

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SG-2 KALİTE KAYNAK TELLERİNİN TEL ÇEKME PROSESLERİNDE MEYDANA GELEN SORUNLARIN ANALİZ EDİLMESİ VE ÇÖZÜMLENMESİ

Rüstem Çağrı ÜNZAL

Biyomühendislik ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SG-2 KALİTE KAYNAK TELLERİNİN TEL ÇEKME PROSESLERİNDE MEYDANA GELEN SORUNLARIN ANALİZ EDİLMESİ VE ÇÖZÜMLENMESİ

Rüstem Çağrı ÜNZAL
Biyomühendislik ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı
Tezin Sunulduğu Tarih: **23.08.2019**

Tez Danışmanı:
Dr. Öğr. Üyesi Emin YAKAR

ÇANAKKALE

Rüstem Çağrı ÜNZAL tarafından Dr. Öğr. Üyesi Emin YAKAR yönetiminde hazırlanan ve **23/08/2019** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**SG-2 Kalite Kaynak Tellerinin Tel Çekme Proseslerinde Meydana Gelen Sorunların Analiz Edilmesi ve Çözümlenmesi**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyomühendislik ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Dr. Öğr. Üyesi Emin YAKAR ……

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Volkan ESKİZEYBEK ……

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hatice Sinem ŞAŞ ÇAYCI ……

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:……

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Rüstem Çağrı ÜNZAL

TEŞEKKÜR

Çalışması süresinde tarafıma her türlü desteği veren, bilgi ve tecübelerinden faydalandığım ve bu tez için eldeki tüm imkanları sağlayan değerli tez danışmanı hocam Dr. Öğr. Üyesi Emin YAKAR'a,

Araştırmam süresince işletme ve laboratuar imkanlarını kullandığım İÇDAŞ Çelik Enerji, Tersane ve Ulaşım A.Ş.' ye, Laboratuar çalışmalarımda bana yardım eden Ergül YERLİTAŞ' a ve Uğur DURGUT' a,

Sürekli yanımda olan ve manevi desteğini esirgemeyen değerli eşim Özge ÜNZAL' a ve canım kızım Ada ÜNZAL' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Rüstem Çağrı ÜNZAL

Çanakkale, Ağustos 2019

SİMGELER VE KISALTMALAR

EO	Elektrik Ocağı
EAO	Elektrik Ark Ocağı
BOF	Bazik Oksijen Fırını
C	Karbon
Mn	Mangan
MnS	Mangan Sülfür
Nb	Niobyum
SiO_2	Silisyum dioksit
V	Vanadyum
P	Fosfor
S	Kükürt
MPa	Megapaskal
Cu	Bakır
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
Ca	Kalsiyum
Al	Alüminyum
Si	Silisyum
N	Azot
FeO	Demir Oksit
O	Oksijen
H	Hidrojen
Sn	Kalay
As	Arsenik
Sb	Antimuan
MAG	Metak aktif gaz korumalı kaynak
MİG	Metal inert gaz korumlı kaynak
Fe_2O_3	Hematit
Fe_3O_4	Manyetit
$Fe_2O_3.H_2O$	Limonit
KHM	Kübik Hacim Merkez
WC	Wolftram Karbür (Tungsten Karbür)

ÖZET

SG-2 KALİTE KAYNAK TELLERİNİN TEL ÇEKME PROSESLERİNDE MEYDANA GELEN SORUNLARIN ANALİZ EDİLMESİ VE ÇÖZÜMLENMESİ

Rüstem Çağrı ÜNZAL
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyomühendislik ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emin YAKAR
23/08/2019, 55

Gaz altı (MIG/MAG) ve toz altı kaynak işlerinde kullanılan SG serisi aynak tellerinin nihai ürün olarak üretiminde karşılaşılan ve SG serisi teller ile yapılmış kaynakların mekanik değerlerinde karşılaşılan problemler değerlendirilip olası çözüm yolları için araştırmalar yapılmıştır.

İnklüzyon dağılımı ve yoğunluğunun tel kopmalarına etkisi; SG kaynak tellerinde silikat inklüzyonlarının boyutlarının büyük olması ve inklüzyon dağılımının yüzeylerde birikmesi kopma olaylarını arttırmaktadır.

5,5 mm çap ile üretilmiş olan SG filmaşinlerin yüzey tufal dağılımındaki homojensizlikler ve tufal kalınlığının ortalama 7 mikrondan fazla olması durumlarında üretilen SG kaynak tellerinin Cu kaplamalarında homojensizlikler görülmüştür.

Anahtar sözcükler: MIG, MAG, SG, Tufal, Cu, İnklüzyon

ABSTRACT

SOLUTION OF PROBLEMS AND ANALYSIS IN WIRE DRAWING PROCESSES OF SG-2 QUALITY WELDING WIRES

Rüstem Çağrı ÜNZAL

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Bioengineering and Materials Science Engineering

Advisor: Dr. Emin YAKAR

23/08/2019, 55

The problems encountered in the production of SG series welded wires used in gas welding (MIG / MAG) and submerged arc welding as a final product and the mechanical values of welds made with SG series wires were evaluated and researched for possible solutions.

Effect of inclusion distribution and density on wire breaks; The high size of silicate inclusions in SG welding wires and the accumulation of inclusion distribution on the surfaces increase the rupture events.

Non-homogeneity in surface scaling of SG wire rods produced with a diameter of 5.5 mm and homogeneity in Cu coatings of SG welding wires produced when scaling thickness was greater than 7 microns were observed.

Keywords: MIG, MAG, SG, Scaling, Cu, Inclusion

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU……...……..…….….ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....iii
TEŞEKKÜR.....iv
SİMGELER VE KISALTMALAR v
ÖZET vi
ABSTRACT.....vii
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....xiii
BÖLÜM 1
GİRİŞ 1
1.1. Çeliklerde Alaşım Elementleri.....2
1.1.1 Karbon 3
1.1.2. Mangan.....3
1.1.3. Çelikte Silisyum 3
1.1.4. Çelikte Alüminyum 3
1.1.5. Vanadyum.....4
1.1.6. Molibden.....4
1.1.7. Kükürt.....4
1.1.8. Fosfor.....4
1.1.9. Bakır 4
1.1.10. Nikel 4
1.1.11. Krom.....5
1.1.12. Kobalt 5
1.1.13. Wolfram.....5
1.1.14. Niobyum 5
1.1.15. Azot 5
1.1.16. Oksijen.....5
1.1.17. Hidrojen.....5
1.2. Çeliklerin Sınıflandırılması.....6
1.2.1. Çeliklerin Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması 6
1.3. Çeliklerin Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması.....7
1.3.1 Bessemer – Thomas Yöntemi.....7
1.3.2. Siemens-Martin Yöntemi 9
1.3.3. Bazik Oksijen Fırını (BOF).....10

1.3.4. Yüksek Fırın 12
1.3.4.1 Yüksek Fırında Bulunan Yardımcı Birimler 12
1.3.4.2 Yüksek Fırında Kullanılan Hammaddeler 13
1.3.4.2.1. Hematit 13
1.3.4.2.2. Manyetit 14
1.3.4.2.3. Limonit 14
1.3.4.2.4. Siderit 14
1.3.4.2.5. Kireçtaşı 14
1.3.4.2.6. Dolomit 14
1.3.4.2.7. Kok Kömürü 14
1.3.5. Elektrik Ocaklarında Ham Çelik Üretimi 15
1.3.5.1. Fırına Şarj 15
1.3.5.2. Eritme 15
1.3.5.3. Rafinasyon 16
1.3.5.4. Curuf Giderme 20
1.3.5.5. Döküm Devirme 21
1.3.5.6. Yeni Döküme Hazırlık 21
1.3.6. Pota Ocağı 21
1.3.6.1. Deoksidasyon 22
1.3.6.2. Kükürt Giderimi 23
1.3.7. Sürekli Döküm 25
1.3.7.1. Kütük Kalitesini Etkileyen Süreç ve Kontrol Değişkenleri: 26
1.3.7.2. Çeliğin Şekillendirilmesi 26
1.3.7.3. Haddeleme 26
1.4. İnşaat Demiri Üretiminde Uygulanan Proseslerin Kalite Üzerindeki Etkileri 27
1.4.1. Çelikhane Ve Kontinu Sistem Kaynaklı Döküm Hataları 27
1.4.1.1. Şişkinlik, Yanak Verme 28
1.4.1.2. Noktasal Boşluklar 29
1.4.1.3. Yüzeyde Cüruf 30
1.4.1.4. Enine Çatlaklar 31
1.4.1.5. Boylamsal Çatlaklar 32
1.4.1.6. Çukurlaşma Ve Kaynak Olma 33
1.4.1.7. Kesimde Enine Çatlaklar 34
1.4.1.8. Yoğun Osilasyonlu Bölgeler 35
1.4.1.9. Boylamsal Çöküntüler 36
1.4.1.10. Duvar Çatlakları 37
1.4.1.11. Rombiklikle Birleşik Köşegen Çatlakları 38

1.4.1.12. İçbükeylik 39
BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 40
BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM 41
3.1. Materyal 41
3.1.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler 41
3.1.2 Deneylerde Kullanılan Cihazlar 41
3.1.2.1. Sıcaklık ve Oksijen Ölçüm Cihazları 41
3.1.2.2. Sıvı Çelikten Numune Alıcılar 41
3.1.2.3. ARL Spectrometre 42
3.1.2.4. Şerit Testere 43
3.1.2.5. Metalografik Numune Kesme Makinası 43
3.1.2.6. Metalografik Numune Taşlama Parlatma Makinası 44
3.1.2.7. Optik Mikroskop 44
BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 45
4.1. Oerlikon Şikayet Edilen Sg-2 İncelemesi Raporu 45
4.2. Tel Çekim Sonucu Cu Kaplama Kalınlıkları 47
4.3. Tane Boyutu Kıyaslaması 53
BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER 54
KAYNAKLAR 55
ÖZGEÇMİŞ I

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Fe-C denge diyagramı 1
Şekil 1.2. Bessemer konverteri 7
Şekil 1.3. Bessemer-Thomas konverteri 8
Şekil 1.4. Siemens – Martin fırını (A) gaz ve hava girişi, (B) ısıtma odası (sıcak kamara), (C) erimiş sıvı metal, (D) hazne, (E) ısıtma odası (soğuk kamara), (F) gaz ve hava çıkışı 9
Şekil 1.5. BOF ve yan tesisleri 10
Şekil 1.6. BOF 10
Şekil 1.7. BOF proses adımları (Karagol, 2004) 11
Şekil 1.8. Yüksek fırın yardımcı birimleri (1-sinter cevher, 2-kok, 3-besleyici, 4-çan girişi, 5-kok tabakası, 6-cevher ve flaks sinter/pelet tabakası, 7-sıcak hava (~1200oC), 8-curuf deliği, 9-pik demir deliği, 10-curuf potası, 11- torpido arabası, 12-siklon, 13-sıcak hava sobası, 14-baca, 15-hava beslemesi, 16-enjekte kok, 17-kok fırını, 18-kok, 19- yüksek fırın baca gazı borusu) 13
Şekil 1.9. Elektrik ocağı eritme kademeleri 16
Şekil 1.10. Ellingham diyagramı 17
Şekil 1.11. Bazı elementlerin oksijen afiniteleri 18
Şekil 1.12. Fe-Fes ve Mn-MnS denge kükürt potansiyeli çizgileri 19
Şekil 1.13. Mn-MnS faz diyagramı 20
Şekil 1.14. Pota ocağı 22
Şekil 1.15. Sürekli döküm tesisinin şematik gösterimi 25
Şekil 1.16. Şişkinlik, yanak verme örneği 28
Şekil 1.17. Noktasal boşluklar örneği 29
Şekil 1.18. Yüzeyde cüruf örneği 30
Şekil 1.19. Enine çatlaklar örneği 31
Şekil 1.20. Boylamsal çatlaklar örneği 32
Şekil 1.21. Çukurlaşma ve kaynak olma örneği 33
Şekil 1.22. Kesimde enine çatlaklar örneği 34
Şekil 1.23. Yoğun osilasyonlu bölgeler örneği 35
Şekil 1.24. Boylamsal çöküntüler örneği 36
Şekil 1.25. Duvar çatlakları örneği 37
Şekil 1.26. Rombiklikle birleşik köşegen çatlakları örneği 38
Şekil 1.27. İçbükeylik örneği 39
Şekil 3.1. Sıcaklık ve oksijen ölçüm cihazı 41
Şekil 3.2. Çeşitli numune alıcılar. 42
Şekil 3.3. ARL spectrometer 42
Şekil 3.4. Şerit testere 43
Şekil 3.5 Metalografik numune kesme makinası 43
Şekil 3.6 Taşlama parlatma makinası 44
Şekil 3.7 Optik mikroskop 44
Şekil 4.1 3-10-291 nolu paketten alınan numune incelemesi (şikayet edilen Sg-2 tufal kalınlıkları) 45
Şekil 4.2. Ege çelik üretiminden alınan numune 46
Şekil 4.3. 09-11-2014 üretimi tufal ölçümü 46
Şekil 4.4. 1.yüzey 2 mikron (İÇDAŞ SG2) 47
Şekil 4.5. 2.yüzey 8,4 mikron (İÇDAŞ SG 2) 48
Şekil 4.6. 3.yüzey 5 mikron (İÇDAŞ SG2) 48

Şekil 4.7. 4.yüzey 7 mikron (İÇDAŞ SG2)……49
Şekil 4.8. Bakır kaplama kesit gösterimi. (İÇDAŞ SG2) 49
Şekil 4.9. 1.yüzey 7,5 mikron (EGE ÇELİK SG2) 50
Şekil 4.10 2.yüzey 6,9 mikron (EGE ÇELİK SG2) 50
Şekil 4.11. 3.yüzey 8,7 mikron (EGE ÇELİK SG2) 51
Şekil 4.12. 3.yüzey 8,4 mikron (EGE ÇELİK SG2) 51
Şekil 4.13. Bakır kaplama kesit gösterimi. (EGE ÇELİK SG2) 52
Şekil 4.14. İçdaş ortalama tane boyutu 17,24 Mikron 53
Şekil 4.15. Ege çelik ortalama tane boyutu 16,37 Mikron 53

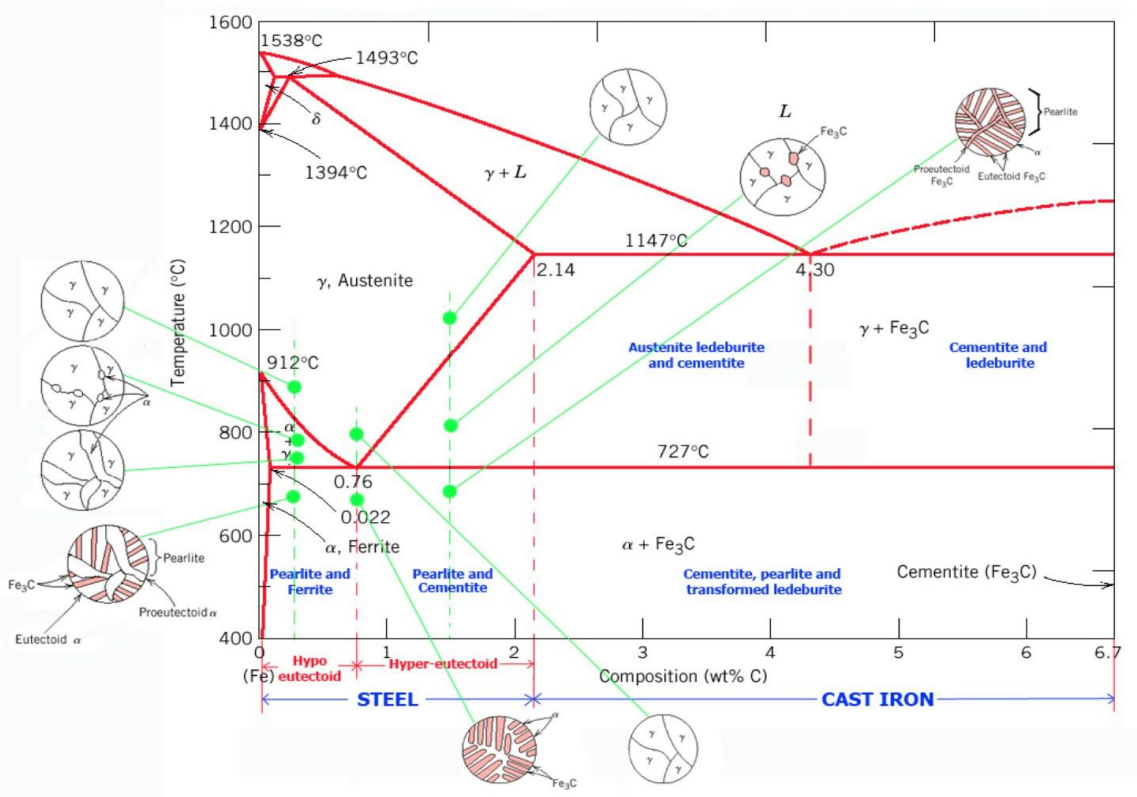
ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Sade karbonlu çeliklerde alaşım elementlerinin üst sınırları 6

BÖLÜM 1
GİRİŞ

Kimyasal bir element olarak, demir metal grubuna dahildir ve kristal yapıdadır. Doğada saf haliyle bulunmaz. Daha çok diğer elementleri de içeren bileşikler hematit (Fe_2O_3), manyetit (Fe_3O_4), limonit ($Fe_2O_3.H_2O$) halinde bulunur. Bu nedenle ana metal olarak sınıflandırılır. Çelik, çoğunluğu demir olan bir demir karbon ve diğer elementlerin bileşimidir. Bu bileşimi çelik olarak adlandırabilmemiz için karbon oranı % 2,14' den az olmalıdır. %2,14' ün üzerinde karbon ihtiva eden demir karbon bileşimleri dökme demirler sınıfına girmektedir. Çeliğin içerisinde bulunan metal ve metal olmayan elementler çeliğin üzerinde önemli rol oynarlar. Bu elementlerin bazıları, çeliğin kullanılma yerine göre az veya çok istenir ya da hiç istenmez. Çelikler genel olarak içerisinde bulunan alaşım elemanlarının miktarlarına göre; alaşımsız çelikler ve alaşımlı çelikler şeklinde tanımlanır. Alaşımlı çelikler de; alaşım elemanlarının kütleleri toplamının; toplam kütleye oranı %5 den fazla olanlar yüksek alaşımlı, %5 den az olanlar düşük alaşımlı çelikler olarak sınıflandırılır.



