlarda iş merdanesindeki aşınma farkı

11. İŞLETME PARAMETRELERİNDEN MERDANELER

11. 1. Merdane Genel Özellikleri

Demir çelik işletmelerinde kullanılan merdaneler temel olarak üç gruba ayrılabilir: Alışlagelen yumuşak döküm merdaneler, sert döküm merdaneler, çelik merdaneler. İş merdanelerin yüzeyini oluşturan kabuk bölgesi sert yapıda, iç kısımları ve muyluları oluşturan öz kısmının ise yumuşak yapıda olması istenir. Bu nedenle endüstride iş merdanesi üretimi çift döküm yöntemlerinden biri olan savurma döküm yöntemi ile dökülür. Yöntem şekil 11. 1’ de görülmektedir. Savurma döküm yatay ve düşey eksenli olmak üzere ikiye ayrılır. Endüstride sıcak sac haddelemede kullanılan iş merdaneleri çoğunlukla düşey eksenli döküm makinalarında dökülür. Alışlagelen yumuşak döküm merdanelerde yapı, perlitik yumuşak dökümden oluşmaktadır. Daha kuvvetli mevzi bir soğutma elde etmek amacı kalibre taşları denilen ve ısıya dayanıklı bir tabaka ile kaplı soğutma elemanları konulursa biraz daha fazla sertlikte ve normal esas yapıda mevzi grafit incelmeye ihtiva eden yarı sert kalibre merdaneler elde edilir. Sert döküm merdaneler, bu merdaneler pik kokillerde dökülür. Kokil cidarı ile temas halinde olan dıştaki tabaka beyaz bir şekilde donar. Buna karşılık malzeme bünyesi yüksek eğilme mukavemetlerine karşı koyabilecek şekilde olmak üzere çekirdek kısmı sıkı, ince taneli esmer bir şekilde donan bir yapı karakteri arz etmelidir [26] .



Şekil 11. 1: Savurma döküm yöntemi ile merdane üretimi [24]

Çekirdek ile sert kabuk tabakası arasında sementit, grafit ve perlitten oluşan karışık bir pik geçiş tabakası bulunmaktadır. Kabuk tabakasında meydana gelen sertliğin 500 Brinell'den daha yüksek olması gerekmediği taktirde alaşımsız döküm merdaneler yeterlidir. Eğer sertliğin 500 Brinell'den daha yüksek olması zorunlu ise bu taktirde merdaneler alaşımlı olarak dökülür. Merdane malzemesine % 1- % 2 Cr, %4- %5 Ni ilave edilirse 600- 700 Brinell'e kadar varan sertlik derecesi elde edilebilir. Merdane silisyum miktarı yükseltirise 5- 10 mm kalınlığında olmak üzere ince sert bir tabaka ihtiva eden yarı sert merdaneler elde edilir. Bu ince merdane işlenirken torna edilmektedir. Bu arada üç türlü yöntem uygulanır: Merdane yüzey tabakası çok yüksek alaşımlı pikten, çekirdek kısmı çelikten alışılagelen düşük alaşımlı, eğilme mukavemeti yüksek yumuşak dökümden meydana gelmektedir. Merdane dış yüzey alaşımlı pikten, buna mukabil çekirdek kısmı çelikten oluşur. Merdanede dış yüzey alaşımlı çekirdekten, çekirdek kısmı ise alaşımsız karbon çeliğinden ibarettir. Böylece sertlik derecesi 100 Shore sertlik derecesine kadar varan sert yüzeyli merdaneler elde edilir ve özel bir malzemenin haddelenmesi esnasında elde edilecek bir mukavemete oranla bu merdanelerde daha yüksek bir aşınma mukavemeti elde edilir. Çelik merdaneler, bu merdaneler alaşımlı veya alaşımsız çelik dökümden veya alaşımsız veya alaşımlı çeliklerden dövme suretiyle elde edilir. Merdanelerde sertlik elde edilirken önemli farklar meydana gelmesi nedeni ile hangi cihazla ölçme yapıldığı belirlenmediği taktirde Shore'a göre yapılan sertlik ölçmesinde önemli farklar ortaya çıkabileceği göz önüne alınmalıdır [26] .

11. 2. Sıcak Sac Haddehanesinde Kullanılan Merdaneler

Sıcak sac haddehanesinde kullanılan merdanelerin maliyeti, haddehane giderleri içersindeki en yüksek maliyet değerine sahip sarf kalemidir. Sıcak sac haddeleme işleminde kullanılan proses tezgahlarında dörtlü düzenek merdane düzeneği kullanılır. Bunlar; alt ve üst olmak üzere iki adet destek merdanesi, alt ve üst olmak üzere iki adet iş merdanesidir. İş merdaneleri haddeleme esnasında direkt olarak haddelenen malzeme ile temas eden merdanelerdir. Destek merdaneleri ise, haddeleme esnasında iş merdanelerinin yük altında bükülmesini azaltmak amacıyla kullanılan daha büyük çaplı olan merdanelerdir. Özellikle iş merdaneleri olmak üzere; merdane yüzey kalitesi direkt olarak üretilen mamulün kalitesini etkileyeceğinden hassas yüzey pürüzlülüğü ve düzgünlüğüne sahiptirler.

Merdanelerden istenilen özellikler her bir merdanenin haddeleme kapasite sürelerini arttırmak ve haddehane giderlerini azaltmak üzerine geliştirilmiştir. Merdane haddeleme kapasitesi o merdane ile haddelenebilecek malzeme tonajını gösterir. Ayrıca belirlenen üretim tonajına göre yapılan merdane değişimleri; üretim hattını durdurduğu için ayrıca maliyet kaybını getirir.

Merdanelerden başlıca şu özelliklere sahip olmaları istenir. Yüksek mekanik aşınma ve termal yorulma direnci, yüksek termal çatlama direnci, kontrollü oksidasyon karakteristiği, arıza kaynaklı hasarlara (çatlaklara) dayanıklılık. Merdaneler öz bölgesi ve bunun üzerinde sertleştirilmiş kabuk bölgesinden oluşurlar. Kabuk bölgesi derinliği aşınarak öz bölgesine ulaşıldığında merdaneler kullanılamaz hale gelirler. Merdaneler, haddehanede şekil 11. 2’ de gösterilen merdane atölyesinde işlenir ve yataklanırlar.



Şekil 11. 2: Haddehane merdane atölyesi görünüm

Yüksek mekanik aşınma ve termal yorulma direnci, merdane üzerinde istenmeyen aşınma profillerinin oluşmasını önleyerek haddeleme kapasite sürelerini uzatma ve hadde değişim sayısını azaltmak amacıyla istenir. Yüksek termal çatlama direnci, haddeleme sırasında oluşan ani ısınma ve soğumalardan oluşan gerilmelerin merdanede derin çatlaklar oluşturmasını önlemek ve dolayısıyla merdane sarfını azaltmak amacıyla istenir. Kontrollü oksidasyon karakteristiği ise merdane üzerinde oluşan oksidasyon tabakası kalınlığını belli sınırlarda tutarak bu oksitlerin malzeme üzerinde tufal kusuru oluşturmasını önlemek amacıyla istenir.

Genişlik kontrolünde kullanılan dik hadde merdaneleri şekil 11. 3' de gösterilmiş ve grafit çelikten üretilmiş, çapları 1100 mm ile 1200 mm arasında değişim göstermekte olup ortalama haddeleme kapasite tonajları 250 bin tondur. Bir dik hadde merdanesi 100 mm kabuğa sahiptir ve değişiminde 2 ile 3 mm derinliğinde yüzey tornalanarak tekrar kullanıma hazır hale getirilir. Bir merdane yaklaşık kırk veya elli kez kullanılabilir.

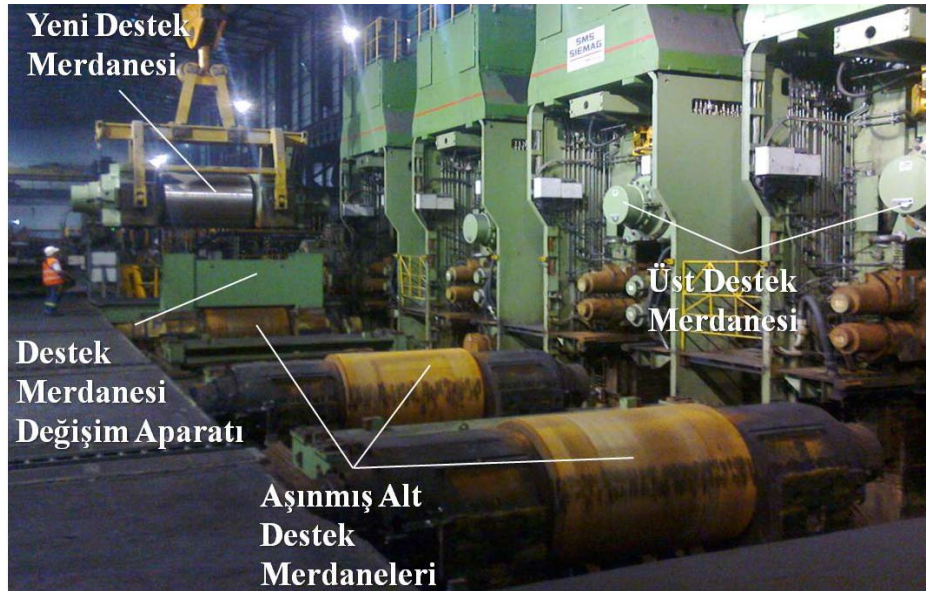
Kaba hadde iş merdaneleri yüksek kromlu dökme çelikten üretilmiş, çapları 1250 mm olup ortalama haddeleme kapasite tonajları 20 bin tondur. Bir kaba hadde iş merdanesi 125 mm kabuğa sahiptir ve değişiminde 2 mm derinliğinde taşlanır. Bir merdane yaklaşık altmış veya altmış beş kez kullanılabilir. Kaba hadde destek merdaneleri dövme veya dökme çelikten üretilmiş, çapları 1500 mm olup ortalama haddeleme kapasite tonajları 150000 bin tondur. Bir kaba hadde destek merdanesi 150 mm kabuğa sahiptir ve değişiminde 3 mm derinliğinde taşlanır. Bir merdane yaklaşık altmış elli defa kullanılabilir.



şekil 11. 3: Dik hadde merdanesi görünümü

Şerit haddede bulunan 1. tezgâh ile 4. tezgâhlar arasındaki tezgâhlarda yüksek kromlu dökme demir malzemeden üretilmiş iş merdanelerin yanı sıra yüksek hız çeliğinden üretilmiş iş merdaneler de kullanılır. Yüksek hız çeliğinden üretilmiş merdanelerin haddeleme kapasite tonajları 5 bin ton, çapları ise 820 mm'dir. Yüksek kromlu merdanelerin haddeleme kapasite tonajları 1500 tondur. Her iki çeşit merdanede de 100mm derinliğe sahip kabuk bulunur ve 0,5 mm derinliğinde taşlanırlar. Yaklaşık iki yüz kez kullanılabilirler. Şerit hadde 5, 6, 7. tezgâhlarında kullanılan iş merdaneleri dökme demir olup 700 mm çapında 70 mm kabuk derinliğine sahiptirler. 0,7 mm derinliğinde taşlanırlar ve yaklaşık yüz kez kullanılabilirler.

Şerit haddede kullanılan destek merdaneleri dövme veya dökme demirden üretilmişlerdir. 1500 mm çapa sahip ve kampanya tonajları 150.000 tondur. 150mm derinliğe sahip kabukları bulunur ve her bir taşlamada 2 mm taşlanırlar. Yaklaşık yetmiş beş kez kullanılabilirler. Destek merdane değişimi şekil 11. 4' de gösterilmiştir.



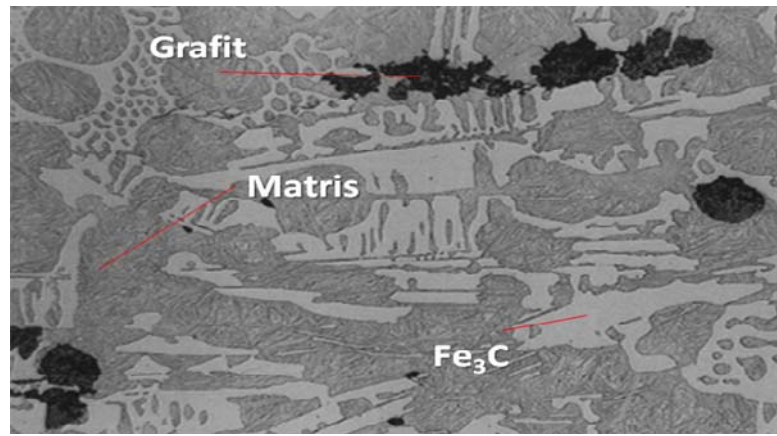
Şekil 11. 4: Şerit haddede destek merdanesi değişimi

11. 3. Şerit Hadde Merdaneleri ve Metalurjileri

Şerit haddede kullanılan iş merdaneleri birebir nihai ürün yüzey kalitesine etki ettiği için önem teşkil etmektedir. Kullanılan iş merdanelerini beş ana grupta toplamak mümkündür. Bunlar: Demir döküm merdaneler, geliştirilmiş demir döküm

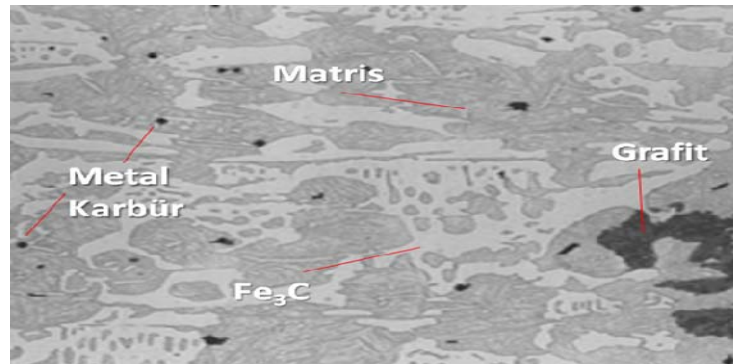
merdaneler, yüksek kromlu demir döküm merdaneler, geliştirilmiş yüksek kromlu demir döküm merdaneleri ve yüksek hız çeliği merdaneleridir.

Belirsiz soğutmalı çift demir döküm merdaneler savurma döküm metoduyla üretilirler. Bu merdaneler uygun mukavemet değerleri ve istenilen sertlik skalasına göre düşük sıcaklıklarda ısıtılma işlemi görmüşlerdir. Şerit haddede dört,beş,alt ve yedinci tezgahlarda kullanılırlar. Beynitik ve martenzitik matrise sahiplerdir.Yapıda Fe_3C karbürleri ve serbest haldeki grafit taneleri bulunur [27] . Mikroyapı şekil 11. 5’ de gösterilmiştir.