Şekil 1.1. Fe-C denge diyagramı

Çok geniş alana yayılan kullanım alanları ve yeniden kullanılabilmesi özelliklerinden dolayı çelik, endüstrinin tüm alanlarında kullanılmaktadır. Çelik kullanım olarak gelecek yıllarda da önemini koruyacaktır. Aparat, makine yapımı, köprü yapımı, çelik yapılar, güç santralları, çevre teknolojileri, nakliye, ambalaj makineleri vb. gibi uygulamalarla liste hemen hemen sonsuza doğru uzanır.

Çeliğin geniş kullanım alanı ve uyarlanabilirliği aşağıdaki belirtilen özellikler ile karakterize edilir.

Sıcak ve soğukolarak şekillendirilir,

Kaynak kabiliyetleri yüksektir.

İşlenmesi kolaydır.

Serttir, sünektir ve aşınma karşı dayanımları yüksektir,

Korozyona dirençlidir.

Yüksek sıcaklıklarda mekanik dayanımları fazladır.

İstenilen koşullara göre bu şartların sağlanması içinde çelik bileşiminde bulunan alaşım elementlerinin yapıya kazandırdığı özellikler öne çıkmaktadır.

1.1. Çeliklerde Alaşım Elementleri

Çeliği oluşturan elementleri; Alyaj elementleri ve çelikte istenmeyen yabancı maddeler olarak 2 grupta inceleyebiliriz. Yabancı maddeler, hammadde ve ortam atmosferinden çeliğe girerler. Örnek olarak; P, Si, S, Mn, O ve Azottur. Karbon çeliğin yapı taşıdır. Alaşım elementlerinin çeliklere etkileri:

Mukavemet (Dayanımı) artırmak

Sertlik miktarını artırmak

Sertleştirmeyi (Su alma) kolaylaştırır

Sertleşme derinliğini arttır

Korozyon direncini arttırmak

Mıknatıslanma özelliğini geliştirmek

Sürünme dayanımını arttırmak

Elektrik direncini

Aşınmaya karşı direncini artırmak

Genleşmeyi değiştirmek

1.1.1 Karbon

Çelik için en önemli alaşım elementidir. Alaşımlama yanında oksit giderme için de kullanılır. Karbon çelik ile birleştiğinde sementit (Fe_3C) oluşturur. Karbon miktarı arttıkça çeliğin sertliği de artar. Ayrıca karbon miktarındaki artış çeliğin plastik şekil verme özelliklerini olumsuz etkiler, ısıl işlemlerde çatlak görülebilir, kaynak kabiliyeti düşer.

Ayrıca C elektrik direncini artırır, özgül ağırlığına çok az tesir eder. Mıknatıslanma özelliğine etkisi yoktur.

Düşük karbon çelikleri : C değeri %0,03 ile %0,20 arasıdır.

Orta karbon çelikleri : C değeri %0,21 ile %0,50 arasıdır.

Yüksek karbon çelikleri: C değeri %0,51 ile %2,14 arasıdır.

1.1.2. Mangan

Erime sıcaklığı 1221^0C' dir. Çeliğe ferro alyaj olarak ilave edilir. Çelikte östanit bölgeyi genişletir. Çeliğin mukavemetini, akma noktasını arttrır. Elastik deformasyon bölgesini azaltır. Soğuma hızını düşürerek sertleşebilirliği arttır. Korozyona karşı direnci ileştirir.

Çelikteki Mn miktarı % 1 den fazla bulunursa karbon miktarı ne olursa olsun bu tür çelikler asla suda soğutulamaz ve çatlamaması için yağda soğutulurlar. Bu çeliklere yağ çelikleri adı verilir.

1.1.3. Çelikte Silisyum

Erime sıcaklığı 1414 ^{0}C dir. Çelik üretiminde esnasında yüksek oranda deoksidant olarak kullanılır. Deoksidasyon sonucunda çelik içinde SiO2 halinde bulunmaktadır. Yüksek silisli çelikler manyetik özelliklerini kaybederler ve dövülebilirlikleri azalır.

Yay çeliği üretiminde %1-2 oranında silisyum kullanılır.

1.1.4. Çelikte Alüminyum

Düşük karbonlu ve düşük silisyumlu çelik üretimlerinde deoksidant olarak kullanılır. Tane küçültücü etkisinden dolayı mukavemeti arttırıcı bir etki yaratır, diğer taraftan ferritteki azotu bağladığı için ferritin mukavemeti ve akma gerilmesi azalır. Bunların dışındaki etkisinin ise, oluşmasına sebep olduğu azot çözeltilerinin dislokasyon hareketlerine engel olmasıyla çeliğin akma mukavemetinin artması olduğu belirtilmiştir. Daha etkili olan mekanizma ön plana çıkacağı ve çelik özelliklerinde meydana gelen değişimin o yönde olacağı belirtilmiştir.

1.1.5. Vanadyum

Vanadyum güçlü bir karbür oluşturucudur ve östenit oluşumu sırasında tane büyümesine engel olur. Tane büyümesine tane sınırlarında oluşturduğu karbürlerin mukavemet göstermesi sayesinde engel olur. Böylelikle dayanımı arttırıcı bir özelliğe sahiptir . Östenit fazındaki çözünürlüğü titanyum ve niyobyumdan daha fazladır, ayrıca ferrit fazındaki titanyum ve niyobyum çözünürlüğünün azalmasına sebep olur. Ferrit, perlit oluşumunu engelleme özelliği vardır.

1.1.6. Molibden

Kritik sıcaklıklar arasında östenitin sertleşebilme kabiliyetini arttırarak martenzit oluşumunun artmasını sağlar. Sertleşebilirliği arttırmada vanadyuma göre daha etkilidir. Tane boyutuna bir etkisi olmadığı belirtilmiştir. Ferrit fazında karbür oluşturduğu ancak tavlama sıcaklıklarında bu karbürlerin eridiği belirtilmiştir. A3 sıcaklık eğrisinin eğimini arttırarak kritik sıcaklıklar arası ısıl işlem alanını genişletir. Dönüşüm sıcaklıklarını düşürür.

1.1.7. Kükürt

Erime sıcaklığı 118 ºC' dir. Çeliklerde istenmeyen bir elementtir. %0,05 den az olması tercih edilir. Kükürdün düşük olması dövülebilirliği arttırmaktadır. Çelikteki yüksek mangan miktarı ile dengelenerek MnS oluşturur ve taneler üzerinde çokelmez. Otomat çeliklerinde %0,05' in üzerinde kükürt istenmektedir ancak bu kükürt miktarı çelik hazırlandıktan sonra pota ocağında ilave edilerek ayarlanır.

1.1.8. Fosfor

Erime sıcaklığı 44 ºC'tır. Çelikte Fe_3P şeklinde bulunur. Çeliklerin tokluk değerlerini en çok düşüren elemnttir. Ferrit içerisinde çökelerek çeliğin sertliğini arrtırır. Darbe direncinşi azaltır. Az miktarlardaki artışı bile çeliğin temper gevrekliğini arttırır.

1.1.9. Bakır

Erime sıcaklığı 1084 ºC' dir. Çeliğin mukavemetini ve sertliğini arttırmaktadır. Sünekliliğe etkisi negatif yöndedir. Bakır sünek çeliklerde istenmeyen bir alaşım elementidir. Bakır çökelme ile mukavemet sağlamaktadır.

1.1.10. Nikel

Nikelin dönüşüm sıcaklıklarını düşürdüğü belirtilmektedir.

1.1.11. Krom

Erime noktası 1920 ^{o}C' dir. Çelikte Cr23C6 ve Cr7C3 şeklinde karbürler de oluşturabilmektedir. Krom sertleşebilirliği arttırmasının yanında korozyon ve oksitlenmeye karşı direnç sağlamaktadır. Orta derece karbür oluşturucudur. P, Sn, Sb ve As gibi elementlerin sebep olduğu safsızlıkları ayrıştırarak daha saf bir yapının elde edilmesini sağlar. Martenzit tanelerinin birbirine bağlanma özelliklerini iyileştirir. Dönüşüm sıcaklıklarının düşmesine neden olur. Krom izotermal dönüşüm sonrası da martenzitin oluşabilmesini sağlamaktadır.

1.1.12. Kobalt

Çelikte kritik soğuma hızını arttıran bir elementtir.

1.1.13. Wolfram

Demirle birleşerek Fe_3WC karbürünü meydana getirirler.

1.1.14. Niobyum

Niyobyum kritik sıcaklıklar arası ısıl işlem alanını genişletir. Ferrit tane boyutlarının küçülmesini sağlar. Böylelikle akma dayanımını artırıcı yönde etki yapmış olur. Niyobyum karbür oluşturucu bir elementtir ve az miktarlarda kullanılır. Çekme dayanımını ve martenzit miktarını arttırdığı fakat yüzde uzamanın azalmasına sebep olduğu belirtilmiştir.

1.1.15. Azot

Çelik içerisinde istenmeyen bir elementtir. Sertliği ve gevrekliği arttırır. Döküm yapısı içinde gaz boşlukları oluşturduğu için istenmez. Bu olaya yaşlanma denir. Çelik yüzeylerini serttleştirmek için nitrasyonda kullanılır.

1.1.16. Oksijen

Çeliğim tüm mekanik dayanımlarını negatif etilediğinden çelik içerisinde %0,05' in altında istenir.

1.1.17. Hidrojen

Katılaşmada gaz kabarcıkları meydana getirmektedir. Hidrojen atomları küçük olduklarından yapıya girip kafes yapısının hatalı yerlerinde moleküller halinde toplanmaktadır. Vakum degasing işlemi ile sıvı çelikten uzaklaştırılabilir.

1.2. Çeliklerin Sınıflandırılması

Çelikler kullanım alanları kimyasal kompozisyonları ya da üretim yöntemleri gibi çeşitli gruplar altında sınıflandırılabilirler. Fakat bunların temelinde alaşımlı ve alaşımsız çelikler olmak üzere iki temel grup bulunmaktadır. Alaşımsız çelikler sade karbonlu çelikler olarak tanımlanabilir. Kimyasal bileşiminde bulunan alaşım elementlerinin maksimum sınırları tablodaki gibidir.

Çizelge 1.1. Sade karbonlu çeliklerde alaşım elementlerinin üst sınırları

Elementler	%
Silisyum	0,5
Mangan	0,8
Alüminyum	0,1
Bakır	0,25
Fosfor	0,09
Kükürt	0,06

Alaşımlı çeliklerde ise % 5 in altında alaşım elementi içeren çelikler düşük alaşımlı çelikler olarak adlandırılır. % 5 üzerinde alaşım elementi içeren çelikler yüksek alaşımlı çelikler olarak adlandırılır. Bu temel grupların altında çelikler kullanım alanları ve üretim yöntemlerine göre sınıflandırılabilirler.

1.2.1. Çeliklerin Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması

Çeliklerin sınıflandırılmasında kullanım alanlarına ve fiziksel özelliklerine göre temel bir sınıflandırma yapacak olursak;

Islah çelikleri

Sementasyon çelikleri

Otomat çelikleri

İmalat çelikleri

Takım çelikleri

Paslanmaz çelikler

1.3. Çeliklerin Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması

Çelik üretiminde son yüzyıllarda yeni teknolojiler geliştirilmiş, günümüzde çevresel faktörler, güvenlik önlemleri ve ekonomik etkiler doğrultusunda geliştirilen farklı prosesler kullanılmaktadır. Yakın geçmişten bu yana çelik üretim yöntemlerini sınıflandıracak olursak;

Bessemer – Thomas yöntemi

Siemens – Martin yöntemi

Bazik oksijen fırını

Yüksek fırın

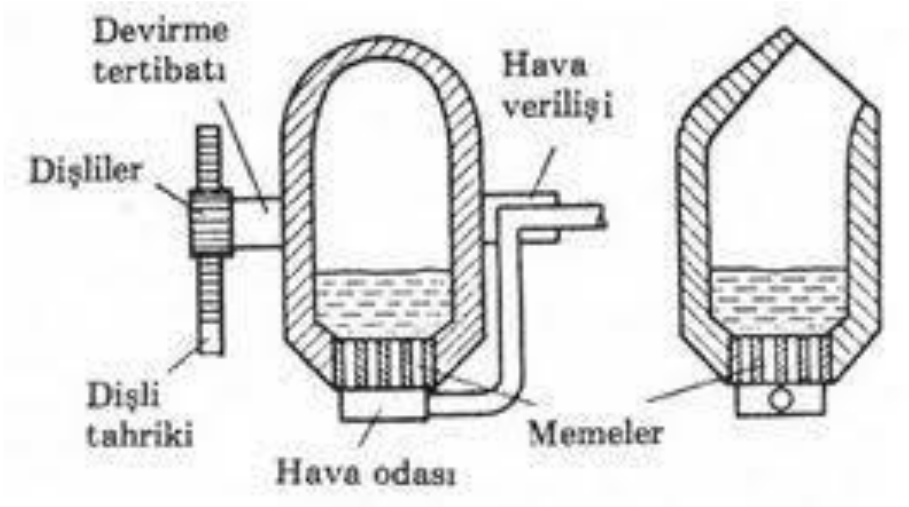
Elektrik ark ocağı

İndiksiyon ocakları

Bu yöntemler kullanılarak üretilen sıvı çelikler şekillendirme prosesleri ile nihai ürün halini alırlar.

1.3.1 Bessemer – Thomas Yöntemi

İlk olarak 1856 yılında Henry Bessemer tarafından bulunan bir yöntemle üretilmiştir. Bu yöntemde Bessemer konverteri adı verilen, üstü kesik koni biçiminde silindirik bir fırın içine, yüksek fırından sıcak sıvı pik demir (hamdemir) gelmektedir. Konverterin tabanından üflenen basınçlı hava ile yüksek silisli ve az fosforlu sıvı metal, çeliğe dönüşmektedir. Daha sonra konverter eğilerek sıvı çelik kalıplara boşaltılmaktadır.



Şekil 1.2. Bessemer konverteri



Şekil 1.3. Bessemer-Thomas konverteri

$$2Fe + O_2 \rightarrow 2FeO \quad (1.1)$$

$$2FeO + Si \rightarrow 2Fe + SiO_2 \quad (1.2)$$

$$FeO + Mn \rightarrow Fe + MnO \quad (1.3)$$

$$[Fe\text{-}C] + \{O_2\} \rightarrow [Fe] + (CO) \quad (1.4)$$

Bu reaksiyonlar ısı veren reaksiyonlardır ve sıvı çelik banyosunun sıcaklığını yükseltir.

$$[Fe\text{-}P] + \{O_2\} + (CaO) \rightarrow [Fe] + (Ca_3(PO_4)_2) \quad (1.5)$$

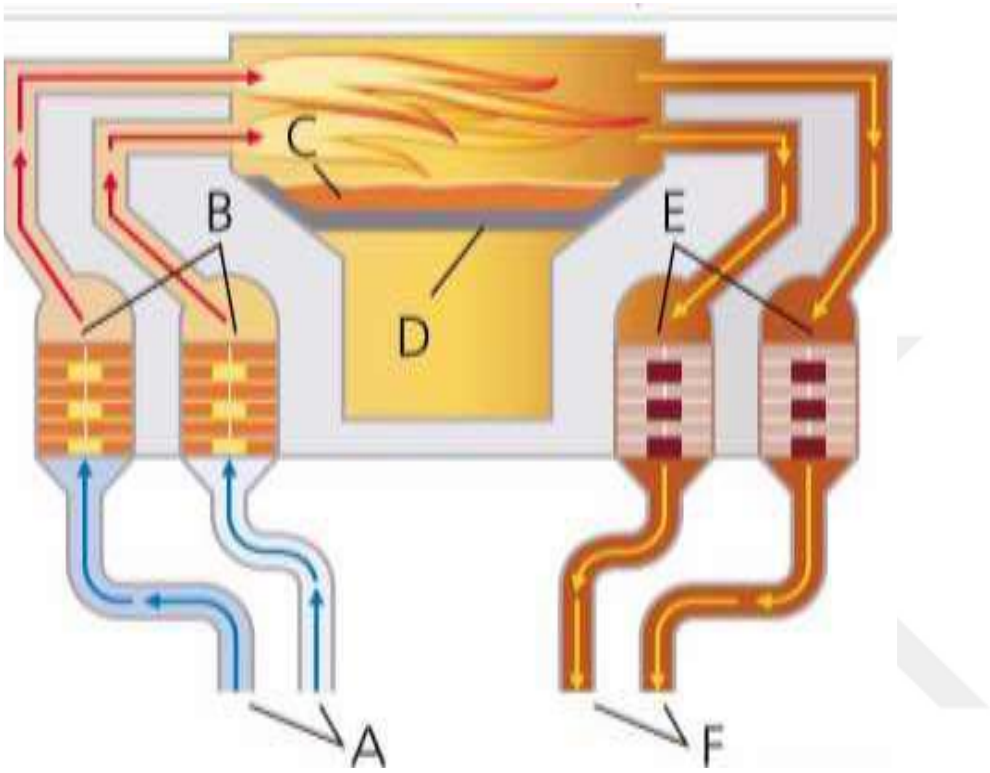
$$[Fe\text{-}S] + \{O_2\} + <CaO> \rightarrow [Fe] + (CaS) \quad (1.6)$$

$$[Fe\text{-}Si] + \{O_2\} + <CaO> \rightarrow [Fe] + (CaSiO_3) \quad (1.7)$$

Oluşan bu reaksiyonlar ile çelik içerisindeki kükürt ve fosfor giderilmiş ve Bessemer yöntemine kıyasla daha kaliteli çelik elde edilmiş olur.