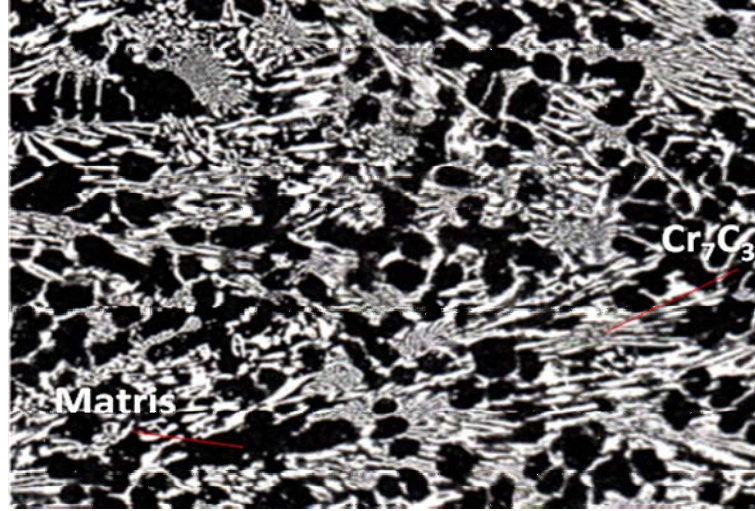
Şekil 11. 5: Demir döküm iş merdanesi mikro yapısı

Şerit haddede kullanılan diğer bir merdane türü de geliştirilmiş demir döküm merdanelerdir. Bu tip merdanelerin üretim yöntemi demir döküm merdaneler ile aynıdır. Şerit haddede dört, beş, alt ve yedinci tezgahlarda kullanılırlar. Beynitik ve martenzitik matrise sahiplerdir. Yapıda Fe_3C karbürleri ve serbest haldeki grafit taneleri bulunur. Ayrıca yapı, homojen olarak dağıtılmış metal karbürleri içerir[27] . Mikroyapı şekil 11. 6’ de gösterilmiştir.



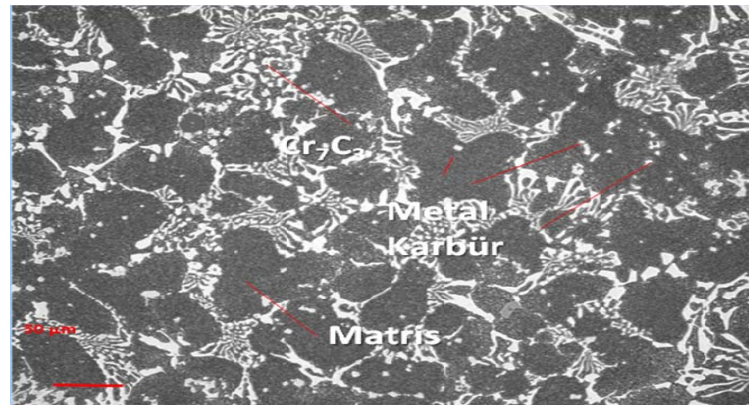
Şekil 11. 6: Geliştirilmiş demir döküm iş merdanesi mikro yapısı

Yüksek kromlu demir döküm merdaneler, belirsiz soğutmalı çift demir döküm merdaneler savurma döküm metoduyla üretilirler. Demir döküm merdanelerindeki gibi düşük sıcaklıklarda değil yüksek sıcaklıklarda ısıtılma işlem görürler. Beynitik ve martenzitik matrise sahiplerdir. Yapısında Cr_7C_3 karbürlerini içerir. Birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü tezgahlarda kullanılırlar [27] . Mikroyapı şekil 11. 7’ de gösterilmiştir.



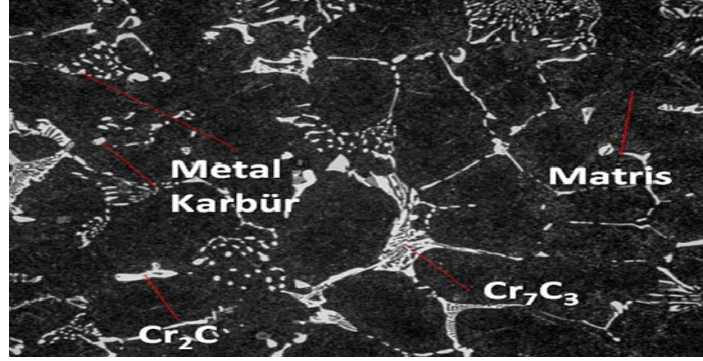
Şekil 11. 7: Yüksek kromlu demir döküm iş merdanesi mikro yapısı

Geliştirilmiş yüksek kromlu demir döküm merdaneler, belirsiz soğutmalı çift demir döküm merdaneler savurma döküm metoduyla üretilirler. Yüksek sıcaklıklarda ısıtılma işlem görürler. Beynitik ve martenzitik matrise sahiplerdir. Yapısında Cr_7C_3 karbürlerini içerir. Ayrıca yapıda homojen olarak dağılmış metal karbürler de bulunur. Birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü tezgahlarda kullanılırlar [27] . Mikroyapı şekil 11. 8’ de gösterilmiştir.



Şekil 11. 8: Geliştirilmiş yüksek kromlu demir döküm iş merdanesi mikro yapısı

Yüksek hız çeliği iş merdaneleri savurma döküm metodu ile üretilir. Yüksek sıcaklıklarda ısıtılma işlem görürler. Beynitik ve martenzitik matrise sahiplerdir. Yapıda yoğun olarak Cr_7C_3 , Cr_2C bulunur. Ayrıca küçük taneli ve düzenli olarak dağıtılmış metal karbürler de yapıda bulunurlar [27] . Mikroyapı şekil 11. 9’ de gösterilmiştir.



Şekil 11. 9: Yüksek hız çeliği iş merdanesi mikro yapısı

Tablo 11. 1: Şerit hadde iş merdaneleri kimyasal içerik tablosu [27]

MERDANE CİNSİ/ELEMENT(%)	C	Si	Mn	Mo	Cr	Ni	W,V,Nb
DEMİR DÖKÜM İŞ MERDANESİ	3.0-4.0	0.5-1.5	0.5-1.6	0.2-0.8	1.5-2.5	4.0-5.0	<0,5
GELİŞTİRİLMİŞ DEMİR DÖKÜM İŞ MERDANESİ	3.0-4.0	0.5-1.5	0.5-1.6	0.2-0.8	1.5-2.5	4.0-5.0	1-4
YÜKSEK KROMLU DEMİR DÖKÜM İŞ MERDANESİ	2.0-3.0	0.5-1.0	0.8-1.2	1.0-1.5	15-20	1.0-1.5	<0.5
GELİŞTİRİLMİŞ YÜKSEK KROMLU DEMİR DÖKÜM İŞ MERDANESİ	2.0-3.0	0.5-1.0	1.0-1.5	1.0-1.5	15-20	1.0-1.5	1.0-2.0
YÜKSEK HIZ ÇELİĞİ İŞ MERDANESİ	1.0-2.0	0.5-1.0	0.5-1.5	2.0-5.0	3.0-5.0	0.5-1.5	2.0-8.0

Aşağıdaki tablolarda sıcak sac haddeleme operasyonunda, şerit haddeleme prosesinde kullanılan iş merdanesi çeşitlerinin kimyasal özellikleri, mekanik özellikleri ve mekanik dirençlerinden söz edilmiştir. Tablo 11.1’ de şerit hadde iş merdanelerinin kimyasal içerikleri görülmektedir. Özellikler yüksek hız çeliği iş merdanesi yapısında bulunan W, V ve Nb oranlarının yüksekliği aşınmaya, çatlak oluşumuna, oksidasyona karşı direncinin yüksek olmasını sağlamıştır. Tablo 11.2’ de şerit hadde iş merdanelerinin mekanik özelliklerini gösteren tablo sayısal değerleri ile birlikte verilmiştir. Yaklaşık olarak aynı sertliğe sahip olan merdanelerin termal iletkenlik sayıları en yüksek olan yüksek hız çeliği iş merdanesidir. Böylelikle haddeleme esnasında ısıtılma merdane bombesinin oluşması daha rahat gerçekleşir fakat

üretim hattında malzeme takılmaları sırasında merdanenin altında sıcak şerit bulunurken merdane soğutma sularının aktif olması halinde yüksek ısıl iletkenlik ile paralel olarak merdanenin çatlama durumu oluşabilir.

Tablo 11. 2: Şerit hadde iş merdaneleri mekanik özellikler tablosu [27]

MERDANE CİNSİ/ÖZELLİK	SERTLİK (ShC)	ÇEKME MUKAVEMETİ (MPa)	TERMAL İLETKENLİK (W/mxK)	YOUNG MODÜLÜ (GPa)	POISSON ORANI	YOĞUNLUK (kg/m3)	SPESİFİK ISI(J/Kg.K)
DEMİR DÖKÜM İŞ MERDANESİ	75-85	350	21	180	0,31	7500	500
GELİŞTİRİLMİŞ DEMİR DÖKÜM İŞ MERDANESİ	75-85	375	20	185	0,31	7500	500
YÜKSEK KROMLU DEMİR DÖKÜM İŞ MERDANESİ	75-85	650	19	220	0,31	7600	450
GELİŞTİRİLMİŞ YÜKSEK KROMLU DEMİR DÖKÜM İŞ	75-85	700	19	220	0,31	7600	450
YÜKSEK HIZ ÇELİĞİ İŞ MERDANESİ	75-85	750	22	235	0,28	7700	430

Tablo 11.3'e şerit hadde iş merdanelerinin mekanik dirençleri karşılaştırılmıştır. Şüphesizdir ki kimyasal bileşimin mekanik direnç özelliklerine etkisi büyüktür. Merdanelerin aşınmaya karşı gösterdikleri direncin yüksekliği ilgili merdane ile haddelenen bobinin yüzey kalitesi ile paralel olarak artmaktadır Yüksek hız çeliğinden üretilmiş iş merdanesinin ısıl iletkenlik katsayısı diğer iş merdanelerine nazaran daha fazla olmasına rağmen yapısındaki W, V , Nb ve Krom karbürler nedeni ile ısıl çatlak direnci diğer merdanelere nazaran daha yüksektir.

Tablo 11. 3: Şerit hadde iş merdaneleri mekanik direnç tablosu [27]

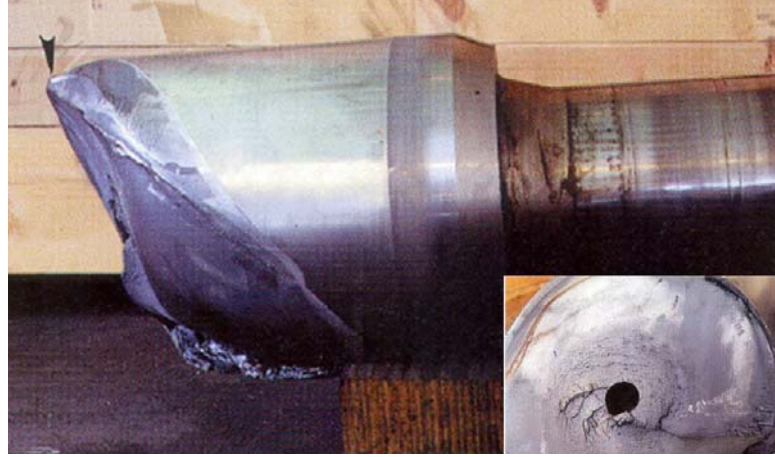
MERDANE CİNSİ/ÖZELLİK	AŞIMAYA KARŞI DİRENÇ	ISIL ÇATLAK DİRENCİ	OKSİTLENMEYE KARŞI DİRENÇ	BOBİN YÜZEY KALİTESİ
DEMİR DÖKÜM İŞ MERDANESİ	++	++	++	++
GELİŞTİRİLMİŞ DEMİR DÖKÜM İŞ MERDANESİ	+++	++	++	+++
YÜKSEK KROMLU DEMİR DÖKÜM	++	++	++	++
GELİŞTİRİLMİŞ YÜKSEK KROMLU	+++	++	++	++
YÜKSEK HIZ ÇELİĞİ İŞ MERDANESİ	++++	+++	+++	++++

+ normal, ++ iyi, +++ çok iyi, ++++ mükemmel

11. 4. Merdanelerin Mekanik Özellikleri ve Deformasyon Teorileri

Merdaneler bugün bilinen mukavemet hesapları yardımı ile merdane zorlanmasıyla ilgili özel problemlerin çözülmesi mümkün değildir. Çünkü hesaplamada sadece statikle ilgili mekanik kanunlar esas alınmaktadır. Dolayısıyla merdaneler bu durumda değişmeyen kuvvetlerle yüklenen makina elemanları gibi görülmektedir. Belli durumlarda bu varsayım özellikle pasolama sırasında ortaya çıkan kuvvetlerle gerilmelerin pek az miktarda değiştiği uzun pasolamalarda gerçeğe yaklaşık olarak uymaktadır. Çok uzun hadde çubuklarında prensip olarak pasolama sonuna doğru haddeleme kuvveti artmaktadır. Çubuk ucunun haddelenmesi esnasında şekil direnci yükseldiğinden çok uzun bir pasolama sonunda haddelenen malzeme soğumaktadır. Bu husus haddelenen malzemenin ucunda bir kalınlık artışına neden olmakta, dolayısıyla haddeleme kuvveti ile gerilmeler de buna ek olarak artmaktadır. Bununla beraber kuvvetler ve gerilmelerin süreye bağlı olarak oldukça az miktarda değişmesi nedeniyle yaklaşık olarak merdanede statik bir yüklenme kabul edilebilir. Pasolama başlangıcı ve pasolama bitişinde haddelenen malzemenin çıkışı ile pasolanması esnasında koşullar çok daha başkadır. Bu safhalar genellikle belirli bir dereceye kadar merdanelerde meydana gelen büyük atalet kuvvetleri nedeni ile darbeli bir yükleme hali ile kıyaslanabilir. Atalet kuvvetleri, daha doğrusu merdane kütleleri birkaç tondan düzinelerce tona kadar varabilir. Merdaneye uygulanan kuvvetler merdane gövdesinde daha uzun bir kısma dağılır veya oldukça kısa bir bölgede sınırlar. Haddeleme hızı ile merdanede dönme sayısı bu safhaları etkilemektedir. Merdanelerde dönme sayısı ne kadar yüksek olursa darbeler ve atalet kuvvetleri de o ölçüde artacaktır. Bu duruma haklı olarak dinamik bir zorlanma söz konusu olabilir. İkinci bir etken de uygulanan kuvvetin büyüklüğüdür. Kuvvet ne kadar büyükse etkisi de o derece fazladır. Darbeli zorlanmalarda gerilmelerin mevcut kısa süre içerisinde tüm merdane gövdesinde teşekkül edemediği ve dolayısıyla kuvvetlerin de merdane yataklarına aktarılamadığı sık sık görülmektedir. Bu arada çok yüksek gerilmeler meydana geldiği taktirde darbe şeklindeki kuvvetin uygulandığı yerde merdane kopmaktadır. Haddehane işletmesinde bilinen bu tür olaylara sık sık rastlamak mümkündür. Kopma bazen çapın en büyük bulunduğu yerde olmak üzere merdane gövdesinde meydana gelmektedir. Bu arada örneğin; merdane muyluları gibi daha zayıf kısımlar ile baskı şaftları altında bulunan ve emniyet elemanları olarak öngörülen kırılma kaplarında bir hasar durumu ortaya çıkmamaktadır.