1.3.2. Siemens-Martin Yöntemi

William Siemens tarfından bulunmuş bir fırındır. Rrejeneratif sistem ile fırın iç sıcaklığını arttırmaktadır. bulmuş ve 1860-1870 yılları arasında bu sistemi çelik fırınlarına uygulamıştır.

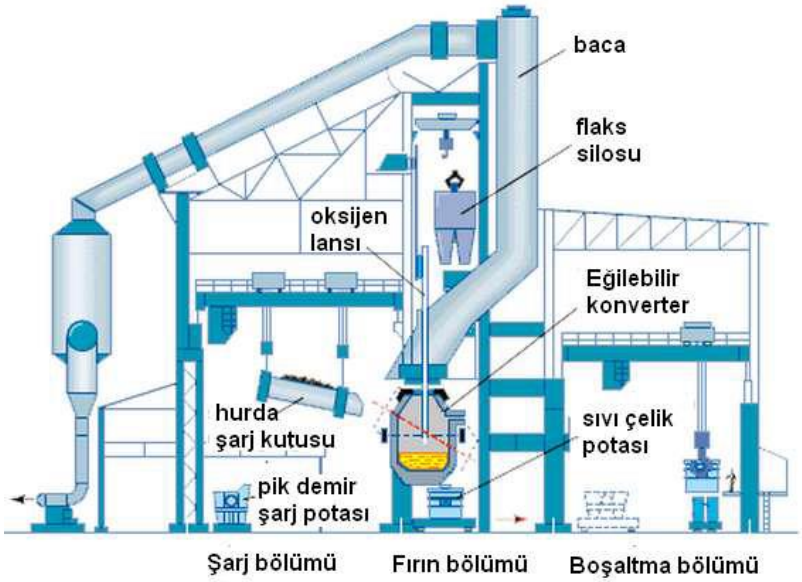


Şekil 1.4. Siemens – Martin fırını (A) gaz ve hava girişi, (B) ısıtma odası (sıcak kamara), (C) erimiş sıvı metal, (D) hazne, (E) ısıtma odası (soğuk kamara), (F) gaz ve hava çıkışı

Reaksiyonların gerçekleşmesi için oksijenin bulunabileceği kaynaklar:
Şarjın ısıtılması sırasında meydana gelen tufal, hurdaların üzerindeki pas,
Kireçtaşının parçalanması ile oluşan CO_2,
Fırına verilen havanın oksijeni
Cüruftaki oksitleyici oksitler (FeO, MnO)
Demir cevherleri, sinter, pelet
Üfleme periyodunda tekrardan karbon monoksit gazı teşekkül eder.

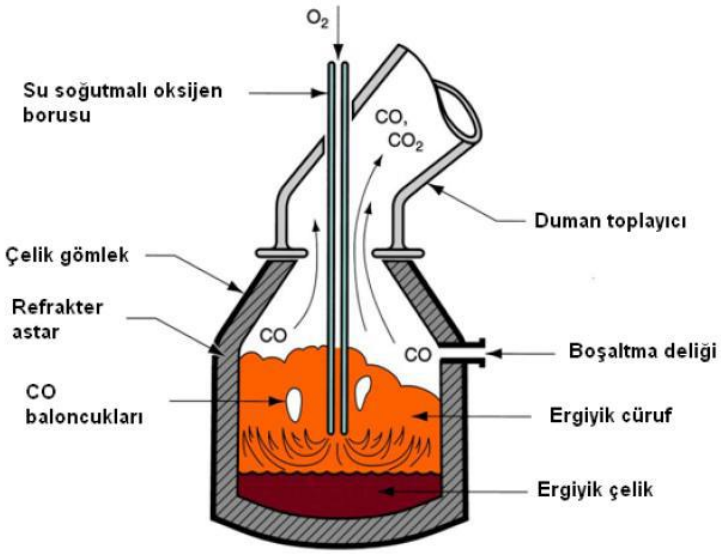
$$FeO + C \rightarrow Fe + CO \qquad (1.8)$$

1.3.3. Bazik Oksijen Fırını (BOF)

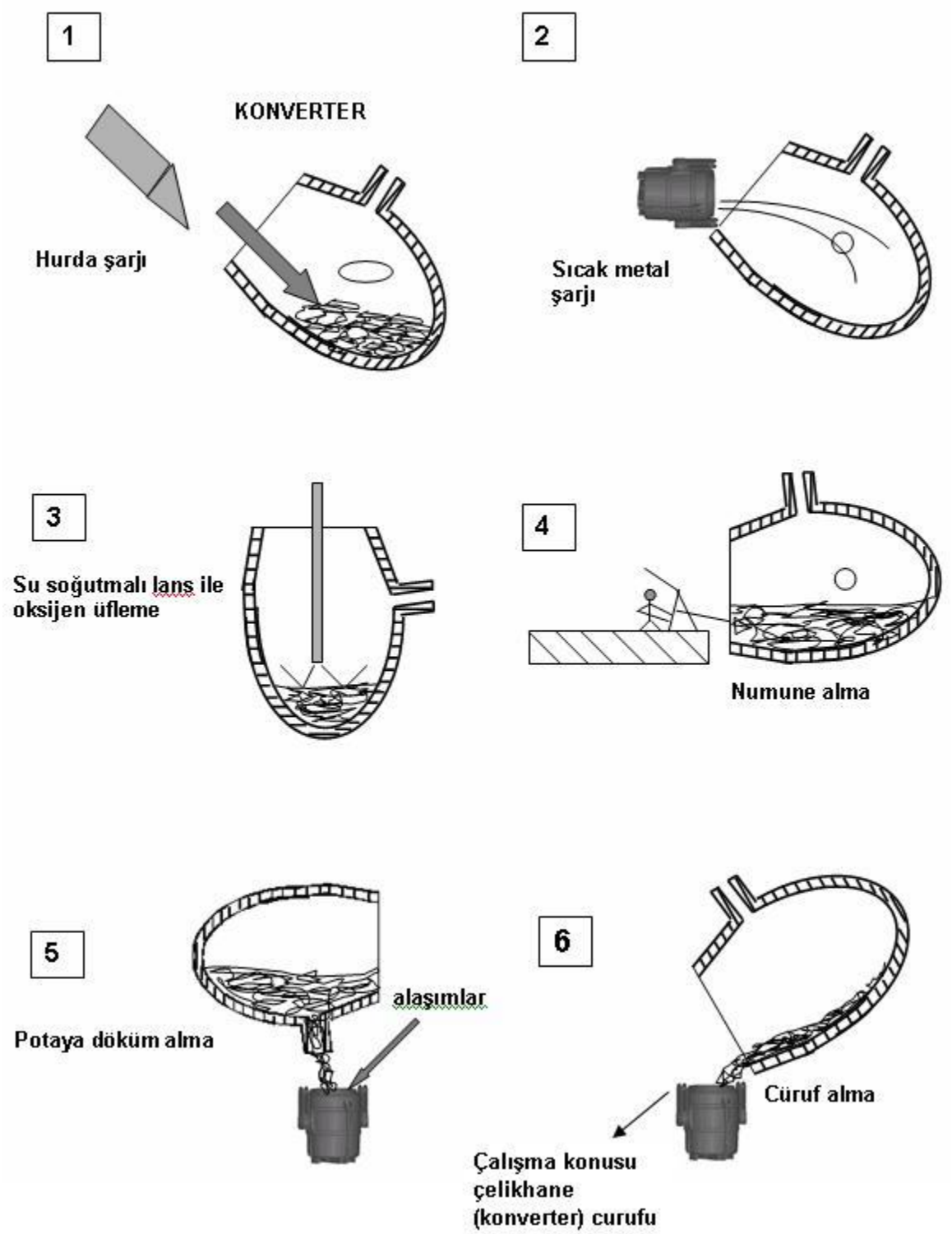


Şekil 1.5. BOF ve yan tesisleri

BOF' larda fırıma ana şarj olak ham demir şarj edilir (% 60 ile 97,5) ilave olarak çeşitli kalite çelik hurdaları, kireçtaşı, dolomit ve çe çakmak taşı kullanılır. Oksijen enjeksiyonu ile pik demir içindeki karbon ve diğer yanıcı malzemeler yakılarak ham çelik elde edilir. Bu işlem sonucunda çelik sıcaklığı çok yüksek olduğu için çelikği soğutmak için hurda şarjı yapılır.



Şekil 1.6. BOF



Şekil 1.7. BOF proses adımları (Karagol, 2004)

1.3.4. Yüksek Fırın

YF (Yüksek fırın)' lardan pik demir elde edilir. Bu işlemler için demir içeren hammaddeler (cevher, pelet, sinter gibi), cüruf elde etmek ve oluşacak cürufun özelliklerini ayarlamak için oksit içerikli hammaddeler (flux malzemeleri; kireç taşı, dolomit gibi), ısı için ise kok, katran, fuel oil gibi maddeler kullanılmaktadır.

Yüksek fırın doldurulup yakıldıktan 10-15 saat kadar sonra ham demir alınmaya başlanır. Günde 4-6 kere eriyik alınır. Kullanılan hammaddeler yaklaşık olarak % 55–60 oranında sinter, % 30-35 oranında cevher, % 10-15 pelettir. Pik demirde % 92-93 demir vardır. Geri kalan ise C, Si, Mn, P, S gibi elementlerdir. Bir yüksek fırından elde edilen ürün pik demir adını alır.

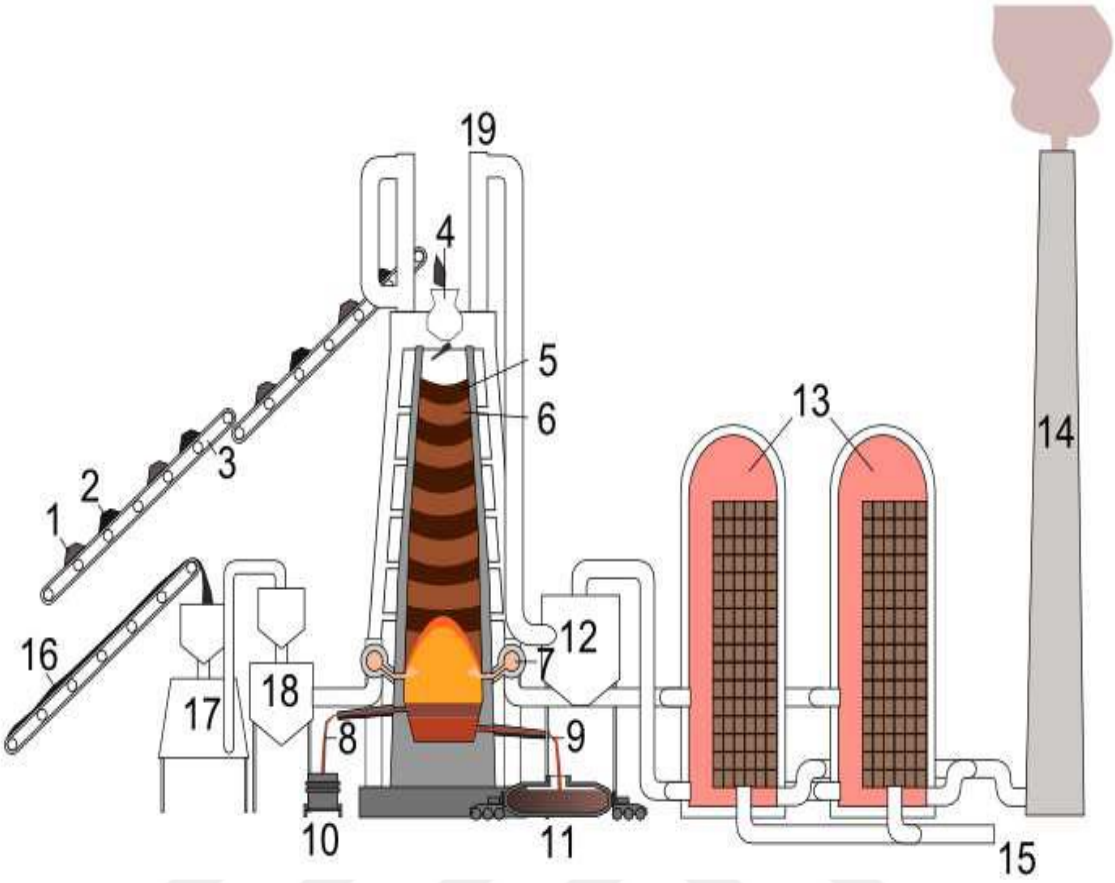
Yüksek fırın kısımları şunlardır;

1) Boğaz (Throat)
2) Gövde (Shaft)
3) Bel (Belly)
4) Karın (Bosh)
5) Hazne (Hearth)

1.3.4.1 Yüksek Fırında Bulunan Yardımcı Birimler

Yüksek fırında üretim kolaylığı ve sürekliliği sağlamak adına gerekli olan sistemler;

1- Şarj besleme sistemi
2- Çan sistemi
3- Enjekte Kömür sistemi
4- Isıtma Sobaları
5- Döküm Platformu
6- Kumanda Odası
7- Soğutma sistemi ve refrakterler



Şekil 1.8. Yüksek fırın yardımcı birimleri (1-sinter cevher, 2-kok, 3-besleyici, 4-çan girişi, 5-kok tabakası, 6-cevher ve flaks sinter/pelet tabakası, 7-sıcak hava (~1200oC), 8-curuf deliği, 9-pik demir deliği, 10-curuf potası, 11- torpido arabası, 12-siklon, 13-sıcak hava sobası, 14-baca, 15-hava beslemesi, 16-enjekte kok, 17-kok fırını, 18-kok, 19- yüksek fırın baca gazı borusu)

1.3.4.2 Yüksek Fırında Kullanılan Hammaddeler

Yüksek fırında sıvı pik elde etmek için kullanılan başlıca hammaddeler

- Demir cevherleri (hematit, manyetit, limonit, siderit)
- Cüruf yapıcılar (kireçtaşı, dolomit)
- İndirgeyiciler (kok kömürü, pulvarize toz kömür)

1.3.4.2.1. Hematit

Kimyasal bileşimi Fe_2O_3 tür. %69,4 demir %30,6 oksijen içerir. Rengi kırmızı olup yoğunluğu 4,5 - 5,3 gr/cm³ tür. Kükürt oranı az olup sinterleme işlemine tabi tutulmadan kullanılır.

1.3.4.2.2. Manyetit

Kimyasal bileşimi Fe_3O_4 olan magnetit, %72,4 demir %27,6 oksijen içerir. Rengi koyu griden siyaha kadar değişir. Yoğunluğu 4,9 gr/cm³ arasında değişir. Mıknatıslanma özelliğine sahiptir. Bu özelliği sayesinde manyetik ayırıcılar ile kolaylıkla içerinde bulunan ve işe yaramayan maddelerden kolaylıkla ayrılarak yüksek kaliteli cevher elde edilir. Kükürt oranı fazladır.

1.3.4.2.3. Limonit

Kimyasal bileşimi $Fe_2O_3.H_2O$ olan limonit manyetit ve hematitten daha düşük kalitededir. Rengi sarıdan kahverengine kadar değişebilir. Yoğunluğu 3,6-6,4 gr/cm³ tür.

1.3.4.2.4. Siderit

Bileşimi $FeCO_3$ olan siderit % 48,2 demir % 51,8 CO_2 ihtiva eder. Rengi beyazdan y4eşilimsi sarıya kadar değişir. Yoğunluğu 3,6 - 3,9 gr/cm³ tür.

1.3.4.2.5. Kireçtaşı

Kireçtaşı üretim işletmelerinde genellikle basamak sistemiyle üretimi yapılır. Basamaklarda delme ve patlatma işlemini takiben, kırıcılara sevk edilir. Kırıcılarda 40 mm ye kadar kırılan kireçtaşı, eleme işleminden sonra yükleme bunkerine doldurulur ve kara yolu veya demir yolu kanalıyla demir çelik tesislerine gönderilir. Yüksek fırında kullanılacak kireç taşının tane iriliği 50 - 100 mm arasında CaO miktarı % 53-63 arasında olmalıdır. SiO_2 miktarının ise oldukça düşük olması istenir.

1.3.4.2.6. Dolomit

Demir çelik tesislerinin kendi bölgelerinden veya özel sektörlerden temin edilirler. Kırılıp parçalanan dolomitin elendikten sonra; 25 mm üzeri “dolomit”, 10-25 mm arası “mıcır”, 10 mm altı ise “toz” olarak adlandırılır. Formülü $CaMg(CO_3)_2$ olan dolomit, yüksek fırında cüruf yapıcı ve madene akışkanlık veren bir eleman olarak kullanılır.

1.3.4.2.7. Kok Kömürü

Tüm şarjın erimesi için gerekli olan ısıyı sağlar. Fırın içinde gaz geçirgenliğini ve demir cevherinin indirgenmesini sağlar. Fırın içindeki şarjın basınç ve ağırlığını taşır. Yüksek fırın kokunda tane boyutu 50 – 150 mm arasında olmalıdır. Sıkı ve sert olup 1 cm^2 de 120 kg basınca dayanabilmelidir. İçindeki boşlukların toplamı en az % 50 olmalıdır.

1.3.5. Elektrik Ocaklarında Ham Çelik Üretimi

Elektrik ocağında ham çelik üretimi 6 aşamada gerçekleşir.

- Fırına şarj
- Ergitme
- Rafinasyon
- Cüruf giderme
- Döküm devirme
- Yeni döküme hazırlık

1.3.5.1. Fırına Şarj

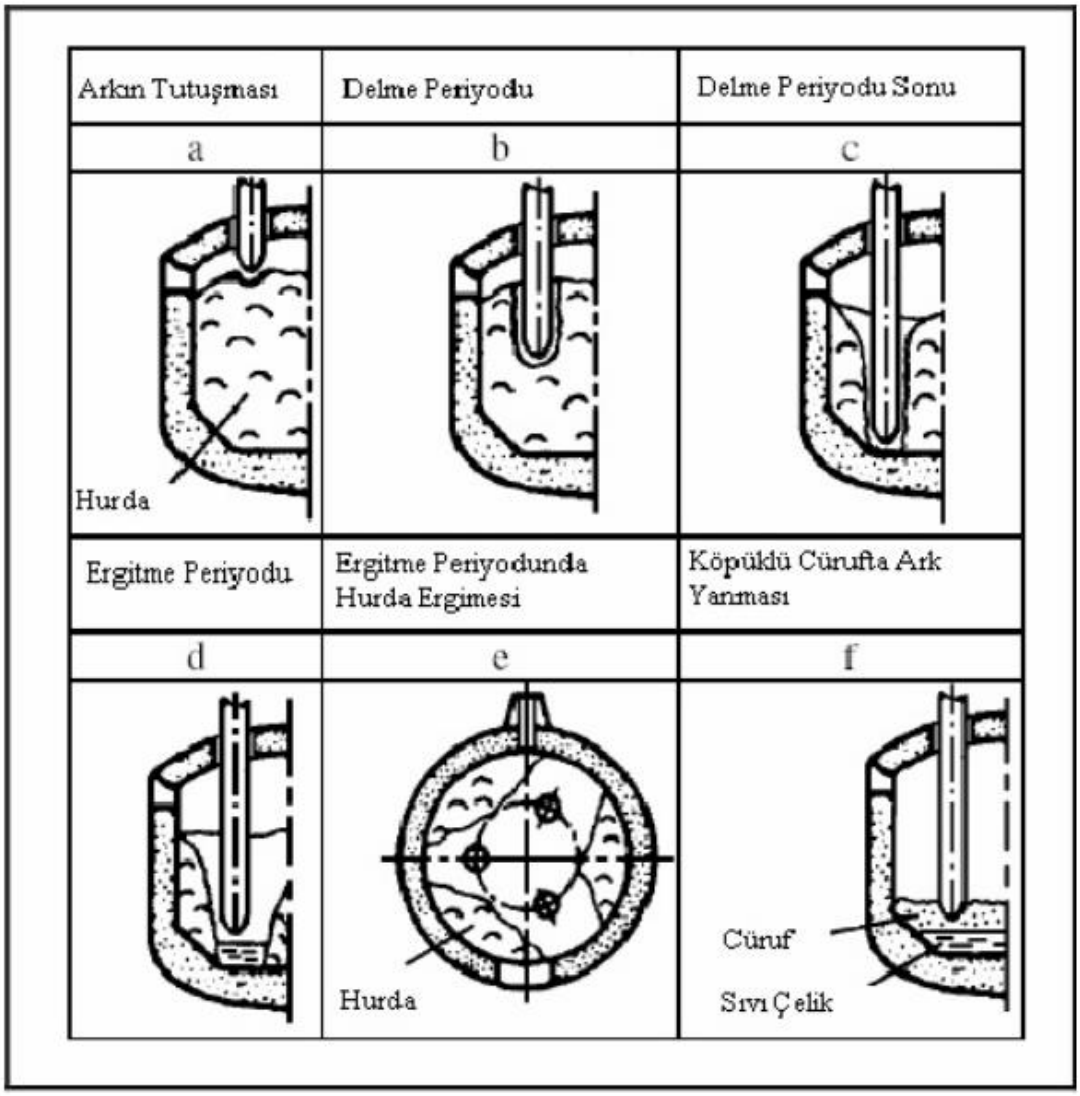
Fırına şarj işlemi, şarjın hazırlanması ile başlar. Üretilecek çeliğin kompozisyonunu doğrudan etkileyecek bu işlem, amaçlanan ürün özellikleri göz önünde bulundurularak yapılır. Ürün kompozisyonunu etkilemesinin yanı sıra proses dengeleri üzerinde önemli etkisi olan şarj hazırlanırken aşağıdaki başlıklar göz önünde bulundurulur.

- Ark sonucu oluşacak radyasyondan fırının korunması,
- Brülörlerin gaz akışını engelleyici yığılmaların önüne geçilmesi,
- Ark kararlılığı için gerekli sıvı çelik oluşumunun hızlanması,
- Fırın homojenizasyonunun sağlanması.

Şarj için hazırlanan hurdalar bileşim bakımından çok çeşitli özelliklerde olabilmektedir. Karbon çelikleri gibi alaşımsız çeliklerin yanı sıra yapısında yüksek oranda alaşım elementi barındıran yüksek alaşımlı çelikler de hurda olarak kullanılmaktadır. Geniş hurda kompozisyonunun kullanımına olanak sağlayan EAO prosesinde, elde edilmek istenen nihai ürün doğrultusunda şarj kompozisyonu hazırlanır.

1.3.5.2. Eritme

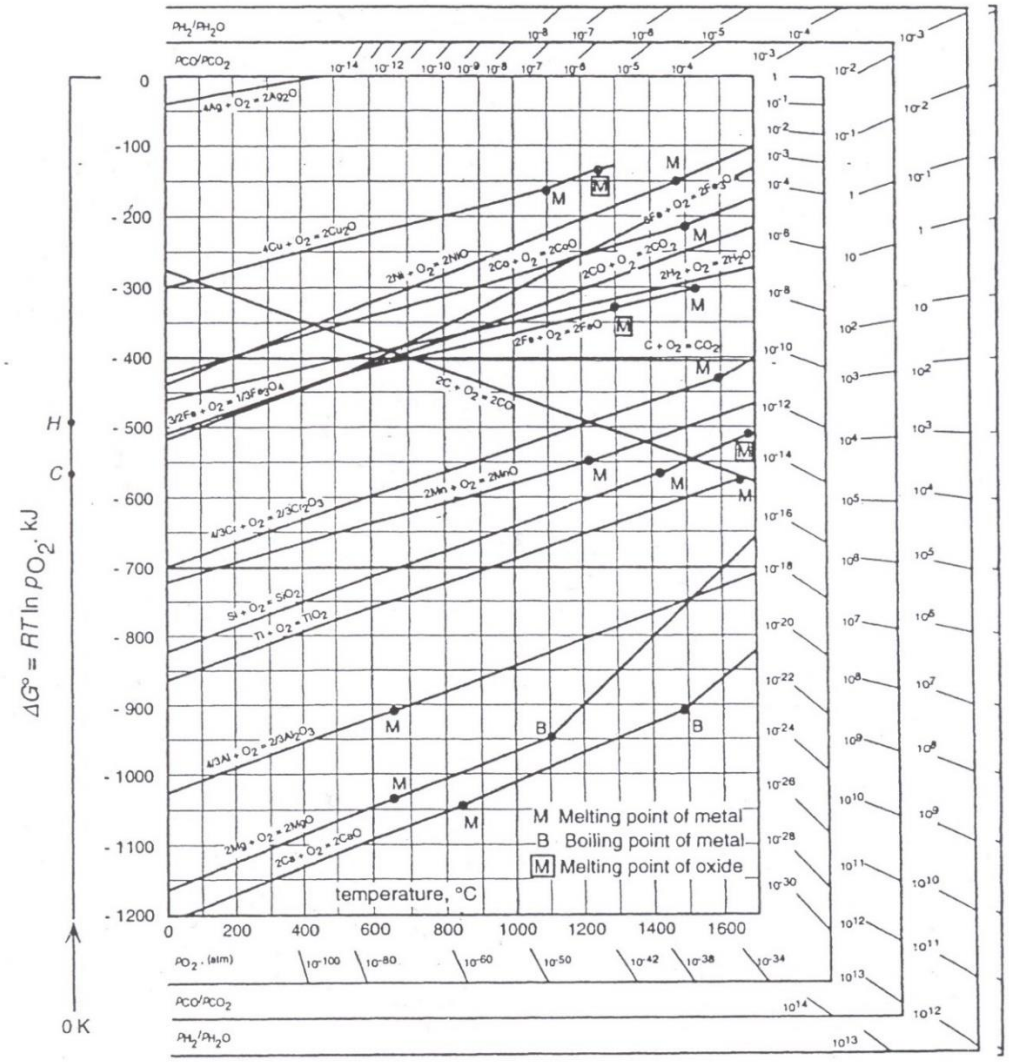
Elektrik ark fırınlarında ergitme işlemi grafit elektrotlar ile hurda arasında oluşturulan ark vasıtasıyla gerçekleştirilir. Ergitme işleminin ilk aşamasında düşük gerilim ile çalışılır. Elektrot, oluşturulan düşük gerilim arkı ile hurdayı kendisine boşluk yaratacak kadar ergiterek yüksek gerilim aşaması için gerekli derinliğe iner. Yeterli derinliğe indirilen grafit elektrot ikinci kademe olan yüksek gerilimle çalıştırılır. Yüksek gerilimin sebep olduğu ark radyasyonu elektrot çevresi hurda ile sarılı olduğu için refraktere zarar vermeyip tamamen hurdanın ergitilmesinde kullanılır.



Şekil 1.9. Elektrik ocağı eritme kademeleri

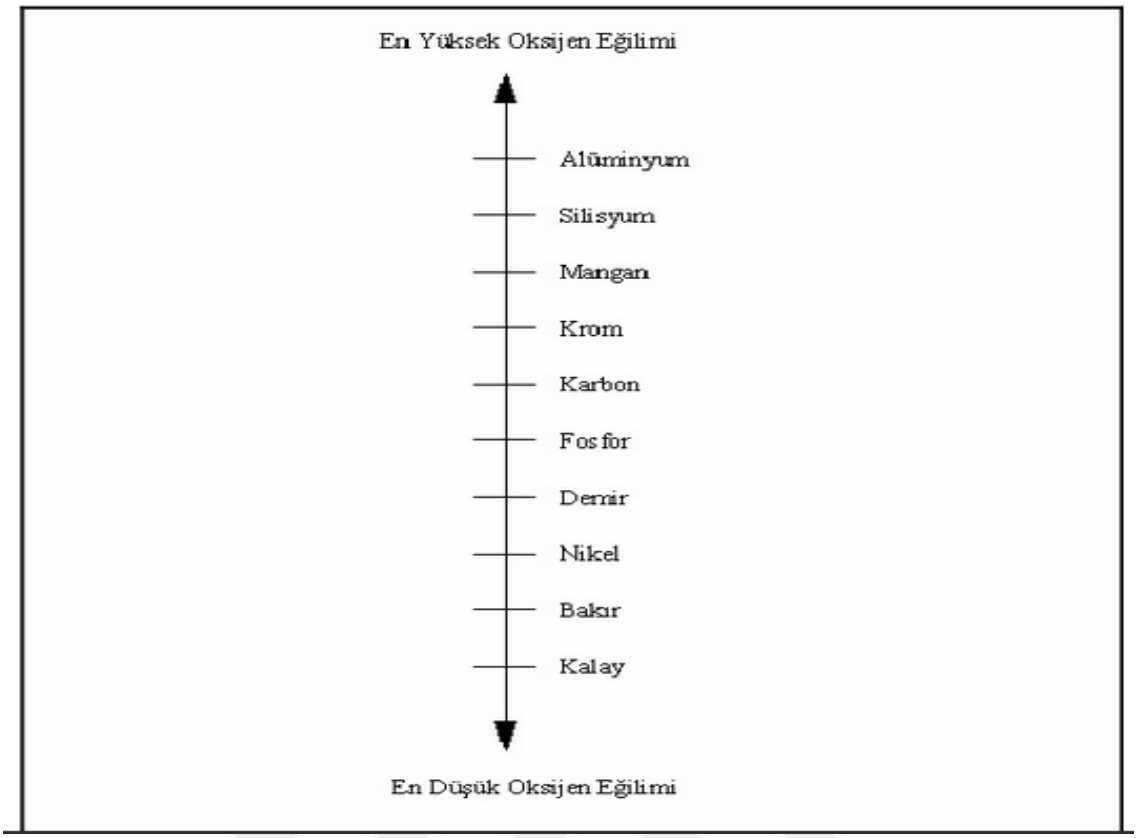
1.3.5.3. Rafinasyon

Hurda bileşiminde bulunan alaşım elementleri ve empürite miktarlarının nihai ürün göz önünde bulundurularak değiştirilmesi işlemidir. Alüminyum, fosfor, karbon, kükürt, mangan ve silisyum elementleri rafinasyon işlemine tabi tutulan başlıca empüritelerdir. Rafinasyon işleminin ana elemanı fırına üflenen oksijendir.



Şekil 1.10. Ellingham diyagramı

Hurda bünyesinde bulunan ve nihai üründe istenmeyen elementler oksijen üflenerek yapıdan uzaklaştırılırlar. Empüritelerin oksijene olan afiniteleri arındırılma sıcaklıklarını, sıralarını ve hangi oranda bünyeden arındırılabileceklerini tayin etmek açısından en temel etkendir. Elementlerin oksijen afiniteleri Şekil 1.10' da yer alan Ellingham Diyagramından saptanarak rafinasyonları gerçekleştirilir. Rafinasyon işlemi esnasında oksijen üflenerek cürufa alınan elementin sıvı çelik içerisindeki oranı limit değere ulaştığında, oksijene afinitesi daha az olan element oksitlenmeye başlar. Bu döngü oksijen afinitesi demirden daha yüksek olan elementler için sırasıyla gerçekleşir. Kararlılığı demirden daha yüksek olan elementler oksijen lansı ile rafine edilemezler. Bu sebeple kararlı elementleri barındıran hurdalar, bu elementler nihai üründe istenmiyorsa, hurda şarjına dahil edilmezler. Şekil 1.11' de bazı elementlerin oksijen afiniteleri kıyaslanmıştır.



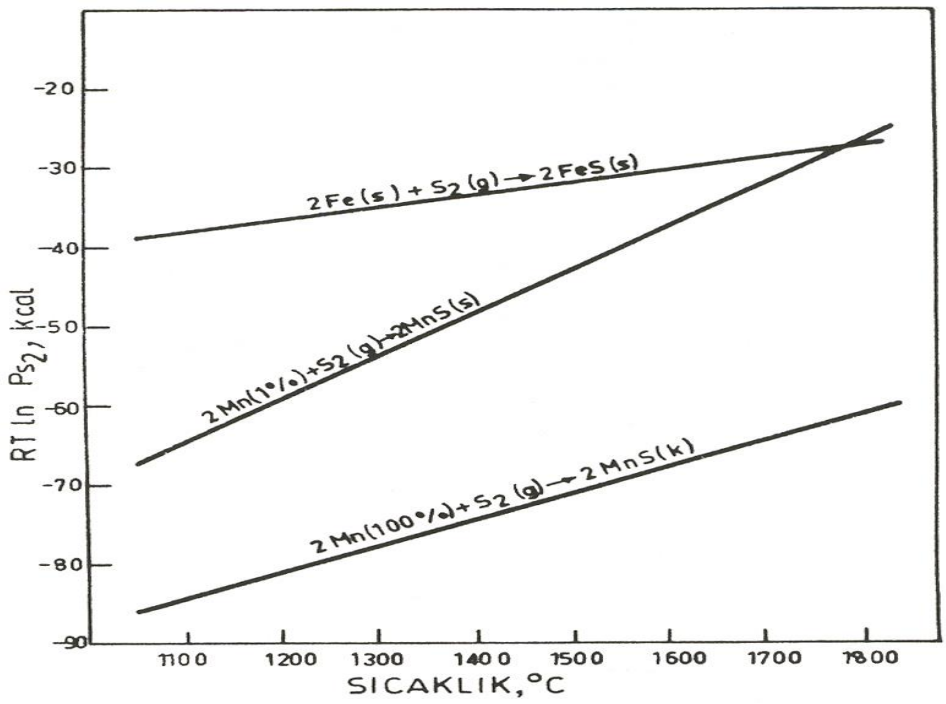
Şekil 1.11. Bazı elementlerin oksijen afiniteleri

Hurda yapısında bulunup oksijene afiniteleri demirden daha yüksek olan alüminyum, silisyum, mangan, krom, karbon ve fosfor yapıdan rafinasyon ile uzaklaştırılabilirler. Alüminyum, silisyum, mangan ve krom katı oksitler oluştururken, karbon gaz olarak okside olur.