Yükleme halinden yüksüz duruma geçiş de aynı şekilde pasolama sonunda aniden meydana gelmektedir. Merdanelerde dinamik bir zorlanma ile ilgili olan bu durum şimdiye kadar bilimsel bir şekilde tetkik edilmemiştir. Şekil 11. 10’ da aşırı hadde yüklenmesinden ötürü kırılan bir merdanenin yandan ve kesit görüntüleri verilmiştir. Kırılmanın olduğu yüzey 45 derece açıdadır. Okla kırılmanın başlama noktası görülmektedir [26, 29] .

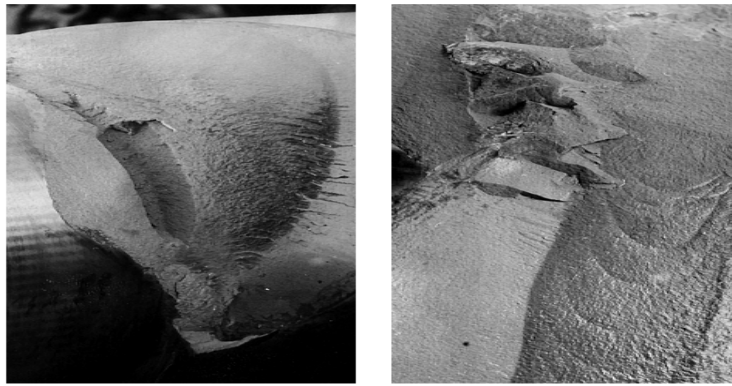


Şekil 11. 10: Aşırı hadde yükü nedeniyle kırılan merdane görünümü [29]

Bunun ötesinde işletmelerde kısmen sürekli olarak tekrarlanan bir zorlanmaya maruz kalan bir merdane şüphesiz ki bir makina elamanıdır. Burada farklı büyüklükte ve tek yönlü torsiyon zorlanmaları ile gene aynı şekilde farklı yükseklikte ve sürekli tekrarlanan eğilme zorlanmaları söz konusudur. Tersinir haddehanelerde torsiyon gerilmeleri de yönlerini değiştirmektedir. Bununla beraber sadece pasolama sırasında zorlanma halinin ortaya çıktığı göz önüne alınmaz. Merdane zorlanmasında her ne kadar sürekli tekrarlanan klasik bir zorlanma söz konusu ise de mukavemet hesabında statik bir yüklenme hali esas alınmaktadır. Bu arada sürekli olarak tekrarlanan mukavemet göz önüne alınmaz [26, 29] .

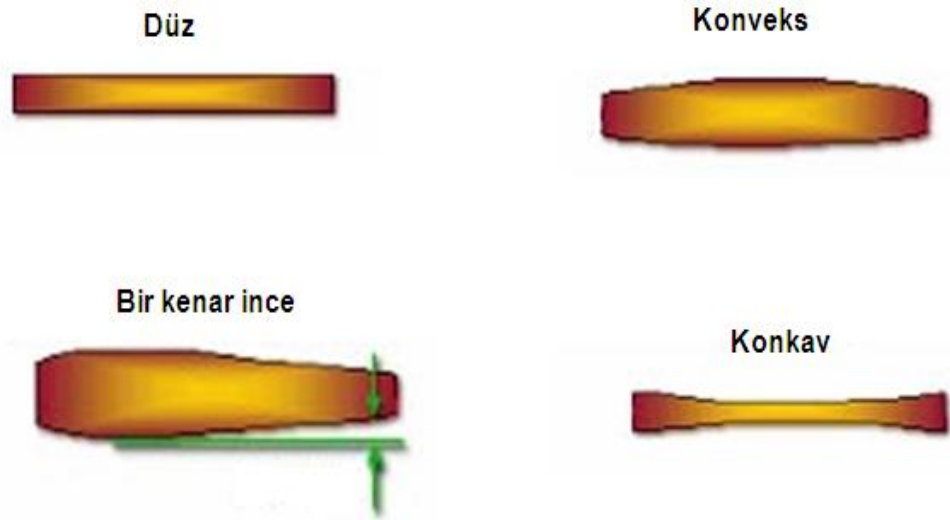
Haddeleme esnasında merdane yüzeyi gitgide aşındığından merdaneler zamanla tekrar torna edilmeli veya taşlanmalıdır. Böylece merdane çapı küçülmemekte ve yeniden tornalama ve taşlama sonunda merdaneden istifade edilen en küçük merdane çapı, merdane ömründe yük değişim sayısı ile belirlenen çapa daha erken ulaşmaktadır. Bu nedenle merdane izin verilen yük değişim sayısına daha ulaşmadan ölçülerin çok küçük olması neden ile çoktan aşınmış olmaktadır. Normal aşınma sonunda nitekim asgari ölçüye kadar aşınmamış olan merdanelerde tipik

sürekli çatlaklar meydana geldiği sık sık görülmektedir. Sürekli tekrarlanan mukavemetin merdanelerde neden göz önüne alınmadığı ile ilgili başka bir neden de merdane yüzeyinde meydana gelen zorlanmadır. Sıcak ve soğuk haddelemede merdane ile haddelenen malzeme arasında etkisini sürdüren basınç nedeni ile yüzeyde merdane malzemesinde belirli bir sıkışma meydana gelmektedir. Bunun sonucu olarak merdanelerde ortaya çıkan ve sürekli tekrarlanan eğilme mukavemetinin iki misli, hatta bazen üç misli yükseldiği gerçektir. Dolayısıyla merdanelerin yüzeyinde teşekkül eden çatlak ağının sebep olduğu zararlı etken önemli bir ölçüde azalmakta ve bu çatlak şebekesi sürekli kırılmalarda ana nedeni teşkil etmektedir. Daha önceki açıklamalardan da anlaşılacağı üzere merdane, şekillendirme yapan bir takımı ifade etmektedir. Dolayısıyla merdaneler hem sıcak hem de soğuk haddelemede önemli bir aşınmaya maruz kalmakta ve haddeleme kuvveti etkisiyle ortaya çıkan bir yorulma kırılmasında gereken yük değişim sayısı elde edilmeden genellikle merdaneler aşınmış olmaktadır. Eğer merdane aşınmasına rağmen ortaya çıkan yüklenmeleri karşılayabiliyor ise çalışması sürdürülebilir fakat yüzey düzgünlüğü bozulduğu için merdane değişimleri söz konusu olmaktadır. Merdaneler değişmediği taktirde bozuk yüzeyli merdaneler ile işlenen malzemelerde kalite kusurları oluşacağı aşıkardır. Bu nedenle merdaneler ile pasolama sırasında ortaya çıkan eğilme ve burulma gerilmeleri bütün merdanelerde en önemli etken olarak görülmektedir. Dolayısıyla sadece sıcak ve soğuk hadde makinelerindeki destek merdaneleri ile aşınmayı dengelemek amacı ile aşınmaya dayanıklı elektrotlarla üzeri kaynak edilen yumuşak çelik merdanelerde yorulma nedeni ile kırılmalar meydana geleceği beklenmelidir [26, 29] . Şekil 11. 11' de yorulma nedeni ile iş merdanesinin kırılması gösterilmektedir.



Şekil 11. 11: Yorulma nedeni ile iş merdanesinin kırılması [30]

Sac ve bandlarda gerek sıcak haddelemede ve gerekse geniş ve dar bandlarda soğuk haddeleme esnasında mamul bandda meydana gelen kesitlerin tam bir dikdörtgen şeklinde olmadığı, bilakis kesitlerin kenarlara oranla ortada daha kalın olduğu bilinen bir gerçektir. Şekil 11. 12’ de mürün kesit profilleri gösterilmiştir. İdeal dikdörtgen kesitler pek ender olarak elde edilir. Bu profil dilinecek malzemelerde tercih edilir. Konkav profil istisnaları teşkil ederken bombeli profil veya konveks profil çoğunluğu göstermektedir. Ancak malzemedeki bombe miktarı sınırlı olmalıdır ki bu yaklaşık 0,025- 0,050 mm’e tekabül eder. Dikdörtgen kesitte ortaya çıkan ölçü sapmaları izin verilen toleransları aşmayacak, mamul ürünlerde yüzey düzgün olacak, yandaki kenarlar yırtılmayacak ve band veya sacların ortası daha doğrusu kenarları dalgalı olmayacak şekilde merdane formunun seçilmesi haddecinin hünerine bağlıdır. Konkav ve bir kenarı ince profil ise istenmez. Bu profiller, kusurlu malzeme profili olarak adlandırılırlar.



Şekil 11. 12: Sıcak sac haddelemede ürün profilleri

Kenarlara oranla gövde ortasında haddeleme aralığı daha dar olan bir merdane çifti ile ideal bir şekilde sacların haddelendiği kabul edilirse konkav ve bir kenarı ince profil formu elde edilir. Bu durumda sac kenarlara oranla ortada daha kuvvetli bir şekilde uzatılmaktadır. Haddeleme esnasında levha ancak pek az miktarda genişlediğinden sac levhada ortada bulunan malzeme, uçlarda dil denilen kısımlar meydana gelecek şekilde boyuna istikamette akacaktır. Buna karşın haddeleme aralığı konkav olduğu taktirde kulak denilen kısımlar meydana gelecek şekilde malzeme öncelikle sac kenarlarından uzayacaktır. Eğer malzemedeki yüksek

plastikleşme özelliği kaybolmamışsa, bağımsız malzeme parçacıkları karşılıklı olarak kolayca kayabiliyorsa; yani bu parçacıklar akabiliyorsa bu durum söz konusudur.

Bununla beraber levha sıcaklığı düşer düşmez veya başka etkenler sebebi ile haddelenen malzemede plastikleşme özelliği azalır azalmaz sac parçacıklarında kayma imkanı sınırlandırılmış olmaktadır. Malzemelerde plastikleşme özelliği oda sıcaklığında kuvvetli bir şekilde azaldığından bu durum soğuk haddeleme için de geçerlidir. Boyuna uzatılan malzeme levha içerisinde herhangi bir yere kaymak zorundadır. Bu tür hallerde ya sacın ortasında veya sacın kenarında katlamalar meydana gelmektedir. Konkav bir haddeleme aralığında kenarlara oranla ortada malzeme daha az uzayacağından bu durumun ortaya çıkması gayet doğaldır. Kuvvetli bir biçimde sıkıştırılan kenardaki bölgeler uygun bir şekilde uzayamaz. Çünkü; ortadaki kısım boyuna doğru olan akmayı ortada engellemektedir. Bu husus ise kenarda bir katlama oluşmasına sebep teşkil etmektedir.

Sıcak haddelemede haddelenen malzeme eğer bir çok haddede haddeleniyorsa veya sıcak haddelenen band bunun peşinden hemen soğuk olarak haddeleniyorsa yassı profillerin haddelenmesi esnasında kesit şeklinin doğru olarak seçilmesi bilhassa önem taşımaktadır. Böyle bir durum merdane gövdesinde, yani söz konusu olan pasolamadan önce veya sonra kalibrede elverişsiz veya hatalı bir şeklin oluşmasını ve haddelenen malzemede daha sonraki pasolamalarda uygun olmayan bir kesit şeklinin meydana gelmesine sebep teşkil etmektedir. Bu durum iş akışında zorluklara, saclarda haddeleme hatalarına ve ıskartalara sebep olmaktadır.

Sac levhada sac kalınlığının sacın ortasında ölçülmesi ile kalınlığın sacın kenarında ölçülmesi arasında oldukça önemli bir fark vardır. Bunun ötesinde her iki halde de ölçme işlemini aynı düzlem içerisinde yapıldığına ayrıca dikkat edilmelidir. Yakın zaman konstrüksiyonu olan sac haddelerinde haddelenen saclarda levha kenarı ile levha ortası arasında meydana gelen kalınlık farkı %2- %10 arasındadır. En düşük olan %2 değeri en iyi haddehanelerde elde edilmektedir. %10'luk bir kalınlık farkı çok elverişsiz olup bu durum eski yöntemle eskimiş sac haddehanelerinde yapılan ince sac haddelenmesinde meydana gelen koşullara hemen hemen tekabül etmektedir.

11. 5. Merdane Profili, Muayenesi ve Taşlanması

Soğuk ve yüksüz durumda merdane gövdesi şekli; dolayısıyla haddeleme aralığındaki şekil yüklenen durumda ortaya çıkan şekilden prensip olarak ayrılmaktadır. Akış halindeki band veya sac arzulanan şekilde değilse bu daha değişik bir merdane taşlaması ile düzeltilebilir. Ancak bu hatanın örneğin; çok yüksek haddeleme kuvveti, doğru olmayan haddeleme sıcaklığı ve benzeri gibi başka etkenlerden ileri gelmediği kabul edilir. Çeşitli büyüklüklerin etkisi incelenirken her defası etkili olan bu büyüklüklerden sadece birinin değiştiği ve diğer büyüklüklerin aynı kaldığı kabul edilmektedir. Haddeleme işleminde bu hususa özen gösterilir ve haddeleme kuvveti de dahil olmak üzere tüm etkili büyüklüklerin sabit kalması hedef olarak alınır.

Merdane gövdesi şekli dolayısıyla pasolama anında her iki merdane arasında kendiliğinden ayarlanan haddeleme aralığı şu etkenlere bağlıdır: Birincisi; etkiyen mekaniksel büyüklükler. İkincisi; sıcaklık koşulları. Üçüncüsü; işletme esnasında merdane aşınması. Dördüncüsü; montaj parçaları, hadde makinaları ve merdanelerdeki konstrüksiyon.

Mekaniksel etkenler olarak merdanede meydana gelen sehim ve merdane yassılaşması büyük önem taşımaktadır. Şekil değiştirme sınırı içersinde, merdaneler yassılaştığı taktirde sıkılaştırılan uzunluk da değişmektedir. Eğilme momentleri ile kesme kuvvetlerinin neden olduğu merdane sehiminin haddeleme aralığında meydana gelen toplam şekil değiştirmeyi elde etmek açısından merdane yassılaşması nispetinde büyütülmesi gerekmektedir. Genişlikteki basınçlar, yani merdane gövdesinde uzunluğuna bir silindir oluşturan basınçlar düzgün bir şekilde dağılırsa, sac kalınlığında ortaya çıkan ölçü sapmaları üzerinde merdane yassılaşmasının etkisi pek azdır. Çünkü; haddelenen malzemede tüm genişlik boyunca merdane yassılaşması hemen hemen aynıdır ve dolayısıyla bu durum çeşitli ölçü farklarına neden teşkil etmemektedir. Buna karşılık genişlik yönünde düzgün olmayan bir basınç dağılımı sonunda ortaya çıkan merdane yassılaşması, haddeleme aralığında meydana gelen prosesleri önemli bir ölçüde etkilemektedir. Gerçekte daima değişik bir basınç dağılımı mevcut olduğundan bu hususa dikkat edilmelidir.

Bununla beraber gövde şekline etki eden en önemli faktör sıcaklık koşullarıdır. Haddelenen malzemenin şekil değiştirmesi için gereken mekaniksel şekil değiştirme işi pasolma esnasında ısı enerjisine dönüşmekte, dolayısıyla haddelenen malzemede sıcaklığın yükselmesi gerekmektedir. Aynı zamanda sıcak haddeleme anında soğuk merdane ile temasa geçen malzeme ısı iletimi nedeni ile soğuk merdaneye ve ısınma yoluyla da çevreye ısı vermektedir.

Merdane gövdesinde sıcaklık artarsa ısı genleşmesi sonunda merdane çapı büyümektedir. Sıcaklık dağılımı düzgün bir şekilde olmazsa bu safha haddelenen malzemede ölçü sapmalarına neden olabilir. Bir merdanede sıcaklık dağılımına şu faktörler etki etmektedir: Birincisi; haddelenen malzeme ile merdane gövdesine ısı verilmesi veya şekillendirme işinin ısıya dönüştürülmesi. İkincisi; merdaneye verilen soğutma suyunun alıp götürdüğü ısı miktarı. Üçüncüsü; ısıнын merdane muyluları üzerinden hadde ayaklarındaki yataklarla çevredeki havaya iletilmesi. Dördüncüsü; ısınma yoluyla çevreye verilen ısı kayıpları. Hesaplama yoluyla bu ısı miktarları ile ısıнын sıcaklık dağılımı üzerindeki etkisini kapsama almak çok zordur ve ancak kaba bir yaklaşımla bu iş yapılabilir. Merdane gövdesine ancak bölgesel olarak ısı verildiğinden ve sadece pasolama anında gövdeye ısı iletildiğinden problem karmaşık bir şekil almaktadır. Bunun ötesinde gövde ortasından itibaren her iki tarafa, yani merdane muylularına doğru ısıнын düzgün bir şekilde yayıldığı kabul edilir. Merdane muylularından ısı yatak zarfına, montaj parçasına, baskı civatasına ve hadde ayaklarına iletilir. Isı bundan başka çevredeki havaya, merdane gövdesini soğutmak amacı ile soğutma suyuna ve aynı şekilde merdane muylularına verilmektedir. Merdane gövdesindeki bu sıcaklık temas süresine, düşüşe, haddelenen malzemedeki sıcaklığa soğutma suyu miktarına bağlıdır. Haddelenen malzeme kenarına göre ısı genleşmesi, daha doğrusu herhangi bir noktada merdanedeki yarıçapın değişmesi nedeni ile merdanede meydana gelen kalıcı bir bombe oluşur. Merdane gövdesi etkili bir biçimde soğutulursa yüzey sıcaklığı düşer ve özellikle gövde ortasında merdane bombeliği azalır. Buna karşılık verilen soğutma suyu azaltılırsa merdane gövdesinde sıcaklık yükselir ve bombelik artar.

Haddeleme aralığındaki şekil haddeleme esnasında iki yolla değiştirilir. Şöyleki, ya merdanede meydana gelen sehim değiştirilir veya merdane çapı değiştirilir. Ancak düşüş büyütülür veya küçültülürse sehim değiştirilebilir. Haddeleme esnasında

mümkün olduğu kadar az pasolama ile belirli bir kalınlık düşmesi hedef alındığından bu imkan hemen hemen hiç söz konusu olmaz. Özellikle sürekli üretim yapan tesislerde basınç ve düşüşlerin haddeleme hızı ile doğrudan uyum halinde olması zorunludur. Bu nedenle haddeleme aralığı ile ilgili şeklin değişmesinde sadece merdane gövdesinde ortaya çıkan bir sıcaklık değişmesi, daha doğrusu gövdede meydana gelen sıcaklık farkları söz konusu olmaktadır. Bu nedenle ya tüm merdane veya merdane gövdesinde belirli kısımlar tavlanaabilir veya kuvvetli bir şekilde soğutulabilir. Sıcak sac haddelemede merdaneler hava ile veya çok düşük debili su ile soğutulur. Soğutma işlemi merdanenin haddeye koşulmasından önce değil merdane hadde tezgahından çıkarıldıktan sonra taşlamaya başlanmadan önce yapılır. Gövdenin tamamı veya sadece gövde kısımları soğutulur. Merdanede ilave bir tavlama gaz börneri ile yapılabilir. Böylece sıcaklık dağılımı çok hassas bir şekilde ayarlanabilir ve haddeleme aralığında arzulanan şekil elde edilir. Fakat tavlama yöntemi pratik uygulamalarda maliyeti arttıracığı için tercih edilmez. Bunun yerine üretim programı daha kalın malzemeler ile haddeleme yaparken merdanenin malzemenin sıcaklığı ile kendisini ısıtması sağlanır.



Şekil 11. 13: Merdane taşlama işlemi ve yüzey muayenesi

Eddy akım metodu taşlama işleminden sonra yumuşak bölge (yaralı bölge), geniş çatlak ve manyetiklenme tespitinin yapılmasında etkili olarak kullanılmaktadır. Şekil 11. 13' de merdane taşlanması esnasında yapılan yüzey muayenesi görülmektedir. Merdane taşlanırken çift sargılı prop merdaneye 1/1,5mm yaklaştırılır. Merdane tarif edilmiş bir hızda dönerken prop merdane boyunca tarifiyenmiş belirli bir hızda ilerleyerek merdanenin her noktasının yüzey kontrolü yapılır. Prop merdane boyunca hareket ederken alternatif akım uygulanması nedeniyle bobinler arasında Eddy akımları oluşur. Elektrik geçirgenliğindeki ani değişim veya bobinler arasındaki akım yolunda değişimler algılanarak ve/ veya ezik olmak üzere iki ayrı kanalda görülebilir. Eddy akım metoduyla merdane yüzey kontrolü için cihaz imalatçısının temin ettiği özel prosedür uygun ölçüm yapılmalıdır. Elektrik iletkenliğindeki değişimler ezilme çentik kanalıyla merdane yüzeyindeki birbirine yakın bölgelerdeki sertlik ve yapı değişimleri tespit edilerek sağlanır. Manyetik bölgeler ise manyetikten etkilenmiş alanda elektrik iletkenliğinin sürekli değişimi ile belirlenir. Manyetik bölgenin varlığının kesin yapılabilmesi için manyetik alan belirleyici cihaz ölçüm yapılarak manyetiklik alanının kesin kanıtlanması gerekir. Merdane yüzeyindeki elektrik akımında değişim meydana getiren kusurlar: yumuşak bölgeler, bölgesel sertleşme, kaba taşlanmış merdane yüzeyi ve merdane yüzeyinde istenmeyen elementlerin toplanmasıdır. Bu kusurlar ezilme/ çentik kamaları yardımıyla ve sesli, ışıklı ve yazıcıdan çıktı alınarak tespit edilir. Çatlak/ parça kopması kanalı çatlakların tespit edilmesine yarar. Prop çatlak üzerinden geçerken malzemeye verilen akım çatlağın sona erdiği bölgeden dolaşarak akım yolunu uzatarak diğer bobine ulaşır. Akım yolundaki bu farklılık çatlak/ parça kopması kanalı tarafından algılanır. Eddy akımı metoduyla 0.006”(0,015mm) genişliğinden küçük çatlaklar algılanamaz. Bu muayene yöntemi merdane taşlaması ile aynı anda uygulanır.

Yeni monte edilen bir merdanede merdane gövdesi uygun bir şekilde taşlanmak suretiyle haddelene aralığında istenilen şekil elde edilebilir. Bununla beraber merdane gövdesinde yapılan bu taşlama işlemi neticesinde band ve sacların haddelenmesinde meydana gelen kalınlık farkı şu koşullar ile önlenabilir: Birincisi; merdane gövdesinde sıcaklık dağılımı mümkün olduğu kadar düzgün olmalıdır. İkincisi; haddelenen bir malzeme düzgün bir şekilde verilmek suretiyle merdane gövdesinde sabit bir sıcaklığın meydana gelmesi temin edilmelidir. Üçüncüsü; aynı

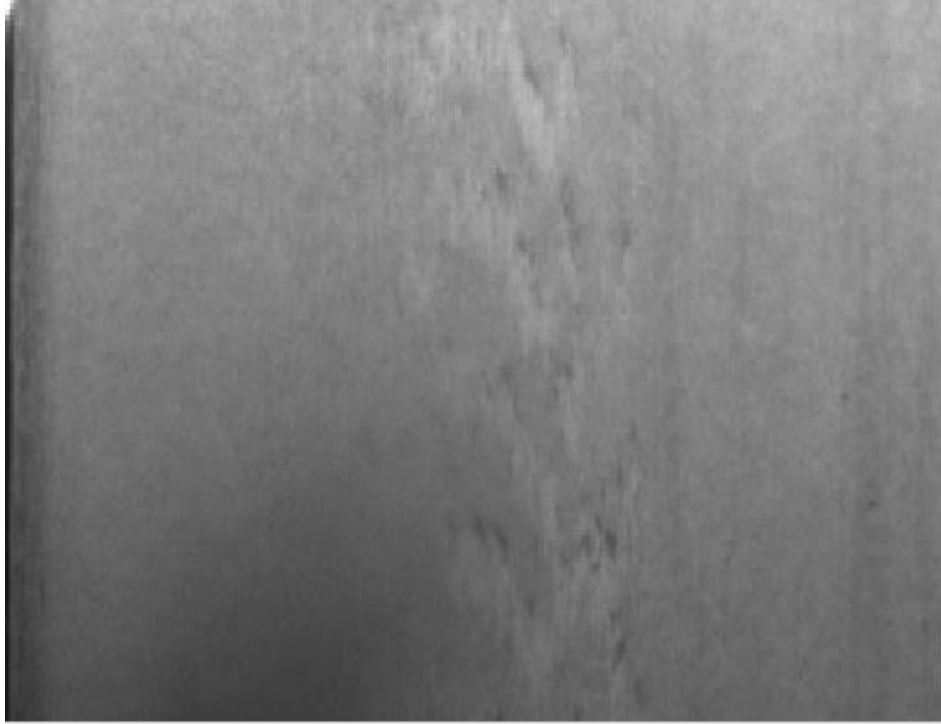
haddede bir çok pasolama ile yapılan haddede düşüşler en son pasolamaya kadar düzgün bir şekilde dağıtılmalıdır. Dördüncüsü; haddelenen malzemede izin verilen ölçü toleransının üstüne çıkılacak şekilde merdaneler aşınır aşınmaz merdaneler değiştirilmelidir.



Şekil 11. 14: Merdane taşlama tezgahı ve taşlama işlemi

Sıcak sac haddehanelerinde bulunan ve su ile soğutulan merdaneler 0,10 – 0,15 mm bombeli olarak şekil 11. 14’ de görüldüğü gibi taşlanır. Her iki durumda da sert döküm merdaneler söz konusudur. İnce saclardaki sıcak merdaneler haddeleme esnasında sadece su ile soğutulur. Basınçlı su gruplar halinde düzenlenen memelerle gövdeye verilir. Bu merdanelerde en elverişli işletme sıcaklığı 300 °C- 400 °C arasındadır. Bu arada gövdedeki yüzey sıcaklığının aşağı yukarı 400 °C olması daha iyidir. Gövde ortası ile gövde kenarı arasındaki sıcaklık farkı merdane uzunluğuna bağlı olup bu sıcaklık farkı 30 °C – 50 °C arasındadır. Aşağıda verilen nedenlerden dolayı 400°C’ ın üzerindeki gövde sıcaklıkları elverişli değildir. Dolayısıyla bu sıcaklıklarda çalışmak alışkanlık haline gelmemiştir. Çalışıldığı taktirde şu sorunlar ortaya çıkacaktır: Bir; merdane malzemesinde mekanik mukavemet aşağı yukarı %30 nispetinde düşer. İki; 450 °C’ deki sıcaklıklarda sert kabukta bir grafitleşme hali görünür. Üç; 450°C – 500 °C sıcaklıkta sac yüzeyinde meydana gelen tufal merdaneye yapışmaya ve merdanenin içerisine nufus etmeye başlar. Bu tufal

merdane yüzeyinden malzeme yüzeyine işleyeceği için malzemede hadde tufalı denilen malzeme kusuru oluşur. Bu durum şekil 11. 15’ de görülmektedir.



Şekil 11. 15: Malzeme üzerindeki hadde tufalı kusuru

11. 6. Merdane Aşınması

İşletmede kullanılan iş ve destek merdaneleri kullanıldıkça aşınırlar ve bunun sonucunda malzemede meydana gelen ölçü farkları daha da büyümektedir. Şekil 11. 16’ da aşınmış merdane yüzeyleri görülmektedir. Haddelenen malzeme ile merdane yüzeyi arasında meydana gelen sürtünme safhaları merdanelerin aşınmasında genellikle ana neden olarak düşünülmektedir. Bilindiği üzere merdane üzerindeki çevresel hızla haddelenen malzeme üzerindeki hareket hızı sadece akma ayrılması düzleminde birbiriyle uyum halindedir. Akma ayrılması önünde, yani yığılma bölgesi denilen bölgede merdane yüzeyine kıyasla haddelenen malzeme daha yavaş hareket etmekte ve bu bölgenin arkasında bulunan çabuklaşma bölgesinde haddelenen malzeme daha hızlı şekilde akmaktadır. Bundan başka boşluklu veya bombeli taşlama nedeniyle merdane çapı, merdane gövdesi boyunca ani büyüklükte olmayacak, dolayısıyla merdane üzerindeki çevresel hız da değişecektir. Bunun ötesinde imalat itibarıyla alt ve üst merdanelerde belirli çap farkları bulunmaktadır. Her iki merdane bağımsız olarak tahrik edildiğinden tahrik motorlarında dönme sayıları arasında farklar meydana

geldiğinden tahrik motorlarında dönme sayıları arasında farklar meydana geldiği taktirde merdanelerde de birbirine eşit olmayan çevresel hızlar ortaya çıkabilir.



Şekil 11. 16: Aşınmış iş merdanesi yüzeyleri

Haddelenen malzemedeki şekil değiştirme mukavemetinin büyük ölçüde dengeleyici bir malzeme akışına izin vermediği ve yukarıda söz konusu edilen durumlarda da haddelenen malzemenin daha bariz bir şekilde genişleyemediği bir durum tetkik edilirse ortaya çıkan hız farkları ancak merdane yüzeyi ile haddelenen malzeme arasında meydana gelen kayma safhaları ile dengelenebilir. Yani ilave bir sürtünme durumu ortaya çıkar. Ayrıca destek merdanesi ile çalışan iş merdanesi arasındaki sürtünme de buna eklenmektedir. Bu arada çalışan merdaneler ile doğrudan temas halinde olan her merdane de destek merdanesi olarak görev yapmaktadır. Merdane çapları ile gövde şekilleri hiç bir zaman hassas bir şekilde uyum halinde olmadığından bu durumda da ilave bir sürtünme hali ortaya çıkmaktadır. Çünkü

çevresel hızlar birbirine eşit değildir ve merdaneler farklı bir şekilde aşınmaktadır. Yeter derecede sert ve zor aşınabilen bir malzeme kullanmak suretiyle merdanede meydana gelen aşınmayı azaltıcı çareler aranmalıdır. Örneğin sert döküm veya 570-670 Brinell sertliği kadar sertleştirilen alaşımlı çelik bu tür bir malzemedir.