Nihai üründe problem yaratan başlıca iki element olan fosfor ve kükürtün ilk rafinasyonları bu kademede yapılır. Fosfor, banyo sıcaklığı, cüruf bazikliği ve cüruftaki demiroksit (FeO) miktarına bağlı olarak uzaklaştırılabilmektedir. Fosfor rafinasyon için kullanılan yöntem "Hot Heel" yöntemidir. Banyo sıcaklığı düşükken oksijen üflenerek başlanan teknik, cüruftaki yüksek demiroksit oranı sayesinde fosforun uzaklaştırılmasında kullanılabilmektedir. Kireç katkısı ile sağlanan yüksek cüruf bazikliği fosfor rafinasyonu için önemli etkenlerden birisidir. Aşırı miktarda kireç eklenmesi cürufu viskozlaştırıp akışı azaltmaktadır. Akış problemine karşı banyo inert gaz ile karıştırılabilmektedir. Karıştırma işlemi reaksiyonların devamlılığını sağlamada önemli bir etkendir. Fosfor seviyesi elektrik ark fırınlarında %20 – 50 aralığında giderilebildiği için nihai ürüne göre fosfor miktarı belirlenmiş hurda şarjı büyük önem arz etmektedir.

Çelikte bulunan kükürt her konsantrasyonda çeliğin mekanik özelliklerini kötü yönde etkiler. Bunun yanında belli durumlarda kükürt sıcak gevrekliğe neden olur. Bu nedenlerle, işlenebilirliği artırdığı için otomat çeliklerine bu amaçla eklenmesi haricinde, çelikte kükürt istenmez.

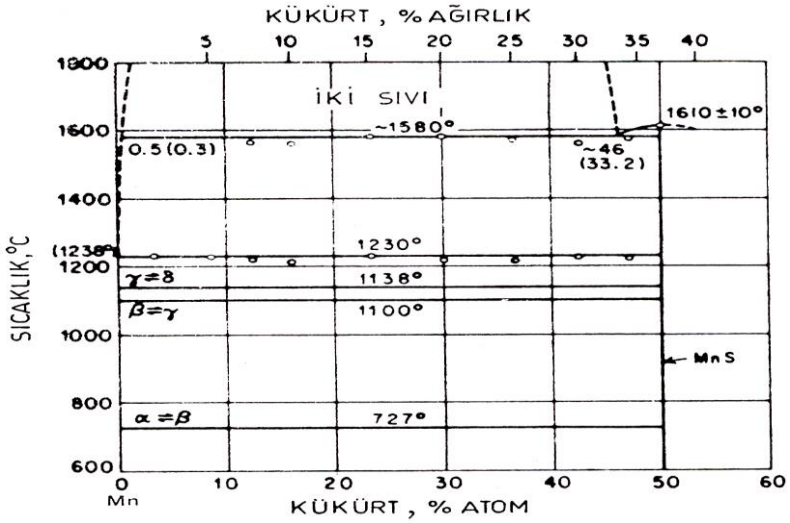
Sıcak gevrekliği, kükürtlü bir bileşik oluşturarak önlemek amacıyla yaygın olarak kullanılan element mangandır. Şekil 1.12' de demir ve mangan sülfürler için kükürt potansiyeli diyagramları verilmektedir.



Şekil 1.12. Fe-Fes ve Mn-MnS denge kükürt potansiyeli çizgileri

Şekil 1.12' de %1 Mn standart hali için de denge kükürt potansiyeli çizgisi çizilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi demir içerisinde %1 konsantrasyonda bulunan Mn, kükürdün FeS şeklinde değil MnS şeklinde çökmesine neden olacaktır.

Şekil 1.13' de verilen Mn-MnS faz diyagramında bu sistemde 1230°C sıcaklıkta bir ötektik nokta olduğu görülmektedir. Böylece Fe-S sistemine Mn eklenerek kükürt MnS olarak çöktürülürse haddeleme, dövme gibi işlemler sırasında sistemde sıvı faz olmayacağı için sıcak yırtılma önlenecektir.



Şekil 1.13. Mn-MnS faz diyagramı

1.3.5.4. Curuf Giderme

Curuflar başlıca asidik ve bazik karakterli olmak üzere iki başlıkta gruplanır. Cüruf karakteri, yapısında bulunan CaO ve SiO_2 oranları göz önünde bulundurularak saptanır.

$$\%CaO / \%SiO2 < 2 \quad (1.9)$$

Asidik karakterli cüruf yapısı

$$\%CaO / \%SiO2 \geq 2 \quad (1.10)$$

Bazik Karakterli Curuf Yapısı

Asidik karakterli cüruflar rafinasyon yapılmayan, sadece ergitme amaçlı kullanılan proseslerde kullanılmaktadır. Elektrik ark fırını gibi ergitmenin yanı sıra kükürt ve fosfor rafinasyonu da yapılan proseslerde kullanılan cüruflar ise bazik karakterlidir. Bazik karakterli cüruflar kompozisyonlarına göre ikiye ayrılmaktadır.

Bazik oksitleyici cüruflar, demiroksit oranı %10'dan fazla olan cüruflardır. Yapısında barındırdığı FeO oranı % 10 - 45 arasında değişmektedir. Bu tip cüruflar yapılarındaki FeO' ya göre oksijen afinitesi daha yüksek olan silisyum, mangan ve alüminyum elementlerini oksitleyerek rafinasyonlarını sağlar. Bazik oksitleyici cüruflar aynı zamanda fosfor rafinasyonunda da kullanılır.

Bazik indirgeyici cüruflar ise yapılarındaki demiroksit ve manganoksitlerin toplamı %5' ten az olan cüruflardır. Fosfor rafinasyonunun ardından fırından cüruf çekilmesi sonrasında yapılan kireç ilavesiyle oluşturulan cüruf, bazik indirgeyici cürufa örnektir.

1.3.5.5. Döküm Devirme

Ergitme ve rafinasyon işlemi tamamalandıktan sonra fırındaki çeliğin boşaltılması işlemi olan döküm devirme gerçekleştirilir. Döküm esnasında olabildiğince az cürufun potaya geçmesine ve hava ile mümkün olduğunca az temas edilmesine özen gösterilir. Cüruf geçişini azaltmak için dipten döküm alma yöntemi uygulanmaktadır. Cüruf yoğunluğu sıvı çeliğe göre daha düşük olduğu için yüzeyde kalmaktadır. Dipten döküm minimum sirkülasyona sebep olduğu için hava ile temas eden yüzeyi azaltarak yapıya azot geçişini minimuma indirir. Döküm ile potaya alınan sıvı çelik pota üzerinde oluşturulan koruyucu tabaka sayesinde havadan korunmuş olur.

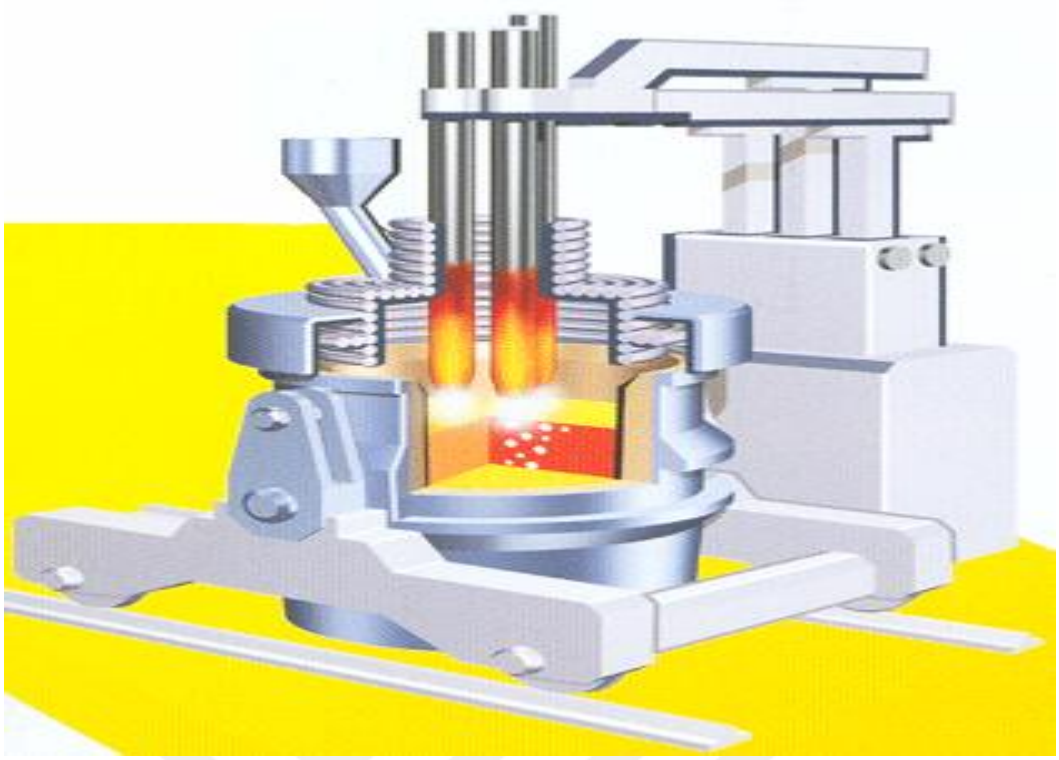
1.3.5.6. Yeni Döküme Hazırlık

Dökümü tamamlanan fırında refrakter kontrolü yapılıp gerekli onarımlar gerçekleştirilir. Belirli periyotlarla önceden hazırlanmış yeni refrakter tabanı mevcut fırın tabanı ile değiştirilir.

1.3.6. Pota Ocağı

Sektörel bazda bakıldığında çelik üretimindeki kalite unsur ve parametrelerinin arttırılması esasıyla sert rekabet koşulları içerisinde yeni kontrol mekanizmalarını ve güncel otomasyon sistemlerini devreye almak kaçınılmaz bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Üretim aşamalarında en önemli hususlardan birtanesine örnek olarak ikincil metalürjideki hedef istenilen kalitede ve ayrıca gerekli ısıda döküm aşaması için sıvı çelik bileşimlerinin hazırlanmasıdır. Bu süreçte bileşim değerleri ve deoksidasyon miktarlarının uygun düzeyde ayarlanabilmesi için numunelerin gerekli parametreleri verebilecek laboratuvar ortamlarında analiz edilmesinden sonra uygun oranlarda alaşımlar yapılmakta; çelik döküme hazır hale getirilmektedir. İkincil metalurjide eritme potasındaki Alüminyum, Mangan ve Silisyum maddelerinin yüzdesel olarak ağırlıkları uygun şekilde ayarlanıp, Sülfür, Bakır, Azot, ve Kalsiyum gibi elementlerin miktarları çelik sertliğini doğrudan etkilediği için bu elementlerin alaşım içerisindeki oranları en aza indirgenmeye çalışılmaktadır. Pota ocağında alaşımlama, kükürt giderme ve deoksidasyon gibi yapılan işlemlerdir.



Şekil 1.14. Pota ocağı

Pota Ocağı Temel Fonksiyonlar;

Sıcaklığın hassas olarak ayarlanabilmesi (Sürekli döküm için)

Döküm zamanlarının hassas şekilde ayarlanabilmesi (Sürekli döküme göre)

Potadaki çelik analizinin hassas olarak yapılabilmesi

Deoksidasyon veya inklüzyon şekillendirmesi maksadıyla Alüminyum, Kalsiyum-Silisyum ilavesi

Yoğun şekilde karıştırarak kükürt giderme

Yarı ve nihai mamülün veriminin arttırılması (Çelik Üretimindeki saflık oranı göz önüne alındığında)

Sıcaklık değişimlerinin azaltılması ve hatta stabil tutulması

1.3.6.1. Deoksidasyon

Çeliğin üretimi için gerekli basamaklardan biri oksijen giderimidir. Özel oksijen gidericiler, oksijeni hemen bağlayan bileşenler olarak ilave edilir. Ferro silis veya ferro alüminyum bunlara örnektir. Oksijen giderici ürünler ya cüruf içinde kalarak ya daçelik içerisinde ince bir şekilde (zararsız bir şekilde) dağılarak absorbe edilir.

Oksijen giderimi süresince meydana gelen kimyasal reaksiyon örnekleri;

$$[Si] + 2[O] \Rightarrow (SiO_2) \quad (1.11)$$

$$[Al] + 3[O] \Rightarrow (Al_2O_3) \quad (1.12)$$

$$[Si] + 2[MnO] \Leftrightarrow (SiO_2) + 2[Mn] \quad (1.13)$$

Oksijen gideriminin önemi çeliğin katılaşması sırasında gözlemlenebilir. Çelik katılaştıkça, içeriye hapsolmuş-çözünmüş oksijen serbest kalır ve karbon monoksit oluşturmak üzere karbon ile birleşerek başlangıçta ki hacminin iki katına çıkar. Ergiyikten uzaklaştıkça sıvı metalin kaynamasına ve 'kaynar çelik' şeklinde kaynayarak katılaşmasına sebep olur. Bu kaynama işlemi sürekli döküm esnasında önemli bir engel teşkil eder. Dolayısıyla bu durum kabuğun istenen şekilde oluşumunu ve bir sonraki aşamada meydana gelecek olan çekirdek katılaşmasını engelleyen, istenmeyen akış şartlarını doğurmaktadır.

Kalıptaki sıvı çeliğin çekirdeklenmesini kontrol etmekte mümkün değildir. Bu nedenle sürekli döküm usulü ile dökülen çeliğin, 'durgun' yani. oksijeninin tam olarak giderildikten sonra, hat boyunca istenilen şekilde akması sağlanmalıdır.

1.3.6.2. Kükürt Giderimi

Çelikte bulunan kükürt her konsantrasyonda çeliğin mekanik özelliklerini kötü yönde etkiler. Bunun yanında belli durumlarda kükürt sıcak gevrekliğe neden olur. Bu nedenlerle, işlenebilirliği arttırdığı için otomat çeliklerine bu amaçla eklenmesi haricinde, çelikte kükürt istemez. Pratikte yaygın olarak potada çeliğin kükürdünün giderilmesi işlemi çeliğin Al ile oksijeninin giderilmesi ile başlar. Daha sonra da CaO, CaC_2, CaF_2 gibi malzemeler ile sıvı çelik içerisindeki kükürt giderimi sağlanır. Ayrıca CaO bazlı bazik yapıda cüruf elde edilmiş olur ve sıvı metal yüzeyinin atmosferik koşullar ile olan etkileşimi engellenmiş olur ve bu durum sıvı çeliğin reoksidasyonuna ve çelik yapısına yeniden kükürt girmesine engel olur.

$$3CaO + 2[Al] + 3[S] \Rightarrow 3(CaS) + (Al_2O_3) \quad (1.14)$$

$$CaC_2 + 2[S] + 2[O_2] \Rightarrow (CaS) + 2CO_2 \quad (1.15)$$

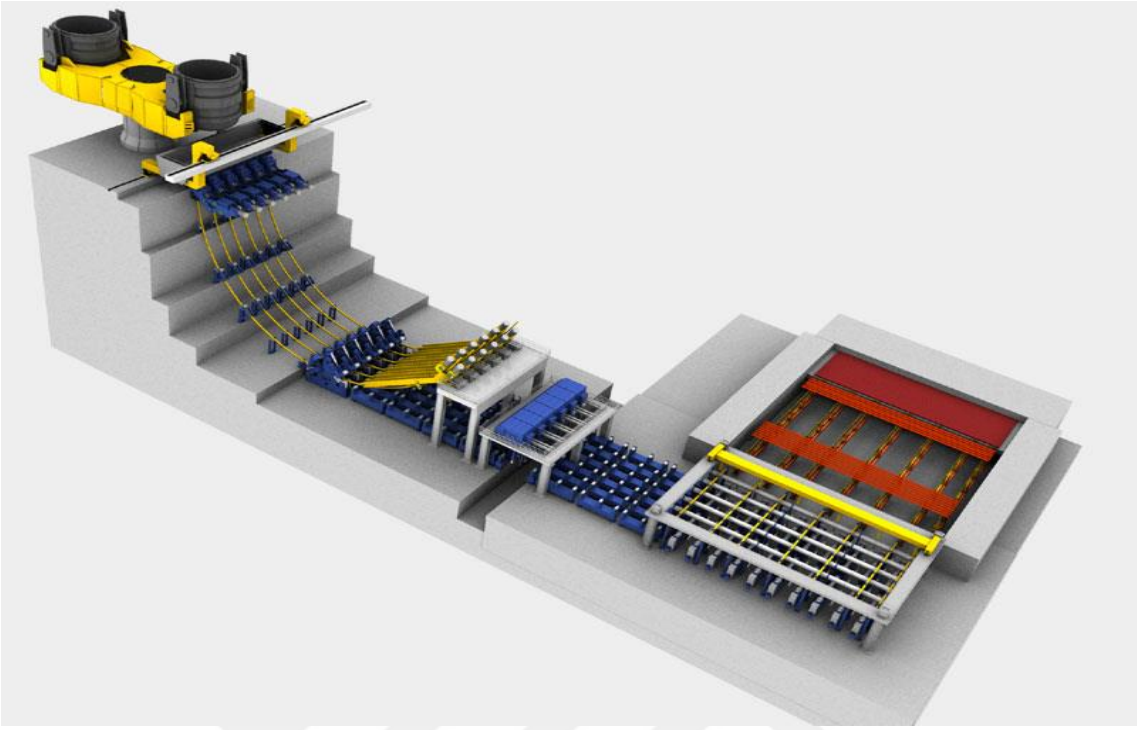
$$[FeS] + CaO + [C] \Rightarrow (CaS) + [Fe] + CO \quad (1.16)$$

Kükürt tasfiyesi için kullanılan malzemelerden biri olan CaF_2 ün asıl hedefi kükürtle bileşik yapmak değildir. Flaks görevi görerek CaO erime sıcaklığını düşürür ve sıvı çelik içerisindeki çözünürlüğünü arttırır. Bu durumda CaS bileşiği oluşumu için reaksiyonlar daha hızlı gerçekleşir. Sıvı çelikte bulunan oksijen miktarı yüksek ise cüruf yapısındaki FeO ve MnO yüzdesi artacağından istenilen baziklikte cüruf elde edememiş oluruz. Bu durumda kükürt giderimi için gerekli olan indirgeyici cüruf yapılmamış ve istenilen kükürt giderme reaksiyonları sağlanmamış olur. Diğer önemli nokta ise yeterli düzeyde gaz karıştırma işleminin yapılmasıdır. Karıştırma işlemi sıvı çelik-cüruf arayüzeyindeki etkileşimi arttıracağından reaksiyon hızı artar ve kükürt tasfiyesi hızlanır. CaC_2 kullanıldığında oluşan reaksiyon sonucunda CO ve CO_2 gibi gazlar ortaya çıkar. Bu durumda karıştırma işlemine katkı sağlayarak reaksiyon hızını arttırır. Son olarakta kükürt tasfiyesi için gerekli olan reaksiyonlar ısı alan reaksiyonlardır. Bu sebeple reaksiyonların hızlı şekilde olması için sıcaklık 1570 ^oC nin üzerinde olması gereklidir.

1.3.6.4. Alaşımlandırma ve Sıcaklık Kontrolü

Pota ocağında nihai alaşımlandırma işlemi, istenen kaliteye uygun kimyasal analiz değerleri sağlanarak yapılır. Ark ocağından sıvı çelik potaya alındıktan sonra ilk numune alınır ve kimyasal analizi laboratuvar ortamında yapılır. İlk numunede elde edilen kimyasal analiz sonuçlarına bakılarak nihai analizi elde etmek amacıyla alaşımlandırma işlemi başlar. Gerekli alaşım malzemeleri sıvı çeliğe ilave edildikten sonra homojen karışım sağlanır. Alaşımlandırma işlemi sonrasında kontrol numunesi alınır ve istenilen kaliteye uygunluğu kontrol edilir. Gerekli analiz şartlarının sağlanmasından sonra döküme uygun sıcaklık ayarlaması yapılır. Sürekli döküm makinesinde döküm işleminin sağlıklı yapılabilmesi adına her kalite için belirlenen, döküm çekme sıcaklık aralıklarına uygun bir değerde dökümün sıcaklığı ayarlanır. İstenilen kimyasal analize ve sıcaklığa ulaşan sıvı çelik, döküme hazır bir şekilde sürekli döküm makinesine gönderilir.

1.3.7. Sürekli Döküm



Şekil 1.15. Sürekli döküm tesisinin şematik gösterimi

Çelikhanelerin genelinde süre olarak kısa aralıklarla çok miktarlarda çelik üretilir (saatte ikiyüz-beşyüz ton arası). Bu miktarların dökümü verimli olmak zorundadır. "Sürekli döküm süreci, bu boyutlardaki dökümü ingot döküm yöntemine nazaran daha hızlı üretme yetkinliğinden ötürü daha da önemli olarak kullanılmış ve ön planda olmuştur. Temel amaç çekinti ve döküm boşluklarını minimuma indirgeyip sıfıra yaklaştırmaktır.

Sürekli döküm ürünü olan kütük şekil olarak kalıbın şekline bağlıdır. Döküm işlemine geçilmeden önce kalıp çıkışı manken adı verilen bir aparat ile kapatılır. Sıvı metal miktarı yada seviyesi kalıpta istenilen düzeye ulaştığında, kalıp bir salınım hareketi yapmaya başlar ve böylelikle katılaşan kabuk kısmının kalıp duvarına yapışması engellenir. Kalıp yüzeyinde sadece katılaşmaya henüz başlamış kütük, manken ve çekme doğrultma üniteleri yardımı ile kalıptan çıkartılır.

Kalıp kısmında birincil soğutma işlemi gerçekleşmektedir. Bu kısımda soğutma işlemi kalıp içerisinde dolaşan su ile sağlanır. Kalıptan çekilmeye başlayan eğme bölgesi denen bölgeden ikincil soğutma işlemine tabi tutulur ve bu bölgelerde dendritik katılaşma görülmeye başlanır. Son olarak hadde yolluğuna gelen kütüğe ikincil soğutma işlemi uygulamasına devam edilerek, yeterli katı kalınlığının sağlanacağı miktarda su püskürtülerek çeliğin eş eksenli dendritik taneler oluşturması sağlanır.

Çekirdekte ise sıvı çelik bulunur. Soğuma işleminden sonra hadde yolu boyunca ilerleyen çelik kütükler istenilen uzunluklarda kesilerek, çalışma sisteminin durumuna göre depo alanında ya da haddehaneye gönderilir.

1.3.7.1. Kütük Kalitesini Etkileyen Süreç ve Kontrol Değişkenleri:

Tandiş içindeki sıvı metalin sıcaklığı

Döküm kompozisyonu

Kalıbın soğutulması

Osilasyon hareketi

Döküm hızı

Manyetik karıştırma işleminin frekansı

İkincil soğutma ve püskürtme sistemi Bu parametreler doğrultusunda kontrol düzgün ve düzenli bir biçimde yapıldığı takdirde olası hataların önüne geçilmiş olur.

1.3.7.2. Çeliğin Şekillendirilmesi

İlk şekillendirilme işlemi tandişten kalıba geçiş esnasında yapılan sıvı çeliğin, soğutulmuş olan son hali olan çelik kütüklerin, istenilen ürünü elde etmek amacıyla gerekli şekillendirme işlemlerine tabi tutulması gerekir. Bu doğrultuda uygulanan çeşitli şekillendirme işlemleri vardır. Bunlardan başlıcaları, haddeleme, dövme, ekstrüzyon ve tel çekme olarak adlandırılır.

Şekil değiştirme (deformasyon) işlemi, elastik şekil değişim ve plastik şekil değişimi olarak iki farklı şekilde bilinir. Elastik şekil değişiminde uygulanan yükün etkisiyle anlık şekil değişimine uğramış malzemenin, uygulanan yükün kalkmasıyla tekrar eski haline dönmesi işlemidir. Eğer uygulanan yük ile kalıcı bir şekil değişimi gözleniyorsa buna plastik şekil değişimi denir. Plastik deformasyon, atomların tercihli düzlemlerde kayması sonucu yeniden düzenlenmesi şeklinde de tanımlanabilir.

1.3.7.3. Haddeleme

Literatürde ve sanayide malzemeyi, eksenleri etrafında dönen silindir şekilli iki merdane arasından geçirilmesi ile plastik sekil verme işlemi haddeleme olarak tanımlanır. Merdaneler malzeme üzerinde basınç yaparak hareket ederler. Şekillendirme takımının ve şekillendirilen malzemenin hareketine bağlı olarak enine, boyuna ve eğik haddeleme olmak üzere 3 farklı sınıf vardır. İnşaat demiri üretiminde yerleştirilen haddeler bir yatay, bir dikey olacak şekilde kütük boyutlarına uygun olarak yerleştirilir. Bu şekilde olmasının sebebi tek

yönlü hadde yapıldığında malzemede hadde yönüne bağlı olarak eğim meydana gelir, bunu önlemek amacıyla bir yatay, bir dikey hadde konulmuştur. İstenilen boyutlara ulaşılana kadar haddeleme işlemi devam eder. Bu işlemler sırasında her hadde ayağında su püskürtmesiyle tufal giderme işlemi gerçekleştirilir. İstenilen boyutlar sağlandığında kesme işlemi yapılır ve gerekliyse doğrultma işlemleri gerçekleştirilir. Daha sonra istifleme işlemi gerçekleştirilir.

Haddeleme işlemi yapılırken önemle üzerinde durulması gereken bazı noktalar vardır. Bunlar aşağıdaki şekilde verilebilir;

İstenilen merdane gövde sertliği

Haddeleme sıcaklığı

Haddeleme hızı

Merdane soğutma koşulları

Bu koşullara dikkat edildiğinde, son aşamada gerekli olan kontroller sağlanmış olur ve elde edilen ürün istenilen kalitede olur.

1.4. İnşaat Demiri Üretiminde Uygulanan Proseslerin Kalite Üzerindeki Etkileri

İnşaat demiri üretiminde, ürün aşamasına gelene kadar uygulanan proseslerde dikkat edilmesi gereken hususlara daha önceki konularda değinilmiştir. Bu hususlar elde edeceğimiz ürünün kalitesini doğruda etkileyen faktörlerdir. Uygulanan süreçlere her ne kadar dikkat edilsede, yaşanan mekanik sorunlar, bilgisayar otomasyonu sorunları, çalışanlardan kaynaklı sorunlar dolayısıyla yaşanmış ve tecrübe edilmiş hatalar bulunmaktadır. Hadde aşamasına gelene kadar, yani yarı mamülümüz olan çelik kütüğü elde edene kadar geçen sürede ortaya çıkacak, üretim ve döküm hatalarını inceleyerek, bu hataların sebeplerini ve nasıl önlemler alınması gerektiğini irdeleyeceğiz.

1.4.1. Çelikhane Ve Kontinu Sistem Kaynaklı Döküm Hataları

Çelikhane ve kontinü sistemlerde meydana gelebilecek hataları yüzey hataları, içsel hatalar ve çatlaklar, şekil bozuklukları olarak 3 ayrı şekilde inceleriz. Bu hatalara sebep olan elementlerin etkileri şu şekildedir;

Cu, Sn, Sb, As yüzey çatlaklarına

O, S, Al yapı içinde metalik olmayan boşluklara

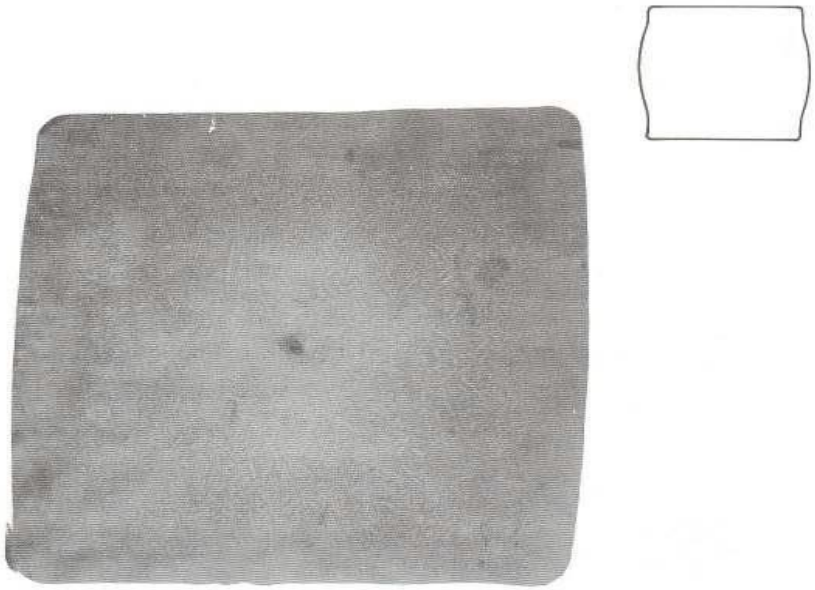
S, P kütük merkezinde ve yüzey tabakasının altında içsel çatlaklara

O, N, H yüzeyde gözenekli yapı oluşmasına ve nokta boşluklarına neden olmaktadır.

Ürün kalitesi için potada; alaşımlamaya, temiz döküm yapılmasına ve döküm

sıcaklığının kontrolüne, tandişte; potadan döküm hızına, sıvı çelik seviyesine, kalıpta ise; osilasyona, yağlama, su akışı ve sıcaklığına dikkat edilmelidir. Bu hususlar doğrultusunda ortaya çıkabilecek hatalarla ilgili görseller şekillerde gösterilmektedir. Bu gösterilen hataların tanımlanması, bu hataların oluşabilme sebepleri, bu hatalara üretilebilecek çözümler her hata için ayrı ayrı irdelenmiştir.

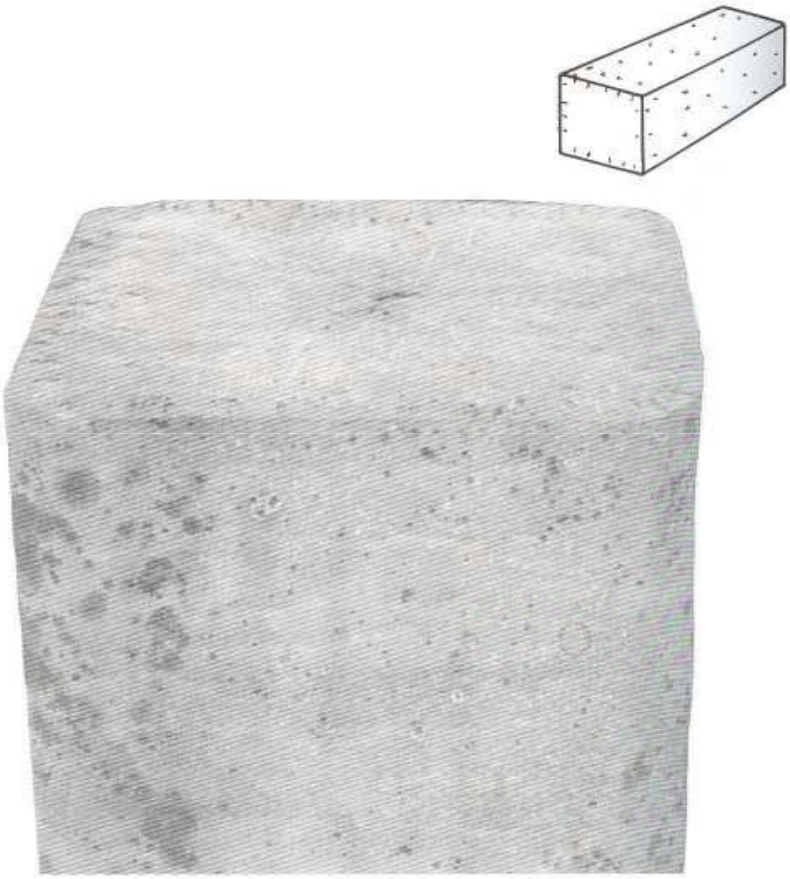
1.4.1.1. Şişkinlik, Yanak Verme



Şekil 1.16. Şişkinlik, yanak verme örneği

Kütük kare yüzeylerinden bir ya da daha fazla kenarında dışbükeysel şekilde değişiklik olması ya da dikdörtgenleşmesi olarak tanımlarız. Çelik katılaşma yüzeyi ferrostatik basıncı tutabilmek için çok zayıf, kontinüde çok yüksek dokum hızı, tandişte sıvı çelik sıcaklığının çok yüksek olması, rehber roleler görevini iyi yapmamaktadır. Birincil ve ikincil soğutma doğru yapılmamaktadır. Döküm hızını kontrol et, ikincil soğutma fazlarını kontrol et, sıvı çelik sıcaklığını kontrol et.

1.4.1.2. Noktasal Boşluklar



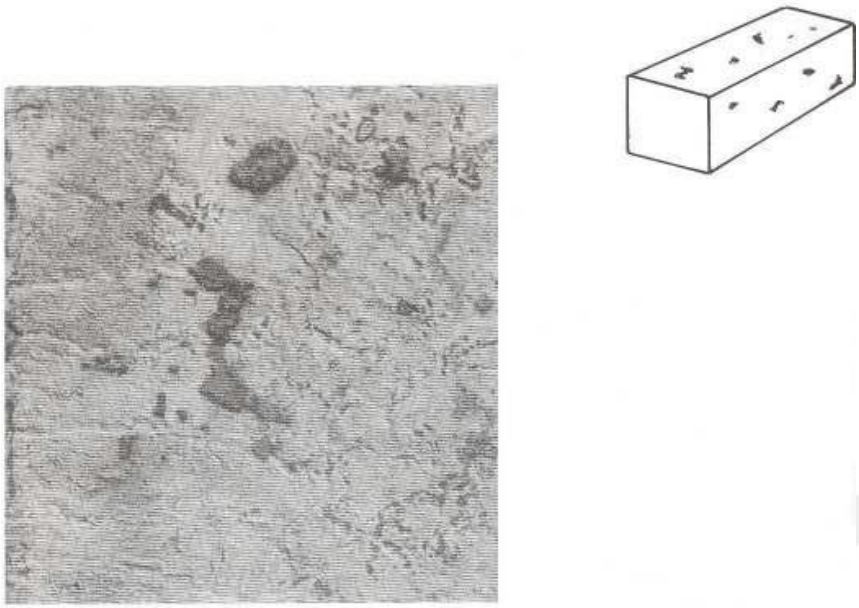
Şekil 1.17. Noktasal boşluklar örneği

Yüzey altında çok fazla patlamış toz halinde noktalar olarak görülür.

Gaz çıkışı yetersizliği, yapı içerisinde yüksek oranda gaz miktarı (O, H, N), yoğun miktarda yağ kaçağı, karıştırıcı gaz olarak azot kullanımı sebepler arasındadır.

Çelik kalitesi ocak devrilmeden iyi ayarlanmalı, pota-tandiş-kalıp arasında sıvı çelik akış hızı kontrol altında tutulmalıdır.