Tablo 11. 4: İşlenen malzeme bilgilerine göre merdanedeki aşınmanın değişimi

TEZGAH NO	MERDANE CİNSİ	MERDANE ÇAPI(mm)	İŞLENEN MALZEME METRAJ(Km)	İŞLENEN MALZEME TONAJI(Ton)	AŞINMA (µm)
F-1	Yüksek Hız Çeliği	790,298	10,9406	6004,65	1,39197
F-2	Yüksek Hız Çeliği	796,986	24,3569	6004,65	8,3453
F-3	Yüksek Hız Çeliği	796,179	72,066	6004,65	54,7565
F-4	Yüksek Hız Çeliği	795,578	102,18	6004,65	302,795
F-5	Dökme Demir	632,771	47,6104	1872,28	362,158
F-6	Dökme Demir	665,627	59,2262	1872,28	320,472
F-7	Dökme Demir	698,325	65,066	1872,28	284,72

Tablo 11. 4’ de şerit haddede kullanılan merdanelerin işlenen malzemenin metrajı ve tonajı baz alınarak aşınma bilgileri belirtilmiştir. İlk dört tezgahta kullanılan yüksek hız çeliği merdaneler yaklaşık altı biner ton malzeme haddelemiş ve oluşan aşınmalar yukarıda belirtildiği gibi tezgahların ezme miktarı, kalınlık azalması ve paralel olarak artan haddeme kuvveti ile doğru orantılı olarak artmıştır. Ayrıca buna paralel olarak artan çevresel hız ile de doğru orantılı olduğu görülmüştür. Son üç tezgahta görülen aşınma değerleri git gide azalmasının nedeni ise ezmenin son tezgahlara doğru azalması ve haddeme kuvvetinin ilk dört tezgaha nazaran azalması ve kullanılan merdane malzeme çeşididir. Ayrıca yüksek hız çeliğinden üretilen merdanelerin aşınma direnci dökme demir merdanelere kıyasla daha yüksek olduğu için daha yüksek tonajda ve metrajda fakat daha düşük devirde aşınma değerleri daha düşüktür.

11. 7. Üretim Programının Merdane Aşınmasına Etkisi, Merdane Değişimi ve Üretim Programının Tespiti

Haddeme programının doğru bir şekilde seçilmesi merdane aşınması yönünden işletmede çok önemlidir. Çünkü; program sayesinde merdanedeki aşınma ile mamul malzemede ortaya çıkan ölçü farklarına önemli bir şekilde etki edebilmektedir. İnce ve geniş malzemeler haddelenirken orta kısma oranla kenarlar daima daha soğuktur. Çünkü haddeme esnasında malzeme kenarları daha çabuk soğumaktadır. Band ve

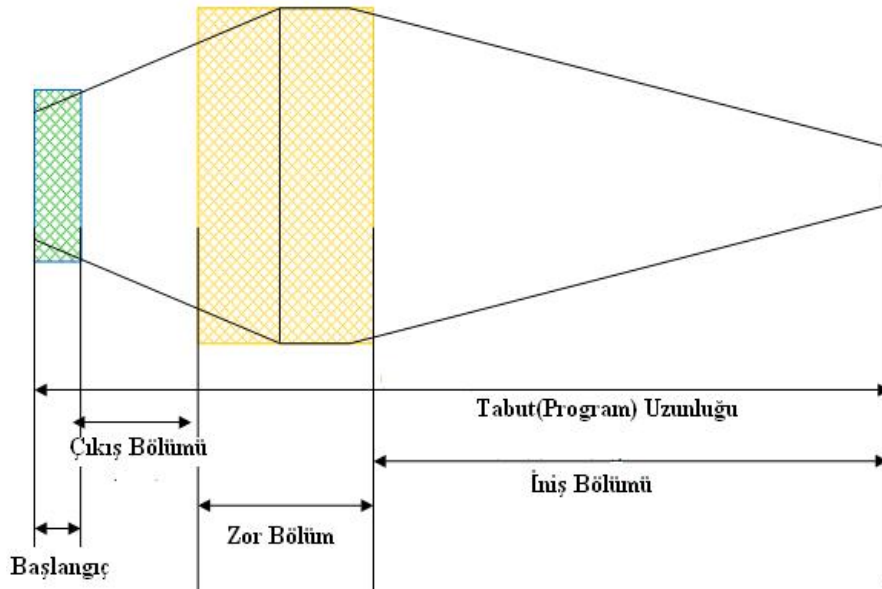
saclar haddelenirken bu durum göz ile izlenebilir. Daha yüksek şekil değiştirme direnci nedeni ile gövde ortasına kıyasla kenarda daha kuvvetli bir merdane aşınması meydana gelmektedir. Dar band veya sacları haddelemekle işe başlanırsa genellikle merdaneler orta kısımları aşınacak ve gövde kısmı tekrar taşlanmadan daha geniş saca geçiş mümkün olmayacaktır. Bununla beraber ilk etapta en geniş bandlar veya saclar haddelenecek şekilde haddeleme programı seçilir ve izin verilen merdane aşınması elde edilinceye kadar çalışılırsa genellikle fazla bir güçlük ortaya çıkmadan daha düşük bir genişliğe geçilebilir. Çünkü merdane gövdesinde orta kısma oranla merdane yeniden taşlamayı zorunlu hale getirecek kadar kuvvetli bir şekilde aşınmamış olacaktır.



Şekil 11.17: Aşınan iş merdanelerinin üretim programına göre değişimi

Sıcak sac haddeleme işleminde, haddelenip bobin haline getirilecek slablar, üretim başlamadan tav fırını içerisine üretim programı sırasıyla şarj edilirler. Üretim programı mevcut siparişler temel alınarak üretim planlama tarafından gerçekleştirilir

ve üretilecek program tarihinden bir gün önce ilgili departmanlara ve kişilere yayınlanır. Günlük program ara programlara ayrılmıştır ve her ara programın ardından şerit haddede şekil 11. 17' de görüldüğü gibi iş merdane değişimi yapılır. Hem iş merdanesi değişimi ile geçen süreden kayıp hem de çıkan merdanelerin taşlanma ve haddeleme kapasite sürelerinin azalması açısından iyi bir program hazırlamak işletme maliyetlerini düşürür. Ara program içerdiği bobin ölçüleri açısından bir tabuta benzemektedir ve şekil 11. 18' de bu gösterilmiştir. Buradaki zor bölüm haddehanenin genişlik ve kalınlık bakımından üretim ölçü kapasitesinin zorlandığı bölümdür. Her haddehanenin kapasitesine göre değişim gösterir.



Şekil 11. 18: Üretim ara programı hazırlanırken kullanılan tabut metodu

Günlük üretim tonajı mevcut siparişe göre değişim gösterebildiği gibi bir program en az 2500 ton ve en fazla 4500 ton olabilir. Örnek bir üretim programı tablo 11. 5' de verilmiştir. Bu tonaj belirlenmesinde haddelerin yüzeylerinin aşınması, haddelenecek bobin kalınlığı ve genişliği göz önünde bulundurulur. Bir ara programın tonajı, toplam üretilecek bobin metrajına da bağlıdır. Bir ara programda üretilecek bobin metrajının 80 kilometreyi geçmesi istenmez. Ayrıca üretim hattındaki kırpıntı makasın bir diğer fonksiyonunun transfer malzemesi haddelenirken istenilen metraja göre kesip, bir slabdan iki bobin üretmesidir. Program başlangıç bobinleri kalınlığı ve genişliği, üretim hattının ısınması, operatörlerin gerekli ayarları yapması bakımından önemlidir. Bu yüzden program başlangıç bobin kalınlıkları en az 3mm ve en fazla 6mm olabilir. Ayrıca kaba hadde için başlangıç slablarının kalınlığı en

çok 220mm ve en az 200mm olmalıdır. Başlangıç bobinlerinde diğer önemli bir husus genişliktir. Başlangıç bobin genişlikleri en az 1000mm ve en çok 1250mm olmalıdır.

Tablo 11. 5: Dört merdane değişiminden oluşan bir günlük üretim programı

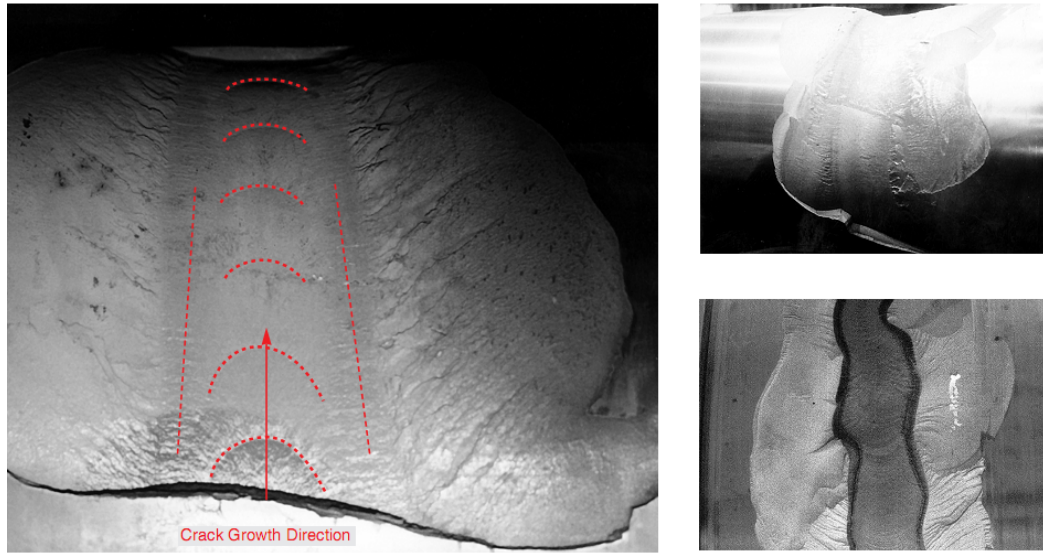
Hat	Adet	Slab Kalınlık	Slab Gen.	Slab Boy	Slab Kalite	Slab Ağırlık	Toplam Ağırlık	Bobin Kal	Bobin Gen	Toplam Ağırlık	Metraj
1	1	220	1250	11800	S 235 JR-1	25.473	25.473	2,5	1215	25091	1.068
	8	220	1300	10000	SAE 1008	22.451	179.608	3,5	1265	176914	5.168
	12	220	1300	10000	SAE 1008	22.451	269.412	3	1265	265371	9.043
	7	220	1300	10000	SAE 1008	22.451	157.157	2,5	1265	154800	6.330
	2	220	1250	11800	SAE 1008	25.473	50.947	2	1240	50182	2.617
	7	220	1250	11800	SAE 1008	25.473	178.313	3	1235	175638	6.131
	4	220	1250	11800	SAE 1008	25.473	101.893	2	1235	100365	5.255
	1	220	1250	11800	SAE 1008	25.473	25.473	3	1215	25091	890
	5	220	1100	11800	SAE 1008	22.416	112.082	2,5	1085	110401	5.264
47										1083853	41.767
2	1	220	1250	11800	S 235 JR-1	25.473	25.473	2,5	1215	25091	1.068
	8	220	1300	10000	SAE 1008	22.451	179.608	3,5	1265	176914	5.168
	12	220	1300	10000	SAE 1008	22.451	269.412	3	1265	265371	9.043
	12	220	1300	10000	SAE 1008	22.451	269.412	2,5	1265	265371	10.852
	2	220	1250	11800	SAE 1008	25.473	50.947	2	1240	50182	2.617
	7	220	1250	11800	SAE 1008	25.473	178.313	3	1235	175638	6.131
	4	220	1100	11800	SAE 1008	22.416	89.666	2,5	1085	88321	4.211
46										1046888	39.091
3	1	220	1250	11800	S 235 JR-1	25.473	25.473	2,5	1215	25091	1.068
	10	220	1300	10000	SAE 1008	22.451	224.510	3	1265	221142	7.536
	15	220	1300	10000	SAE 1008	22.451	336.765	2,5	1265	331714	13.565
	2	220	1250	11800	S 235 JR-1	25.473	50.947	2	1250	50182	2.596
	2	220	1250	10000	S 235 JR-1	21.588	43.175	1,80	1250	42527	2.444
	1	220	1250	11800	SAE 1008	25.473	25.473	2	1240	25091	1.308
	12	220	1050	11800	SAE 1008	21.398	256.770	3	1035	252919	10.534
	2	220	1050	11800	S 235 JR-1	21.398	42.795	2,2	1025	42153	2.418
45										990820	41.471
4	1	220	1250	11800	S 235 JR-1	25.473	25.473	2,6	1250	25091	998
	12	220	1300	10000	SAE 1008	22.451	269.412	3,5	1265	265371	7.752
	12	220	1300	10000	SAE 1008	22.451	269.412	3	1265	265371	9.043
	5	220	1300	10000	SAE 1008	22.451	112.255	2,5	1265	110571	4.522
	2	220	1250	11800	SAE 1008	25.473	50.947	2	1240	50182	2.617
	10	220	1250	11800	SAE 1008	25.473	254.733	3	1235	250912	8.758
	5	220	1250	11800	SAE 1008	25.473	127.366	3	1215	125456	4.451
47										1092954	38.142
5	2	220	1250	11800	S 235 JR-1	25.473	50.947	6	1250	50182	865
	2	220	1500	10000	S 235 JR-1	25.905	51.810	6	1500	51033	733
	2	220	1500	10000	S 235 JR-1	25.905	51.810	5	1500	51033	880
	2	220	1500	10000	S 235 JR-1	25.905	51.810	4	1500	51033	1.100
	2	220	1500	10000	S 235 JR-1	25.905	51.810	3	1500	51033	1.467
	1	220	1250	11800	S 235 JR-1	25.473	25.473	2	1250	25091	1.298
	2	220	1250	10000	S 235 JR-1	21.588	43.175	1,80	1250	42527	2.444
	5	220	1250	10000	S 235 JR-1	21.588	107.938	1,50	1250	106318	7.333
	3	220	1250	11800	SAE 1008	25.473	76.420	2	1240	75273	3.925
	16	220	1250	11800	SAE 1008	25.473	407.572	3	1235	401458	14.013
	3	220	1050	11800	S 235 JR-1	21.398	64.193	2,2	1025	63230	3.626
40										968212	37.686

Toplam Tonaj : 5.182.726

11. 8. Parametrenin Değişiminden Kaynaklanan Merdane Kusurları ve Hasarları

11. 8. 1. Basınç çatlakları

İlk aşamada merdanenin silindirik yüzeyinde veya yakınlarında aşırı yüklenmeden ötürü bir ya da daha fazla bölgesel olarak basınç çatlakları oluşur. Çoğu zaman oluşan bu çatlaklar haddeleme yönüne paralel olarak konumlanmışlardır fakat radyal olmayan doğrultuda çoğalırlar. İkinci aşama da yorulmadır. Çoğunlukla kedi tırnağı şeklindeki çatlama bantları, çevresel olarak silindirik yüzeye paralel bir şekilde konumlanırlar. Bu kusurun yayılma yönü, haddeleme yönü ile ters doğrultudadır. Yayılma merdanenin çalışan yüzeyinde gelişir ve büyük bir parça şeklinde merdane yüzeyinden düşene kadar çatlamların genişliği ve derinliği artar. Kusura ait görsel bilgi şekil 11. 19’ da verilmiştir.