1.4.1.3. Yüzeyde Cüruf



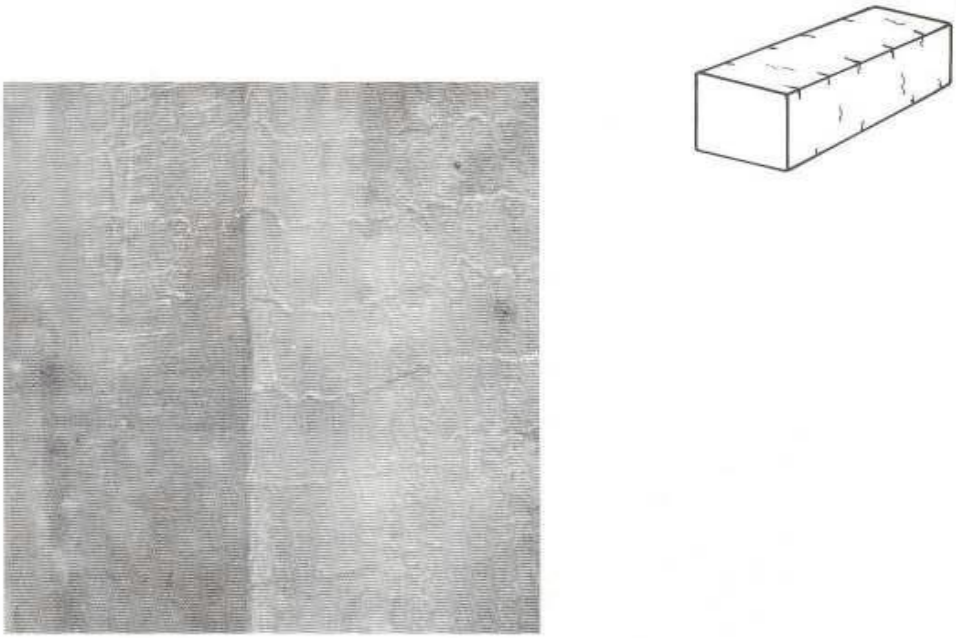
Şekil 1.18. Yüzeyde cüruf örneği

Yüzeyde belirgin şekilde bulunun 5mm daha büyük lekeler olarak tanımlanır.

Sebepler arasında; sıvı çelik içerisinde çok fazla cüruf olması, refrakter erozyonu çeliğe geçmiş olabilir, %Mn/Si oranının 25'den daha az olması, örtü tozunun bileşiminde Al oranının fazla olması, kalıpta ani ve yoğun sıvı çelik seviyesi değişimi, düşük tandiş seviyesinde çalışmak.

Tavsiyeler; kalıpta operatörün cüruf temizliğini dikkatli yapması, pota-tandiş ve kalıp arasındaki sıvı çelik akısının kontrollü yapılması, daha kaliteli refrakter malzeme kullanımı.

1.4.1.4. Enine Çatlaklar



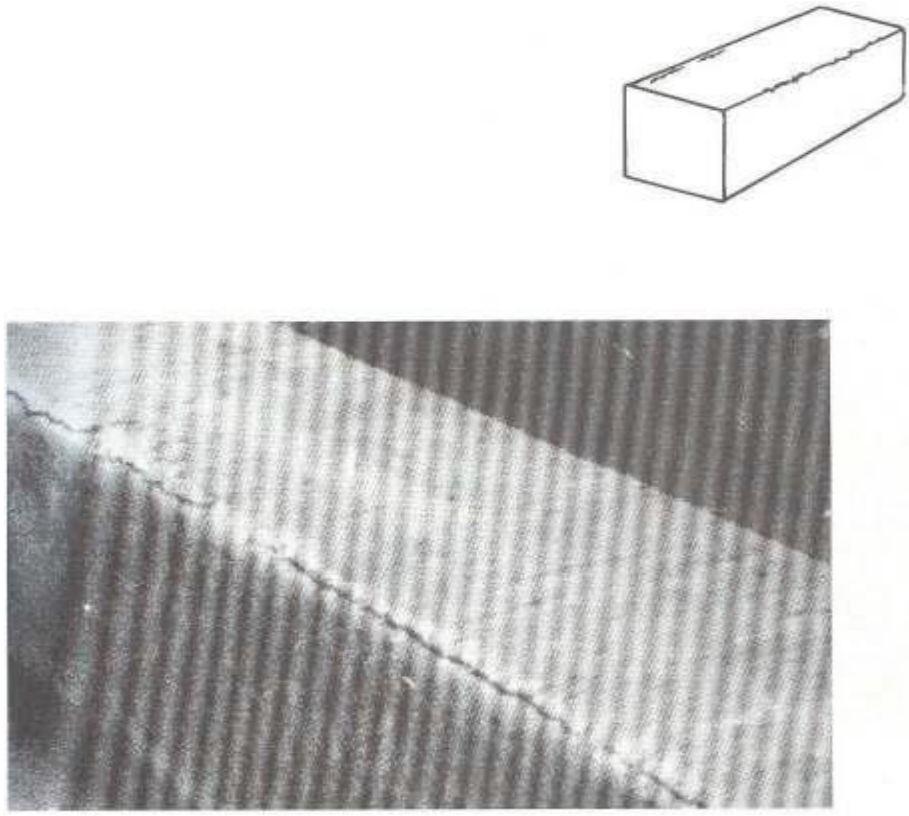
Şekil 1.19. Enine çatlaklar örneği

Düşük osilasyon hızından dolayı kütük köşelerinde oluşan çizgisel çatlaklardır. Yüzeye taşlama ve dağlama yapıldıktan sonra kolayca görülebilir.

Sebepler; kalıp bakırının deforme olması, kalıbın bakırının fazla incelmesi, bakır yüzeyinde tortu kalması, çeliğin düşük sıcaklıkta uzaması (Mn/Si oranının düşük olması), tandişteki sıvı çelik sıcaklığının yüksek olması, kalıbın fazla soğuması, düzgün çalışmayan osilasyon, doğru olmayan kalıp yağlaması yapılması.

Tavsiyeler; birincil ve ikincil soğutma sularının kontrol edilmesi, kamaradaki spreylerin ve kalıp yağlama yağının kontrol edilmesi, osilasyonlar ve muhtemel mekaniksel problemleri kontrol edilmelidir.

1.4.1.5. Boylamsal Çatlaklar



Şekil 1.20. Boylamsal çatlaklar örneği

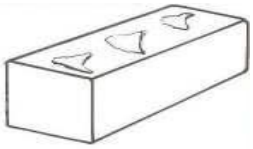
Kütük köşelerinde meydana gelen çatlaklardır. Dağlama ile daha net görülebilir.

Sebepler; fazla kalıp soğutması veya düzensiz kalıp soğutması, ocağın devirme sıcaklığının çok yüksek olması, sprey suları ve kalıp altındaki, kamaradaki rölelerin açısal değişiminden dolayı, çelik analizinde çok fazla empürite oluşu (S, P, As, Sn, Sb), kontinüde döküm hızının fazla olması, kalıp içinde tortu olması.

Tavsiyeler; kalıp bakırının geometrisi kontrol edilmeli, sıvı çeliğin devirme sıcaklığı kontrol altına alınmalıdır.

1.4.1.6. Çukurlaşma Ve Kaynak Olma





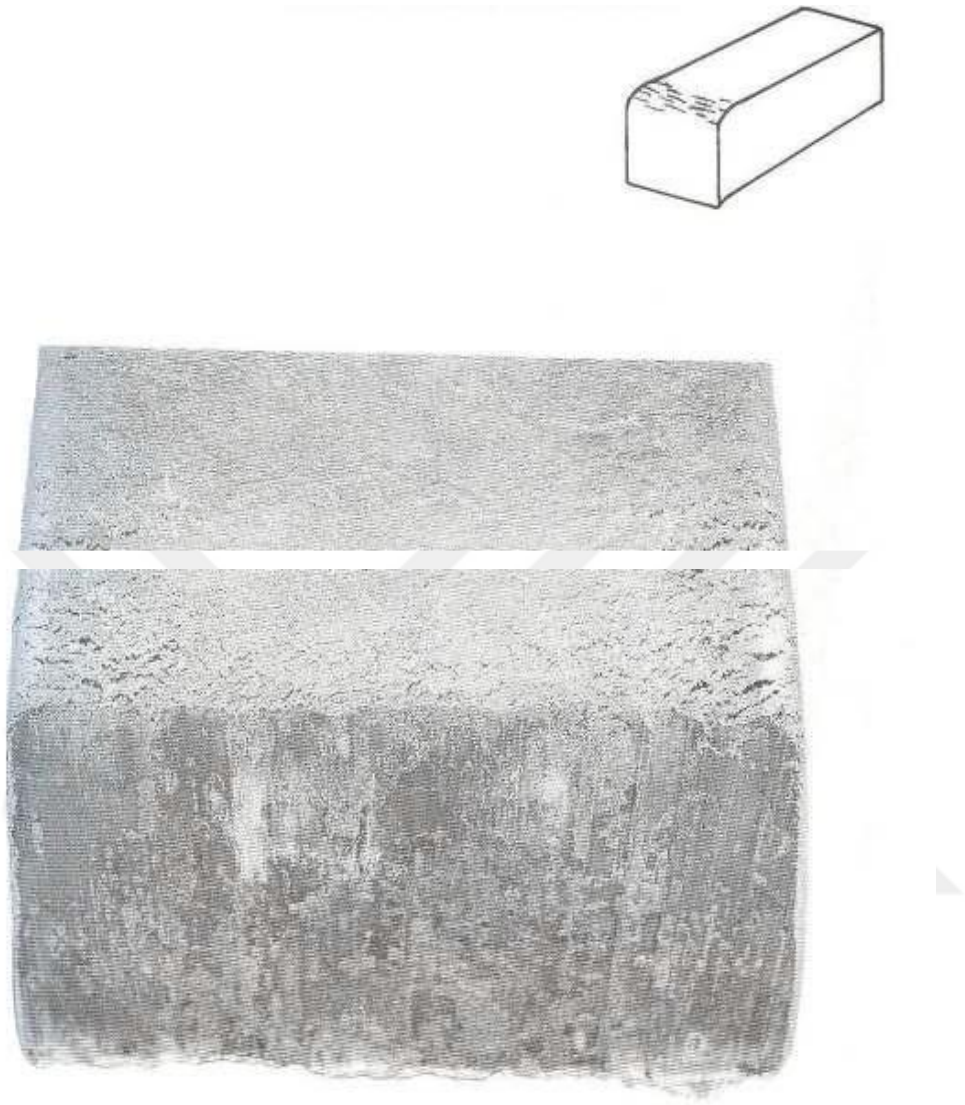
Şekil 1.21. Çukurlaşma ve kaynak olma örneği

Kalıp iç yüzeyinde sıvı metal katılaşması olarak tanımlanır.

Sebepler; yanmış veya deforme olmuş kalıp, kalıp yağlamanın uygun olmaması, sıvı çelik içerisinde fazla cüruf bulunması, ocağın düşük sıcaklıkta devirmesi, kontinüde düşük döküm hızı, tandişten çelik akış hızında ve diğer parametrelerde fazla değişim, yetersiz birincil soğutma, hatalı osilasyon hareketi olabilir.

Tavsiyeler; kalıp yağlamaları kontrol edilmeli, operatörlerin cüruf temizliğini iyi yapmaları sağlanmalıdır.

1.4.1.7. Kesimde Enine Çatlaklar



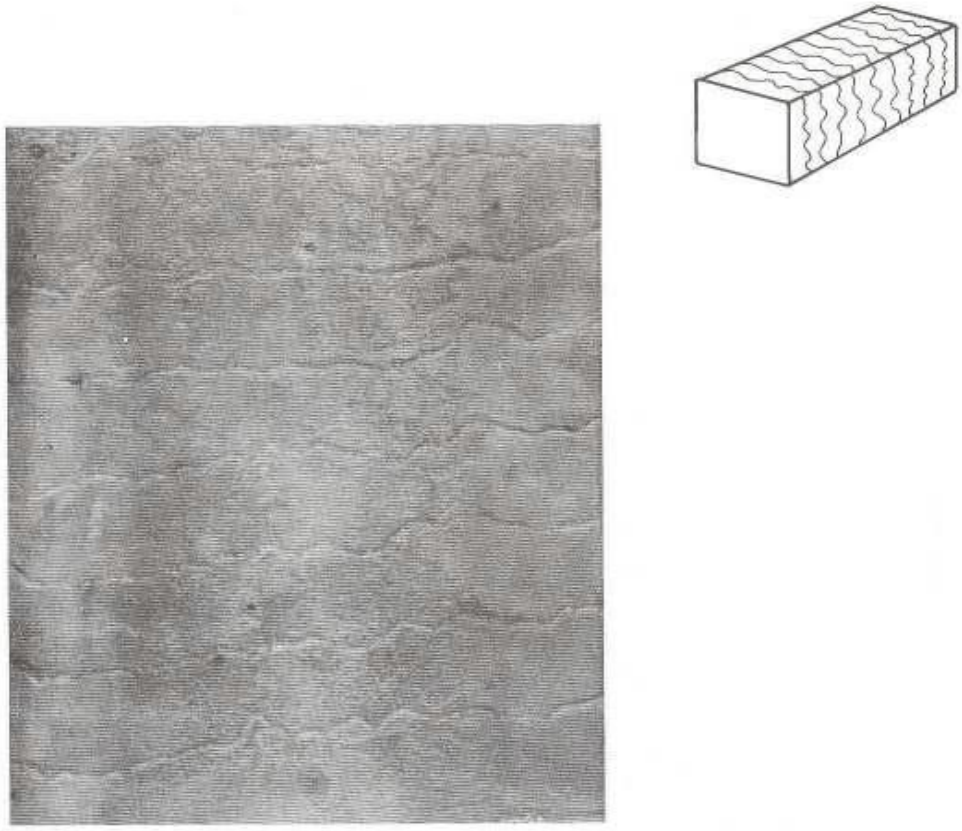
Şekil 1.22. Kesimde enine çatlaklar örneği

Kesimden sonra bükülen kütük köşe yüzeylerinde ve yakın bölgelerinde görülür.

Sebepler; çelik yapısı içerisindeki fazla Pb, Zn, Cu, S, P gibi empüritelerin bulunması, ızgaraya kütüğün çok soğuk gelmesi (Birincil ve ikincil soğutmanın fazla olması).

Tavsiyeler; çelik kalitesinin düzeltilere empüritelerden iyi bir şekilde arındırılması gerekir.

1.4.1.8. Yoğun Osilasyonlu Bölgeler



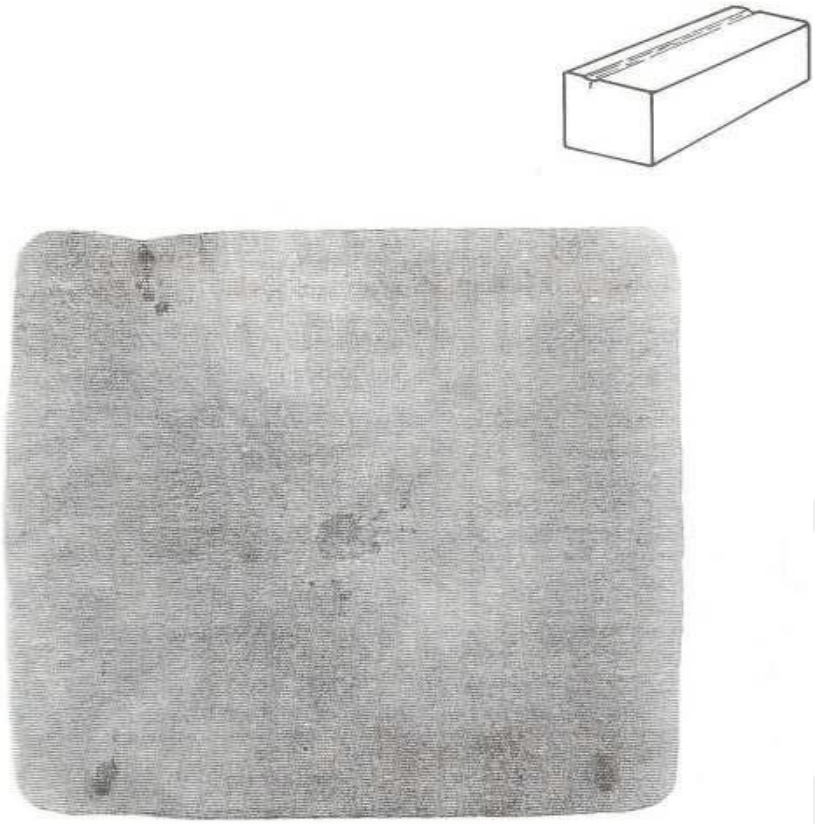
Şekil 1.23. Yoğun osilasyonlu bölgeler örneği

Gözle kolayca görülebilen kütük boyunca dalgalı yapıda olan hatalardır.

Sebepler; düşük karbon miktarı, osilasyon hızı ile döküm hızı arasındaki oranda problem olabilir, düzensiz osilasyon, kalıp yağlama işleminin doğru yapılmaması, ocağın düşük sıcaklıkta devirmesi olabilir.

Tavsiyeler; osilasyon mekanizmasının mekanik parçaları kontrol edilmelidir. osilasyon ile döküm hızı arasındaki oran korunmalıdır. kalıp yağlamasına dikkat edilmelidir.

1.4.1.9. Boylamsal Çöküntüler



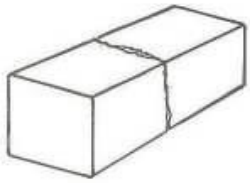
Şekil 1.24. Boylamsal çöküntüler örneği

Yüzeysel çatlaklarla yüzey altındaki çatlaklar genellikle birleşik durumda olduğunda meydana gelir ve gözle kolayca görülebilir.

Sebepler; yanlış hizalama (kalıp altındaki ve hadde yolundaki röleler), birincil soğutmanın düzgün olmaması, sıvı çelik analizi ve kalıba sıvı çelik akısının doğru pozisyonda olmaması, potadaki sıvı çelik sıcaklığının çok yüksek olması.