Şekil 11. 19: Merdanelerde basınç çatlakları ve çatlak nedeniyle parça kopması[30]

Bu kusura lokal olarak gelen yüksek yükler, üretim hattında kalan hurda malzemeler, şerit kuyruğunun çift katlı olması, merdane kabuk malzemesinin kesme mukavemetinin aşılması ve çatlaklara sebebiyet vermesi neden olabilir. Bu bir haddeleme operasyonu kusurudur.

11. 8. 2. Dönen eğilme yorulması kaynaklı kusurlar

Kırılma yüzeyi çok kaynaktan başlayan yorulma izi olarak tarif edilebilir.(Cırcır dişlisine benzer izler olarak da tarif edilebilir).Yüzeyden başlayan yorulma çatlakları

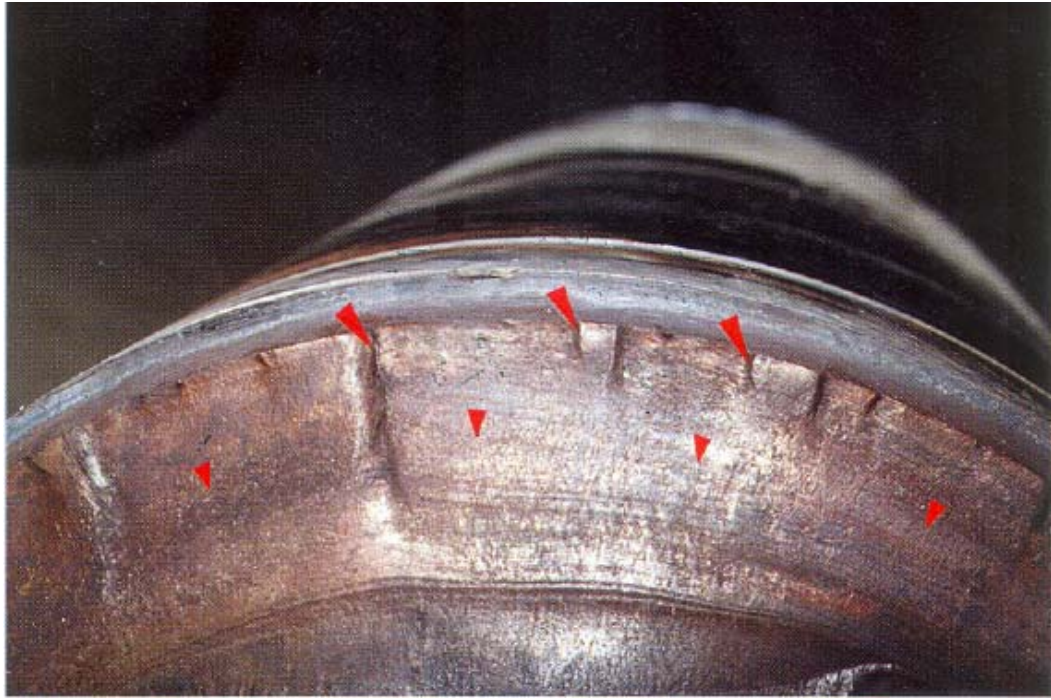
kırılma yüzeyinin tanjantına dik yönde ilerler. Bazen hasar başlama bilgeleri arasında yorulmanın başlaması ve merdane merkezine doğru kademeli (kumsala vuran dalgalar şeklinde) ilerlediğini çıplak gözle görebiliriz. Yorulma çok noktadan başladığı için cırcır dişlisi izi olarak tarif edilmiştir. Bazı durumlarda yorulma merdane muylusunun tek bir bölgesinden başlar göz yaşı şeklinde genişleyerek ilerlediği çıplak gözle görülebilir. Şekil 11. 20’ de dönen eğilme yorulması nedeniyle kırılan bir merdane muylusu görülmektedir. Büyük oklarla çatlakların cırcır dişlisi şeklindeki başlama noktaları, küçük oklarda malzeme yorulması ilerleme yönüne doğru dalga şeklinde tutulma noktaları görülmektedir.



Şekil 11. 20: Döner eğilme yorulması nedeniyle kırılan bir merdane muylusu [29]

Haddeleme esnasında meydana gelen gerilimlerin merdane muylusundaki malzemenin mukavemetini geçmesi neticesini oluşturur. Haddeleme esnasında malzemeyi inceltmek için gerekli kuvvet merdane muyluları vasıtasıyla uygulanır. Bu sebeple merdanenin her bir noktası her bir dönmede eğilme ve bası gerilmelerine maruz kalır. Merdane muylu yüzeyindeki noktalar merkezden en uzak konumda oldukları için en fazla bası ve çeki gerilmesinin etkisinde kalırlar. Gerilimler muylu boyunca değişik yerlerde yoğunlaşırlar. En fazla yoğunlaştığı yerler çap değişikliklerinin olduğu veya diğer yüzey kusurlarının olduğu bölgelerdir. Gerilimler

genellikle kesit değişimlerinde yoğunlaşır. Buralarda dönen eğilme gerilimleri muylunun diğer bölgelerine göre daha yüksektir. Eğer muylulara uygulanan haddeleme yükü gerilimin yoğunlaştığı bölgelerde malzemenin çekme yorulma mukavemetini geçerse yüzey çevresi çatlak(ları) oluşacaktır. Bu çatlak(lar) merdane eksenine doğru geçiş düzleminde ilerler, sonra çatlağın çevresindeki malzemenin mukavemeti yorulma çatlakları ilerledi ise cırcır dişli profili oluşur. Bu tür yorulmalar geçiş düzleminde bir başka çatlağın kenarına erişinceye kadar devam eder. Çatlakların küçük aralıklarla boylanmasına yerleşimleri cırcır dişlisi formunu oluşturur. Dönen eğilme gerilmesi neticesi kırılan merdane muylusunun kırık kesitinin yakından görünümü şekil 11. 21’ de verimiştir. Büyük oklar bazı çatlak başlama noktalarını göstermektedir. Küçük oklar ise yorulma izlerinin tutulma düzlemlerini (plaj dalgaları) ve ilerlemelerinin yönünü göstermektedir.



Şekil 11. 21: Dönen eğilme yorulması nedeniyle kırılan bir merdane muylusu yakından kesit görünümü [29]

Dönen eğilme gerilmesi neticesi tek noktadan başlayan çatlak nedeniyle kırılan merdane muylusunun kırık kesitinin yakından görünümü şekil 11. 22’ de verilmiştir. Büyük ok yüzeydeki çatlak başlama noktasının göstermektedir. Küçük ok ise yorulma izlerinin tutulma düzlemlerini göstermektedir.



Şekil 11. 22: Dönen eğilme gerilmesi neticesi tek noktadan başlayan çatlak nedeniyle kırılan muylu [29]

11. 8. 3.Yüzey altı hatası kaynaklı kusurlar

Yüzey altındaki kusurdan kaynaklanan yorulma kalitesiz malzemeden veya merdane tasarımından (boşaltılmış delik) kaynaklanır. Bu tür bir hasarı kırılma kesitinin yüzey altında kalan bölümünde oval yorulma izleri (balık gözü) olarak ayırabiliriz. Böyle bir kırılmada yorulmanın bir noktadan başladığını, yorulma izlerinin (plaj dalgaları) başlangıç noktasından oval olarak genişlediğini gözlemleyebiliriz. Bu kusur yüzey kaynaklı kusurla karıştırılmamalıdır. Yüzey kaynaklı kusur tek noktadan göz yaşı şeklinde veya cırcır dişlisi gibi çok noktadan başlamaktadır. Aşağıdaki resimde merdane muylu yüzeyindeki delik nedeniyle oluşan çevresel çatlak görülmektedir.

Şekil 11. 24' de yüzey altı kusuru nedeniyle kırılmış bir muylunun kırılmış kesiti görülmektedir. Kırılmadan önceki yorulma bölgesinin başlangıcı okla gösterilmiştir. Sağ alt kısımda görülen muylunun yakın plan görünümü verilmiştir. Ok merdane muylusundaki hatalı kısmı göstermektedir. Yüzey altı kusur nedeniyle oluşan yorulmanın tutulduğu izler kusurlu bölgenin çevresinde görülmektedir. Şekil 11. 23' de merdane muylu yüzeyindeki delik nedeniyle oluşan çatlak görülmektedir.



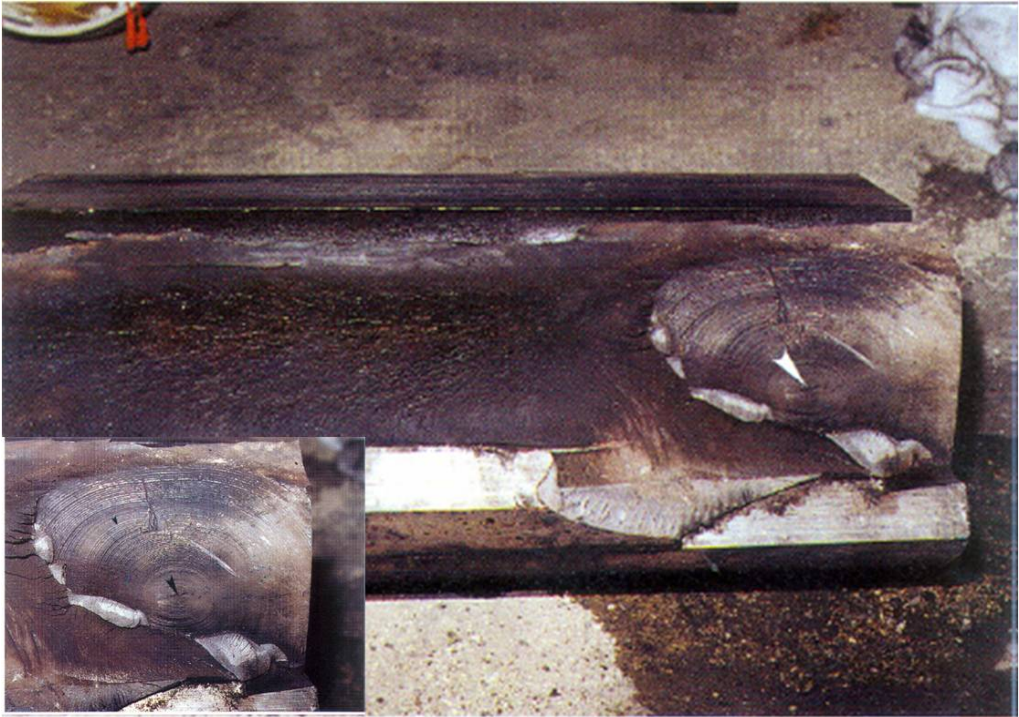
Şekil 11. 23: Merdane muylu yüzeyindeki delik nedeniyle oluşan çevresel çatlak [29]

Malzemenin katılaşması esnasında düzensizliklerin bir yerde toplanması imkanı vardır. Düzensizlik gaz boşluğu, curuf, kum, refrakter malzemesinden, malzeme içindeki elemanların istenmeyen şekilde bir araya gelmesinden (segregasyon) ve bunun gibi kusurlardan kaynaklanabilir. Bu düzensizlik merdanenin çalışması esnasında gerilim toplanması için önemli bir faktördür. Merdanenin yüzey altındaki üfleme deliği gibi özel delik ve kanallar da gerilim birikimi için bir sebeptir. Yüzey altı kusurların meydana getirdiği muylu kırılması temel olarak iki sebepten kaynaklanır: Birincisi; belirli bir yerde toplanmış gerilme malzemenin yorulması mukavemetini geçerse bu bölgede çatlak oluşur ve içeriden dışarıya doğru ilerler. Yorulmanın tutulma izleri genellikle aynı düzlemde her yöne ilerlemeye başlar.

İkincisi; hatalı bölgenin çevresindeki malzemenin mukavemeti kırılma oluşmasına imkan verecek derecede azalırsa. Şekil 11. 25' de yüzey altı kusuru nedeniyle kırılmış bir merdane gövdesi görülmektedir.



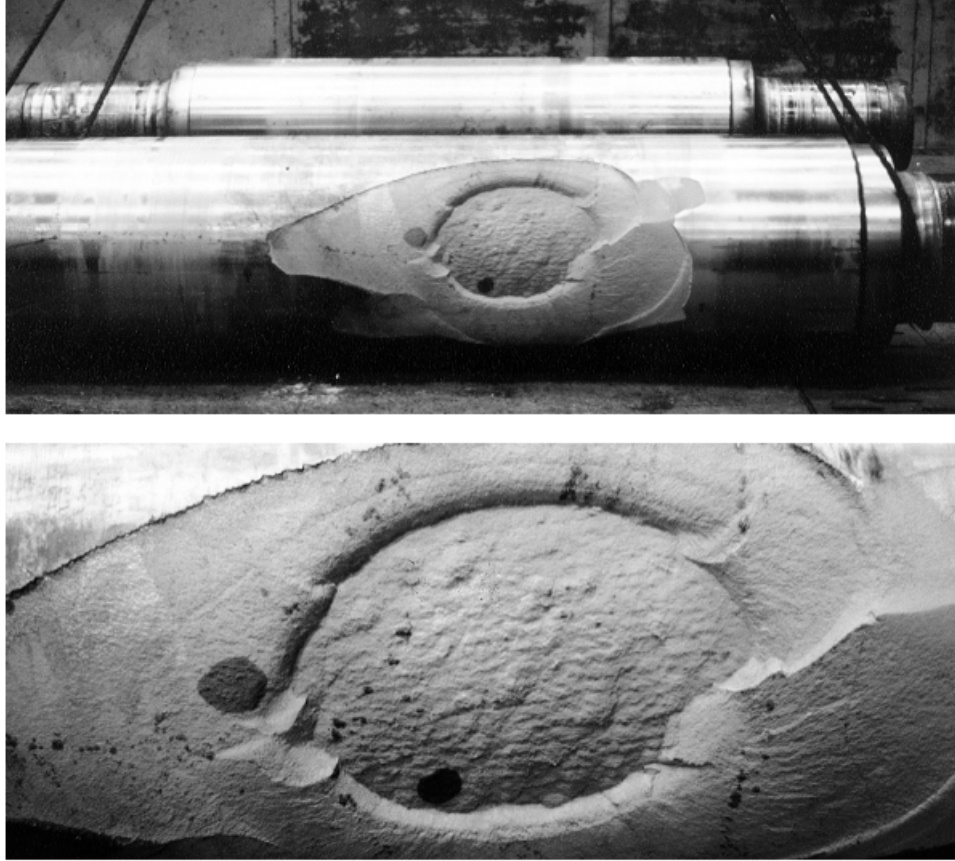
Şekil 11. 24: Yüzey altı kusuru nedeniyle kırılmış bir muylu görünümü [29]



Şekil 11. 25: Yüzey altı kusuru nedeniyle kırılmış bir merdane gövdesi görünümü [29]

11. 8. 4. Merdanede kabuk ve özün birbirinden ayrılması

Merdane yüzeyinden, kabuğun büyük bir parçasının özden ayrılarak düşmesi zayıf metalürjik ara faz yapışmasından ötürü meydana gelir. Bu noktada çatlak, hızlı bir şekilde silindirik yüzeyde büyür ve parça kopar. Bu kusurun oluşma sebebi şudur. Merdanelerin dökümü esnasında ana hedef öz ile kabuk arasında mükemmel bir yapışma fazı yakalamaktır. Kabuğun öze yapışma mukavemeti düşerse kabuğun da daha kolay bir şekilde parça halinde kopup düşeceği aşikârdır. Bu yapışma mukavemetini düşüren koşullar olarak; kabuk ve öz arasındaki oksit tortu tabakası, ara yüzeydeki cüruf kalıntıları, fazla karbürler, mikro poroziteler, sülfür gibi metal olmayan inklüzyonlar sayılabilir. Bu bir merdane dökümü kusurudur. Kusura ait görsel bilgi şekil 11. 26’ da verilmiştir.

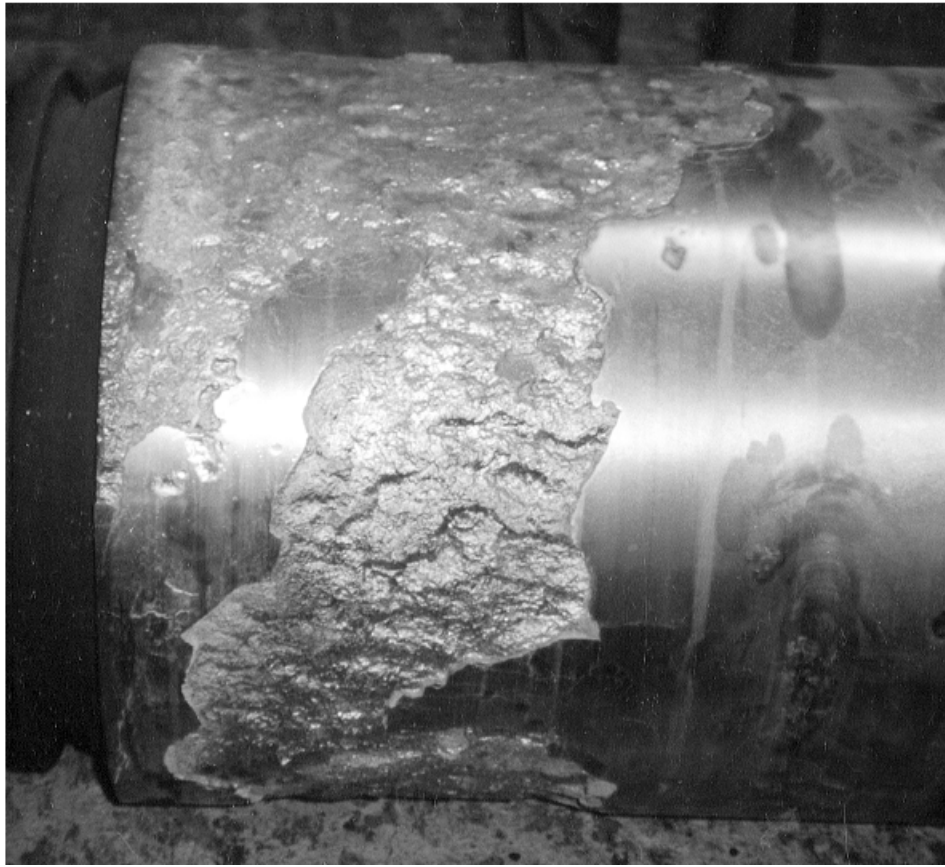


Şekil 11. 26: Merdanelerde kabuk ve özün birbirinden ayrılması [30]

11. 8. 5. Yetersiz kabuk derinliği

Merdanede, kabuk metali ile öz metali ara yüzü tamamen birbirine kaynamış fakat kabuk düzensiz olarak hurda ölçüsünde olabilir. Fazla grafit ve az alaşım içeren öz

metali, kabuk malzemesinden daha yumuşak olur ve gri renkte kendini belli eder. Kabuk malzemesinin önünden, ara yüz katılaşmaya başlar, yumuşak olan öz bölgeler, silindirik yüzeyde kendini belli eder. Şekilleri itibariyle düzensiz ve sürekli değillerdir. Santrifüj dökümde, kabuk malzemesi derinliğini kontrol eden birçok parametre bulunur. Metal ağırlığı, döküm sıcaklığı, zaman aşımı gibi. Hepsinin fonksiyonu birbirine göre değişir. Bu parametreler birbiri ile örtüşmediğı takdirde, merdanede düzensiz kabuk derinliği görülür. Bu bir merdane kusurudur. Kusura ait görsel bilgi şekil 11. 27’ da verilmiştir.



Şekil 11. 27: Merdanelerde yetersiz kabuk derinliği [30]

11. 8. 6. Isıl çatlaklar

Merdane yüzeyinde ısıl çatlakların oluşumu haddelenen malzemenin genişliği ile ilişkili olarak, iş merdanesi ve bobinin birbirine teması ile oluşur. Bu çatlakların oluşumu mozaik tiptedir fakat daha büyük boyutları konvansiyonel ısıl kraterler şeklini alır. Üretim esnasında hatla ilgili bir problem oluşması ve sıcak malzemenin halen iş merdanesi ile uzun bir süre temas etmesi durumunda ortaya çıkar. Bu

durumda merdane yüzey sıcaklığı hızlı bir şekilde temas noktasında artar. Isı merdane yüzeyinden derinlik boyunca nüfuz eder. Termal gerilmeler, merdane malzemesinin sıcak akma gerilmesini aşar. Merdane üzerinden malzemenin uzaklaştırılmasının ardından, yüzey aniden soğumaya başlar ve lokal olarak çatlar. Çatlağın büyüklüğü kontak zamanı ve soğutmanın derecesi ile ilişkilidir. Bu bir haddeleme operasyonu kusurudur. Kusura ait görsel bilgi şekil 11. 28’ da verilmiştir.

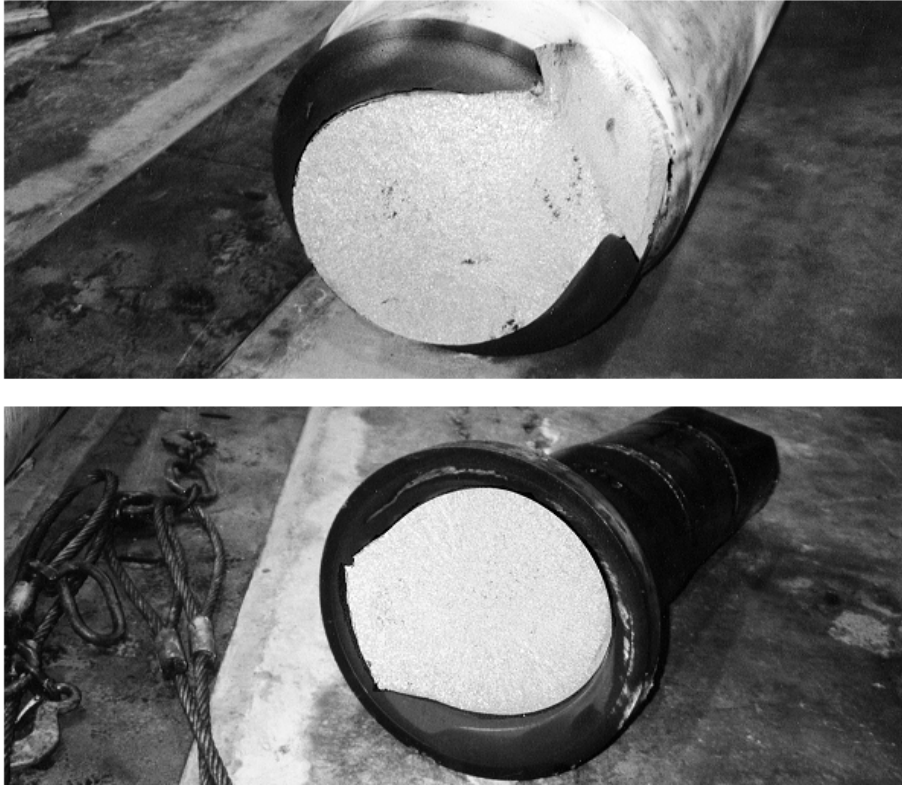
Şekil 11. 28: Merdanelerde ısıl çatlaklar [30]

Büyük ölçekte, şiddetli ve lokal olarak etki eden ısı çatlaklar yüzeyinden parça kopmasına neden olabilir. Lokal bölgelerde, mekanik ve termal gerilmelerin merdane malzemesinin akma mukavemetini geçmesi halinde oluşur. Kusura ait görsel bilgi şekil 11. 29’ da verilmiştir.

Şekil 11. 29: Merdanelerde lokal ısııl çatlaklar [30]

11. 8. 8. Mekanik hasarlar

Merdanelerdeki mekanik hasarlanmaların çoğu, şok halinde ani aşırı yüklerden ileri gelebilir. Günlük retim ve atölyede yapılan rutin işler sırasında, vinç ile transferler esnasındaki çarpmalar veya düşmelerden ileri gelebilir. Ani olarak oluşan aşırı yük, öz metalin eğilme mukavemetini aşabilir ve çatlaklar oluşabilir. Merdane konstrüksiyonunda en zayıf kesit muylu noktası olduğu için kesmelerin çoğu bu noktadan yaşanabilir. Ayrıca muylu ile shaft muylusu arasındaki boşluklu geçmeden ötürü hadde shaftlarının ani duruş ve kalkışları esnasında da oluşabilir. Kusura ait görsel bilgi şekil 11. 30’ da verilmiştir.

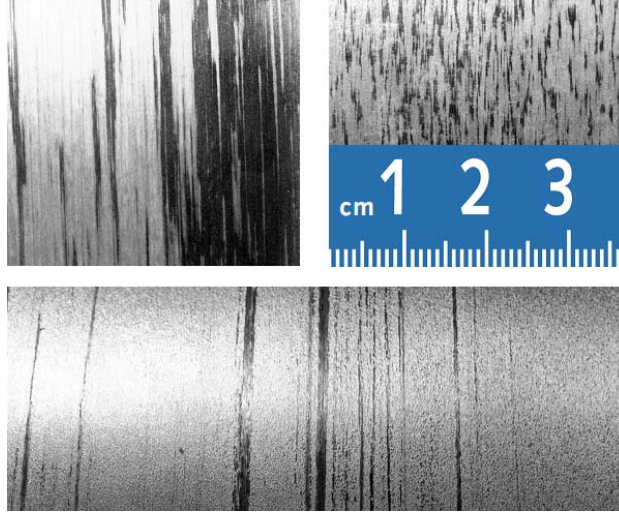


Şekil 11. 30: Merdane nakliyesi sırasında düşürülerek oluşan bir mekanik hasar [30]

11. 8. 9. Soyulma

Haddeleme esnasında, ince bir oksit tabakası haddeleme eni boyunca, merdane yüzeyinde oluşabilir. Bu oksit yüzeyine soyulma adı verilir. Soyulma, çevresel gümüş rengine parlak şeritler şeklinde merdanede kolayca tespit edilebilir. Merdane yüzeyindeki oksit tabaka, merdane yüzeyindeki sıcaklığın bir fonksiyonudur ve yüksek sıcaklıktayken hava veya su ile teması sonucunda olur. Eğer bu oksit

tabakasının üzerindeki yorulma mukavemet değeri aşılsa soyulma tabakası oluşmaya başlar. Bu bir hadde operasyonu kusurudur. Pratikte hadde bitmesi olarak tanımlanır. Yüksek hız çeliklerinde görülmez. Kusura ait görsel bilgi şekil 11. 31’ da verilmiştir.



Şekil 11. 31: Merdanelerde oluşan soyulma kusuru [30]

11. 8. 10. Mekanik izler

Bu kusur girinti veya çukurlar merdane silindirik yüzeyi boyunca ısıl çatlaklar ve basınç çatlakları ile birlikte oluşabilir. Merdane yüzeyindeki bu çeşit işaretler çoğunlukla son haddelemede iş merdaneleri üzerinde olurlar. Bu kusur, hurda malzemenin katlı veya soğuk şerit kuyruklarının, yabancı objelerin veya daha kalın tufal parçalarının haddeleme boşluğundan geçerek veya iş merdanesi ile destek merdanesi arasına girmesiyle oluşur. Kusura ait görsel bilgi şekil 11. 32’ da verilmiştir.



Şekil 11. 32: Merdanelerde oluşan mekanik izler [30]

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sıcak sac haddeleme operasyonunun nihai mamul oluşumunda tesiri olan tüm parametreler tablo 4.1’de gösterilmiştir. Bunlardan otomatik kontrol sistemleri ile kontrol edilebilen ve direkt olarak ürün kalitesine etki etmeyen parametreler çıkartılarak geriye slablar, hadde tezgahı ve ekipmanları, tufal ve tufal kırma, sıcaklık ve ısı, soğutma ve yağlama konuları incelenmiş, merdaneler ise etraflıca ele alınarak incelenmiştir. Bu inceleme esnasında özellikle merdane kusurları detaylandırılarak işletme parametrelerindeki uygunsuzlukların nihai mamul üzerindeki etkileri ve ortaya çıkış gerekçeleri tespitleri ile birlikte ortaya koyulmuştur. Sıcak sac haddeleme işlemindeki ana parametreler ve bunlara bağlı alt parametrelerin değişimi sonucunda nihai ürün olan bobine yaptığı etkiler ve kullanılan merdaneye yaptığı etkiler her ana parametre başlığının sonunda incelenmiştir. Ayrıca unutulmamalıdır ki sıcak sac haddeleme işletme parametrelerinin her biri ayrı bir çalışma konusu olabilecek niteliktedir.

Sıcak haddeleme işleminde kullanılan slab, operasyonda ara mamülü oluşturmaktadır. Bu yüzden kullanılan slabın kalitesinin çıkacak olan bobinin kalitesi ile orantılı olduğu söylenebilir. Kusurlu slabların işlenmesi sırasında çıkan hadde kusurları , üretim hattına malzemenin takılması ve takibinde üretim hızının düşmesi ile maliyetlerin artmasına sebep olur. Ayrıca hatta takılan malzeme ekipmana da zarar vererek daha büyük maliyet kayıplarına sebep olabilir. Bu yüzden kusurlu slabların üretim hattında haddelenmeleri önerilmez. Kusurlu slabların haddelenmesi sonucunda nihai ürün olan bobinde kalite unsurları ortaya çıkar. Bobinde; kabuklar, dikişler, serpintili döküm izleri, döküm kırışıklıkları, boyuna, enine ve yüzey çatlakları gibi kusurlar oluşur. Bu kusurlar bobinlerde müşteri şikayetine neden olmakta ve işletmenin kalite politikasını etkilemektedir. Ayrıca kabuk gibi slab üzerindeki sert inklüzyonların haddeleme işlemi sırasında merdanelere zarar vererek işletme maliyetlerini arttırma riskleri bulunmaktadır. Kusurlu slabların en aza indirgenmesi için sürekli döküm kalite kontrol personelinin incelemelerinin hatasız

yapması ve ayrıca sürekli döküm işletme personelinin slablarda oluşabilecek bu hususlara üretim esnasında dikkat etmesi ve gerekli uyarıları yapması gerekmektedir.

Hadde tezgahı veya başka bir deyişle hadde makinası haddeleme işleminin yapıldığı yerdir. Bu sistem yardımcı bilgisayarlar ve operatörler tarafından kontrol edilir. Hadde makinasından kaynaklı sorunlar genellikle hadde makinası operatörü tarafından fark edilebilecek düzeydedir. Hadde operatörü tecrübe ve bilgisiyle bir çok makina kaynaklı kusurun önüne geçebilir. Çünkü sistem; otomatik olarak kontrol ettiği bir çok adımı, operatöre de kumanda etme şansı tanımıştır.

Bu sebeple haddeleme operasyonu sırasında hadde operatörü hattı sürekli izleyerek gerekli müdahaleleri yapmalıdır. Nihai ürün olan bobinin sargılarında oluşan dalga kusuru aslında haddeleme esnasındaki uzama çizgilerinin dalganın bulunduğu kısımda daha fazla olmasıdır. Kalınlık kontrol sistemini iyi bir şekilde kullanan operatör bu dalgalı kısmı sadece şeridin başında ve kuyruğunda minimuma indirebilir. Eğer üretim esnasında şeritteki dalgalara gerekli müdahale edilmezse şerit hatta takılabilir veya yırtılabilir. Bu da istenmeyen bir durumdur. Ayrıca dalgalı bobinler kalite kontrol tarafından ikinci kalite olarak ayrılırlar. Talaş kusuru, dışarıdan herhangi bir yabancı cismin hat boyuna düşmesi sonucu olur. Bunun için hat boyunun gerekli temizliklerinin yapılması ve üretim başlangıcı esnasında kontrol edilmesi gerekmektedir. Ayrıca bakım sonrası takım, civata gibi ekipmanların hatta unutulması sonucu oluşabileceğinden temizlik hususuna işletme personeli önem vermelidir. Teleskobiklik, bozuk sargı, kenar çatlakları birer malzeme kusurudur ve bu bobinler kalite kontrol tarafından ikinci kalite olarak ayrılır. Hadde yarası, merdane üzerindeki izin malzemeye çıkmasıdır. Bu iz periyodik olarak malzeme üzerinde bulunacağı için hat durdurulup yaralı merdane değişimi gerçekleştirilmelidir.

Tufal sıcak sac haddeleme işleminde sürekli olarak kontrol edilmesi gereken bir parametredir. Aksi halde operasyon sırasında oluşan tufalin son ürün olan bobinde ikame ediyor olması sonucu bobin tolerans harici olur. Haddeleme işleminde tufal su ile tufal kırma üniteleri yardımıyla uzaklaştırılır. Uzaklaştırılamaması durumunda batık tufal, benekli tufal, hadde tozu gibi kusurlar oluşturmakta ve kalite standardının düşmesine neden olmaktadır. Bunun önüne geçilmesi için tufal kırma ünitelerinin nozul açılarının pozisyonları kontrol edilmeli, tıkalı olan nozullar temizlenmelidir.

Suyun basıncıyla nozul monte edildiği kollektörden fırlayabilir. Bu hatta düşerse hadde yarısı veya talaş kusuru oluşturabilir. Düşmüş nozullar ivedi bir şekilde tekrar ünitelere monte edilmelidir. Ayrıca mekanik olarak tufalin kırılmasında yardımcı olan zincir mekanizmaları sürekli malzeme ile temas halinde olduğu için aşınacaklardır. Zincir bakla boyu belirli periyotlarla ölçülmeli ve aşınan gruplar yerine yenileri takılmalıdır.

Sıcak haddeleme operasyonu belirli sıcaklık aralığında yapılır. Bu sıcaklıklar ürün kalitesine, kimyasal bileşime ve son üründen istenilen mekanik özelliklere bağlıdır. Bu sıcaklık değerleri her çelik ailesi için ayrı ayrı kalite kontrol departmanı tarafından belirlenmiştir. Çeşitli yollar ile malzeme sürekli bir ısı transferi işlemi içersidedir. Gerekli olan sıcaklık değerleri arasında çalışabilmesi için sürekli olarak sıcaklıkların kontrolü şarttır. İstenilen şerit haddeye giriş sıcaklığında çalışılmadığı taktirde soğuk malzeme iş merdanelerini hasarlar. İstenilen ikmal sıcaklığında çalışılmadığı taktirde üründe enine yüzey yırtıkları oluşur ve bu bir malzeme kusurudur. İstenilen sarılma sıcaklıklarında çalışıldığında ise bobinin ilgili kalite için standartlar tarafından belirlenen mekanik özellikleri sağlayamadığından ötürü üretilen bobin ikinci kalite bobin olarak tolerans harici olacaktır. Bu yüzden soğutma ve yağlama parametresi başlığı altında verilen soğutma ekipmanlarının operatör tarafından kontrolünün sıcaklık değişimlerine göre sürekli yapılması gerekmektedir. Sıcaklık kontrolü için hat boyunca pirometre denilen sıcaklık ölçerler bulunur. Bu ekipmanın bakımı ve kalibrasyonu sorunsuz yapılmalı ve sorunsuz çalıştırılmalıdır. Ayrıca üretim esnasında gereğinden fazla beklemek malzemeyi soğutacağı için hattın sürekliliği de önem arz etmektedir. Soğuyan malzemeler üretim hattına alınmamalı ve hattan tahliye edilmelidir. Haddehanede kullanılan su soğutma suyunun özellikleri bu çalışmada tablo halinde verilmiştir. Su, hatta siyah borular yardımı ile taşındığı için korozyon etkili olması durumunda boruları kullanılmaz hale getirir. Bu da su kaçaklarına, üretimin durmasına ve bakım maliyetlerinin artmasına sebebiyet verir. Ayrıca yağlama sisteminin verimli çalışmaması durumunda merdaneler aşınacak ve malzemede hadde tufali kusuru oluşturacaktır. Bu da bobinin ikinci kalite olarak işlem görmesini sağlayacaktır.

Sıcak sac haddeleme işlemi merdane grupları yardımıyla gerçekleştirilir. Merdane maliyeti bir haddehane işletmesinin en büyük sarf maliyet kalemini oluşturur. Şerit

haddede bir ile dördüncü tezgahlar arasında kullanılan bir adet iş merdane maliyetleri; yüksek hız çeliği iş merdaneleri temini 50.000- 60.000 Euro, yüksek kromlu iş merdanesi fiyatları 40.000- 45.000 Euro, beşinci ve yedinci tezgahlarda kullanılan iş merdaneleri ise 25.000- 30.000 Euro aralığında seyretmektedir. Günümüz itibariyle sıcak sac haddehanesinde kullanılan iş ve destek merdanelerinin üretimi ülkemizde gerçekleştirilememekte ve yurt dışından ithal edilmektedir. Ayrıca üretilen ürün profili merdane profili ile alakalı olmasından dolayı da ayrı bir önem teşkil etmektedir. Merdanelerin uygun üretim tonajında değişimi sonunda taşlamaya gönderilmesi kendi tonaj kapasitelerini verimli kullanılması sonucu doğurur ve bu da ilgili merdaneden yüksek verimde faydalanmak demektir. Merdane kusurları sonucu merdanelerin tonaj kapasiteleri düşer veya kullanılamayacak duruma gelir. Merdanedeki hasar oluşumunun temel nedenlerinden birisi yorulmadır. Sıcak haddeleme operasyonu sırasında merdaneler dönen eğilme yorulmasına maruz kalırlar. Dönen eğilme yorulması sonucunda oluşan çatlak oluşumu ve ilerlemesini önlemek için merdane malzemesinin mukavemeti artırılır. Malzeme mukavemeti çeşitli şekilde artırılabilir. Eğer çatlaklar gövdenin kenarlarında oluşmuşsa özel ısıtma işlem uygulaması ile muylu ile gövde kenarı geçişinin sertliği artırılabilir. Malzeme mukavemeti merdanenin ön sertlik ısıtma işlemi ile artırılabilir. Merdane tasarımını gözden geçirilir. Tasarımda küçük yarıçap ve köşelerden kaçınılması gerekir. Bu bölgeler maksimum eğilme gerilmesi bölgelerinde gerilim birikmelerini artırır. Bu durumlarda parçalı veya dolu kesit burç tasarımları düşünülmelidir. Uygulanan eğilme gerilmesini azaltmak için haddeleme yükünü düşürülebilir. Muylu üzerindeki dönen eğilme gerilmesinde uygulanan gerilimin yeri de önemlidir. Haddeleme basıncını merdane gövdesine yakın uygulayarak muyluya gelen gerilmeleri azaltılır. Yüzey altı hatası kaynaklı kusurların merdaneye zarar vermemesi için şunlar yapılabilir: Merdane imalatçıları tarafından kritik döküm değişkenlerinin iyi tarif edilerek kontrol altında tutarak ingot katılaşırken hatalı bölge oluşumunu engellemeleri gerekmektedir. Isıl işlem ve sertleştirme ile muylu malzemenin mukavemetini artırarak. Merdane tasarımı yüzey altı gerilim birikimlerine neden olmayacak şekilde değiştirerek bunun önüne geçilebilir. Merdanede oluşan kabuk ve özün birbirinden ayrılması, ve yetersiz kabuk derinliği merdane imalatçıları tarafından merdane üretimi sırasında oluşan kusurlardır. Bunun işletmeye zarar vermemesi için üçüncül kalite firmaları tarafından satın alınan merdanenin kontrol

ettirilmesidir. Merdanede oluşan ısıı çatlaklar iş merdanesi ile bobinin birbirine teması ile oluşur. Bu durum çoğu zaman hatta malzemenin kalması sonucu gerçekleşir. Gerçekleşmemesi için hatta kalan malzeme en kısa sürede iş merdanelerinin üzerinden tahliye edilmeli ve kesinlikle bu esnada soğutma suları aılmamalıdır. Çünkü sıcak merdane yüzeyine temas eden su şok etkisi yaratacak ve merdanede çatlak oluşumuna neden olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Onaran, K., “ Malzeme Bilimi ” *Bilim Teknik Yayınevi İstanbul* (2009).
- [2] Çapan, L., “ Metallere Plastik Şekil Verme ” *Çağlayan Kitapevi İstanbul* (2003).
- [3] Sağışman, M., Gültekin, N., “ Genel İmal Usulleri Ders Notları ” *İ.D.M.M.A Matbaası* (1975).
- [4] Kayalı, E.S., Ensari, C., “ Metallere Plastik Şekil Verme İlke ve Uygulamaları ” *İTÜ Kimya- Metalurji Fakültesi Matbaası, İstanbul* (1986).
- [5] Güleç, Ş., Aran, A., “ Malzeme Bilgisi Cilt: 1 ” *TÜBİTAK, Marmara Bilimsel ve End. Araştırma Enstitüsü, MBEAE Matbaası, Gebze* (1987).
- [6] Güleç, Ş., Aran, A., “ Malzeme Bilgisi Cilt: 2 ” *TÜBİTAK, Marmara Bilimsel ve End. Araştırma Enstitüsü, MBEAE Matbaası, Gebze* (1987).
- [7] Windhoger, M., Ziehenberger, K.H., “ Roughing Mill Work Rolls For Hot Strip Production ” *Eisenwerk Sulzau-Werfen Austria* (2005).
- [8] Trema, A., Biggi, A., Pellizari, M., Molinari, A., “ High Speed Steel Rolls For Hot Strip Production ” *Innse Cilindri Bresica, Italy* (2005).
- [9] Tiley, J.B., Munther, P.A., “ Descaling Of Hot Rolled Strip ” *Hatch, Canada* (2005).
- [10] Chen, S., “ Modeling For Reheating Furnace Practices ” Evraz Inc. N.A. R&D Center Regina Canada (2005).
- [11] Yu, Q., “ Width Variation Behaviour During Hot Rolling” *Nucor Steel, Alabama* (2005).
- [12] Choi, S., Rossiter, A., Fleming, P., “ A Survey Of The Looper Tension Control Technology In Hot Rolling Mills ” *Automatic Control & System Engineering Universtiy of Sheffield* (2005).
- [13] Yu, Q., “ Laminar Flow Cooling Of Wide Heavy Thickness Strip In A Hot Rolling Mill” *Nucor Steel, Alabama* (2005).
- [14] Henry, Sébastien “Fives Stein-Industrial Reheating Furnace” *Five Stein Paris, France* 1-47, (2010).
- [15] Ginzburg, Vladimir B. “ Flat Rolled Steel Processes ” *CRC Press Sound Parkway, Newyork, USA* 91-99 (2009).

- [16] Lenard, John.G. “Primer on Flat Rolling” **Butterworth Heinemann Jordan Hill**, Oxford, UK 1-30 (2007).
- [17] Rudge, David “Hatch-Coilbox Technology” **Oakville, Ontario, Canada** 1-41, (2006).
- [18] Blazevic, David T. “Hot Strip Mill Coiling” **Association of Iron and Steel Engineers(AISE) Yearbook 1981** Three Gateway Center Pittsburg, USA 1-28 (1982).
- [19] Kayalı, E., S., Ensari, C., Dikeç, F., “Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri” **İ.T.Ü. Rektörlüğü**, Sayı 1580, (1996).
- [20] Llewellyn, D.T., Hudd R.C., “ Steel: Metallurgy And Applications” **Butterworth Heinemann, Jordan Hill, Oxford, UK** (1992).
- [21] Smallman, R.H., Bishop, R.J., “ Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering” **Butterworth Heinemann, Jordan Hill, Oxford, UK** (1992).
- [22] ERDEMİR Eğitim Notları, “ Ham Demir Çelik Üretimi-Sürekli Döküm” Ereğli (2005).
- [23] Stahleisen, Verlag “Surface Defects in Hot Rolled Flat Steel Products” **Düsseldorf, Germany** 1-68, (2005).
- [24] Rudge, David “Hatch-Descriptions of Hot Strip Mill” **Oakville, Ontario, Canada** 1-284, (2005).
- [25] Murken, J., Hoppe D., Natusch H. “SMS DEMAG-Functional Description for Hot Strip Mill Processes” **Düsseldorf, Germany** (2008).
- [26] İnceayan, T., “ Haddemele Tekniğinin Esasları-II” **Türkiye Demir Ve Çelik İşletmeleri Eğitim Yayınları** (1989).
- [27] Nylen, T., Collins, D.B., “ Roll Developments In Hot Strip Mill Technology” **R&D Center AKERS Group, Sweeden** (2008).
- [28] Lyckström, B., Nylen, T., Prenni, L., Heisterkamp, P., “ The Use Of High Tec. Work Roll Materials In The Roughing Stands Of Various Hot Strip Mill Applications” **R&D Center AKERS Group, Sweeden** (2008).
- [29] Unicon Electric Steel Co., “ Forged Hardened Steel Rolls Service Problems Causes And Prevention (1999).
- [30] CAEF, The European Foundry Association, Roll Section. “Roll Failures Manuel” **Düsseldorf, Germany** (2002).

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Kocaeli’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli’de tamamladı.2003 yılında Kocaeli Anadolu Lisesi’nden mezun oldu ve aynı yılda Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde öğrenimine başladı. Lisans eğrenimi sırasında çeşitli demir çelik şirketlerinin yatırımlarında görev aldı. 2008’de lisans eğrenimini tamamladı. 2009’da Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğrenimine başladı. 2010 Şubat ayından itibaren Çolakoğlu Metalürji A.Ş.’de İşletme Mühendisi olarak çalışmakta olup evli ve henüz çocuğı bulunmamaktadır.