Tavsiyeler; birincil soğutma suları kontrol edilmeli, tandiş nozul ayarlarını kontrol edilmeli, rölelerin hizalamalarını kontrol edilmelidir.

1.4.1.10. Duvar Çatlakları





Şekil 1.25. Duvar çatlakları örneği

Enine oluşan derin çatlaklardır.

Sebepler; tandişten sıvı çelik akısının kesilmesi, tandişten sıvı çeliğin kalıba akısı sırasında, mekanizmadaki zirkon nozulu değiştirmenin uzun zaman alması, diğer operatör hatalarından oluşan problemlerden kaynaklıdır.

Tavsiyeler; kontinü sistem takibinin kontrol altında tutulması ve işlemlerin doğru şekilde uygulanmasına özen gösterilmelidir.

1.4.1.11. Rombiklikle Birleşik Köşegen Çatlakları



Şekil 1.26. Rombiklikle birleşik köşegen çatlakları örneği

Düzgün olmayan soğutmadan kaynaklı meydana gelen rombikliktir.

Sebepler; uygun olmayan ring soğutması veya birincil soğutma, röle hizalaması düzgün değil, deforme olmuş kalıp veya kalıp dış yüzeyinde tortu birikmesi, ocağın devirme sıcaklığının çok yüksek olması.

Tavsiyeler; soğutma kontrollü bir şekilde yapılmalıdır, kalıp ve röleler arasındaki hizalama düzgün bir şekilde yapılmalıdır, kalıplar düzenli olarak kontrol edilmelidir.

1.4.1.12. İçbükeylik



Şekil 1.27. İçbükeylik örneği

Kütük kare yüzeylerinden bir ya da daha fazla kenarında iç bükeysel şekilde değişiklik olması ya da dikdörtgenleşmesi.

Sebepler; doğru yapılmayan ikincil soğutma ve yüksek döküm hızından kaynaklı sebeplerden dolayı oluşur.

Tavsiyeler; döküm hızı kontrol altında tutulmalıdır, ikincil soğutma sularının fazlarını ve soğutma sularının akış debilerinin kontrol edilmesi ve hangi bölgede kütük yüzeyine dengesiz çarptığı bulunmalıdır.

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çevik, B. (2013) örtülü elektrot ark kaynağı ve MIG kaynağında akım şiddetinin kaynak nüfuziyetine etkisini araştırmıştır. Kaynak işlemi için örtülü elektrot kaynağında 60, 90 ve 120A. MIG kaynağında 100, 125 ve 155A akım şiddetleri uygulanmıştır. Çelik malzemelere 200 mm uzunluğunda kaynak dikişleri çekilmiştir. Numuneler belirli uzunluklarda kesilerek metalografik incelemeleri yapılmıştır. Yapılan çalışma ile kaynak işleminin en önemli parametrelerinden birisi olan akım şiddetinin kaynak dikiş formuna ve dış görünüşüne etkisi belirlenmiştir. Artan akım şiddeti ile kaynak nüfuziyetini (P), kaynak genişliği(W) ve kep yüksekliği (H) artmaktadır. Akım şiddetinin artması ile daha derin nüfuziyetli kaynak dikişleri elde edilebilirken kaynak metalinin sıçraması ile yüzey özellikleri olumsuz etkilemektedir.

ŞIK, A. (2007) 4 mm kalınlığındaki St 52-3 çeliğini MIG/MAG yöntemi ile kaynak etmiştir. Bu çalışmada 80Ar+18CO2+2O2, 88Ar+10CO2+2O2 ve 93Ar+5CO2+2O2 gaz karışımları ve SG2 ile SG3 kaynak telleri seçilmiştir. Üç farklı gaz karışımı ile iki farklı kaynak teli kullanımı sonucu yapılan deneylerde; SG3 elektrodu kullanılarak 88Ar+10CO2+2O2 gaz karışımı ile yapılan birleştirmelerin mekanik özelliklerin yüksek olduğunu gözlemlemiştir. Yapılan yorulma dayanımı değerinin SG2 ve SG3 kaynak telleri ile 88Ar+10CO2+2O2 karışım gazında yüksek çıktığı görülmüştür. SG3 elektrodu ile kaynak yapılan 88Ar+10CO2+2O2 karışım gazında yorulma dayanımının yüksek çıktığı görülmüştür. Gaz karışımları ve Kaynak tellerinin farklılıklarının sertlik değerlerine önemli oranlarda etki etmedikleri tespit edilmiştir.

,

BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

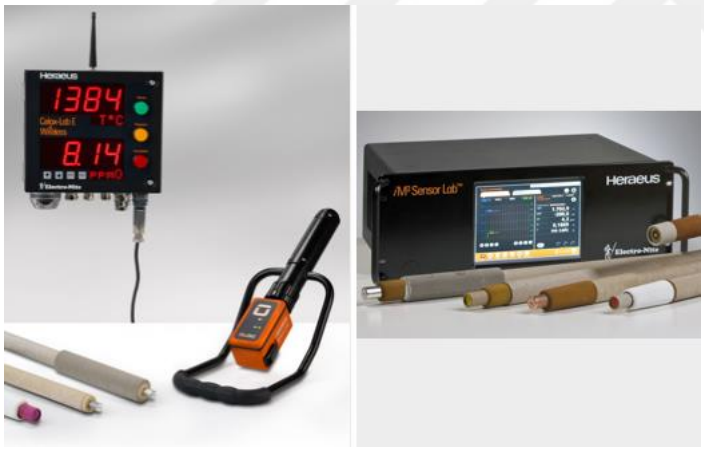
3.1.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Numune incelemelerinde ve hazırlanması işlemlereinde parlatma cihazında elmas pastalar kullanılmıştır. Ayrı makro yapı incelemelerinde %12,5 Hidroklorik asit ve %12,5 nitrik asit kullanılmıştır.

3.1.2 Deneylerde Kullanılan Cihazlar

3.1.2.1. Sıcaklık ve Oksijen Ölçüm Cihazları

SG kalite çeliklerin dökümünde sıcaklık seviyesi ve oksijen konsatrasyonunun ayarlanması için çelik üretim tesislerinde sıcaklık ve oksijen ölçüm cihazları kullanılmaktadır. Cihazlar kullanılarak döküm sıcaklıkları 1565 – 1570 ^{0}C arasında tutulmuştur. Oksijen konsatrasyonu pota ocağı çıkışı 2-3 ppm arasında ayarlanmıştır.



Şekil 3.1. Sıcaklık ve oksijen ölçüm cihazı

3.1.2.2. Sıvı Çelikten Numune Alıcılar

Sıvı çelik üretimi esnasında çelik banyosunun analizlerini takip etmek amaçlı hazır tek kullanımlık numune alıcılar kullanılmaktadır. Bu numune alıcılardan çıkan çelik numunesi önce yüzey taşlaması yapıldıktan sonra spektrometrede analiz edilir.



Şekil 3.2. Çeşitli numune alıcılar.

3.1.2.3. ARL Spectrometre

Numune alıcılar ile almış olduğumuz çelik provalar ARL spectrometre ile analiz edilir ve o analiz doğrultuunda çeliğe ilave edilecek alaşım elementeri belirlenir. Müşteri isteiği son numunede sağlandıktan sonra sıvı çelik dökülmeye hazırdır.



Şekil 3.3. ARL spectrometer

3.1.2.4. Şerit Testere

Üretim esnasındaki göz ile kontroller için kullanılan dağlama numunelerini hazırlamamıza yarayan erit testere



Şekil 3.4. Şerit testere

3.1.2.5. Metalografik Numune Kesme Makinası



Şekil 3.5 Metalografik numune kesme makinası

3.1.2.6. Metalografik Numune Taşlama Parlatma Makinası



Şekil 3.6 Taşlama parlatma makinası

3.1.2.7. Optik Mikroskop

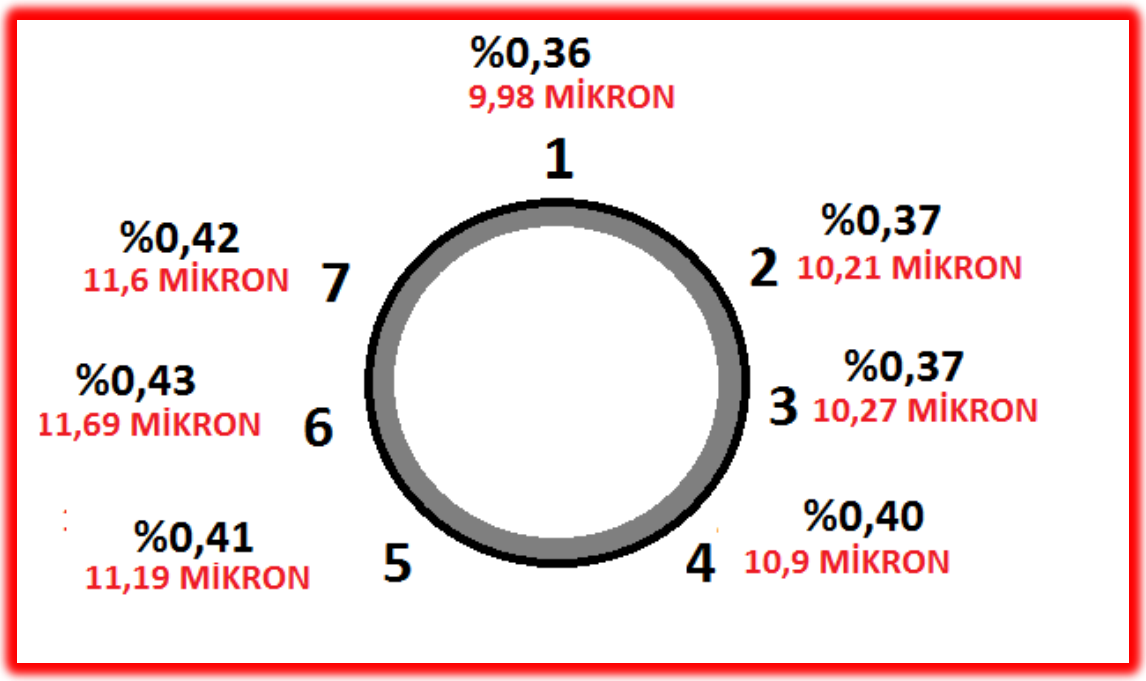


Şekil 3.7 Optik mikroskop

BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

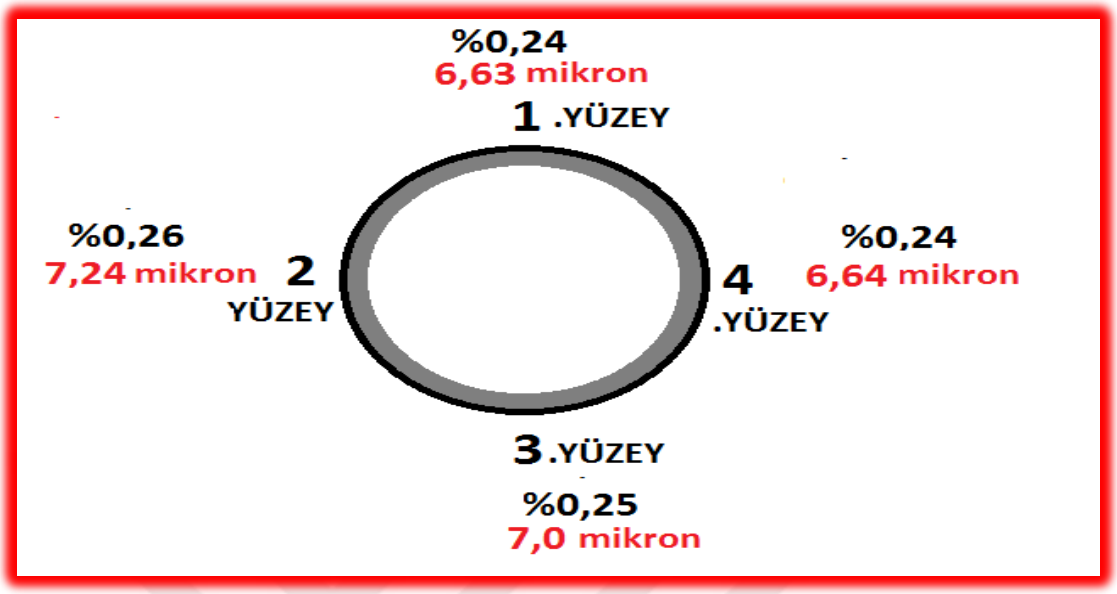
4.1. Oerlikon Şikayet Edilen Sg-2 İncelemesi Raporu

Şikayet SG-2 üretimi paketlerden alınan numuneler mikroskopla incelenerek tufal kalınlıkları ölçülmüştür. Aşağıda bu tufal kalınlığı ölçüm sonucu oluşan şekil görülmektedir. Şekil incelendiğinde tufal kalınlıkları %36 ile %43 arası değiştiği görülmektedir.



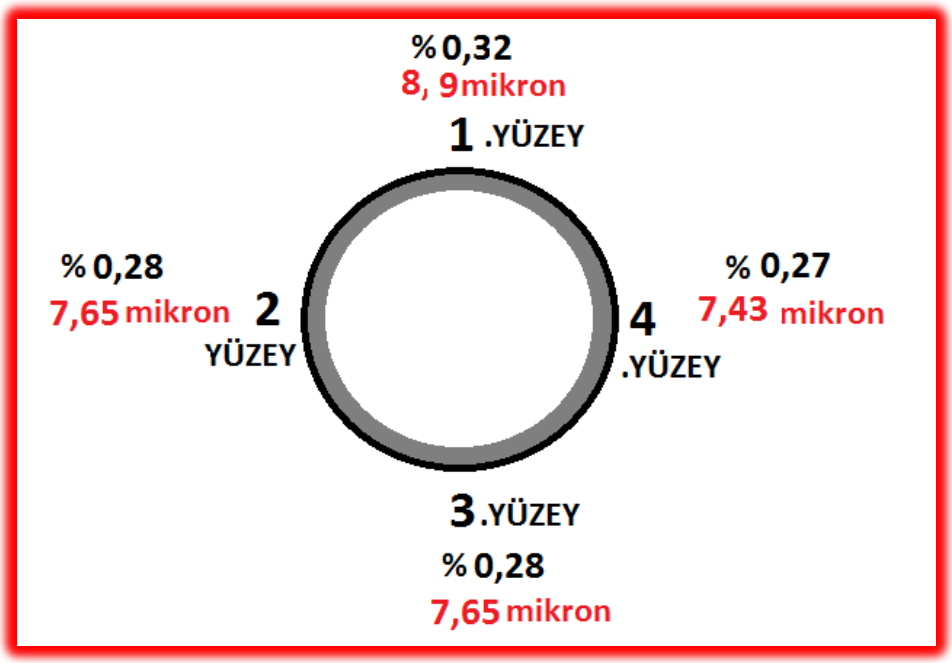
Şekil 4.1. 3-10-291 nolu paketten alınan numune incelemesi (şikayet edilen Sg-2 tufal kalınlıkları)

Ege çelik üretiminden alınan numune incelendiğinde tufal kalınlıklarının %0,24 ile %0,26 arası değiştiği görülmüştür.Bununla ilgili Şekil 4.2 aşağıdadır.



Şekil 4.2. Ege çelik üretiminden alınan numune

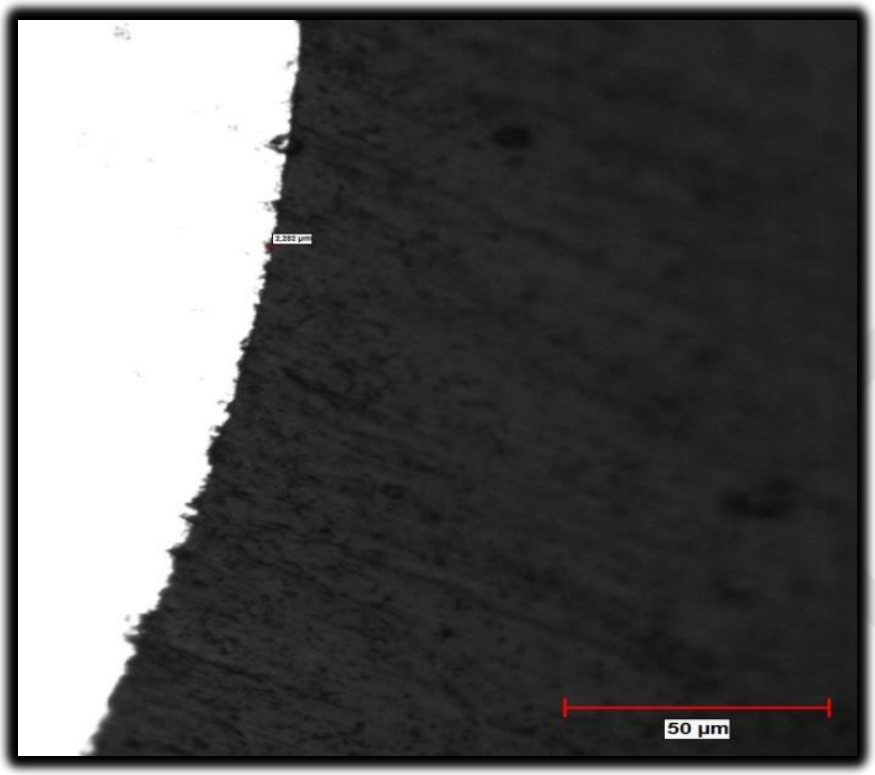
Son SG-2 üretiminde yapılan çalışma sonucu tufal kalınlığı %0,27 lere kadar düştüğü görülmüştür. Bununla işgili Şekil 4.3. aşağıdadır.



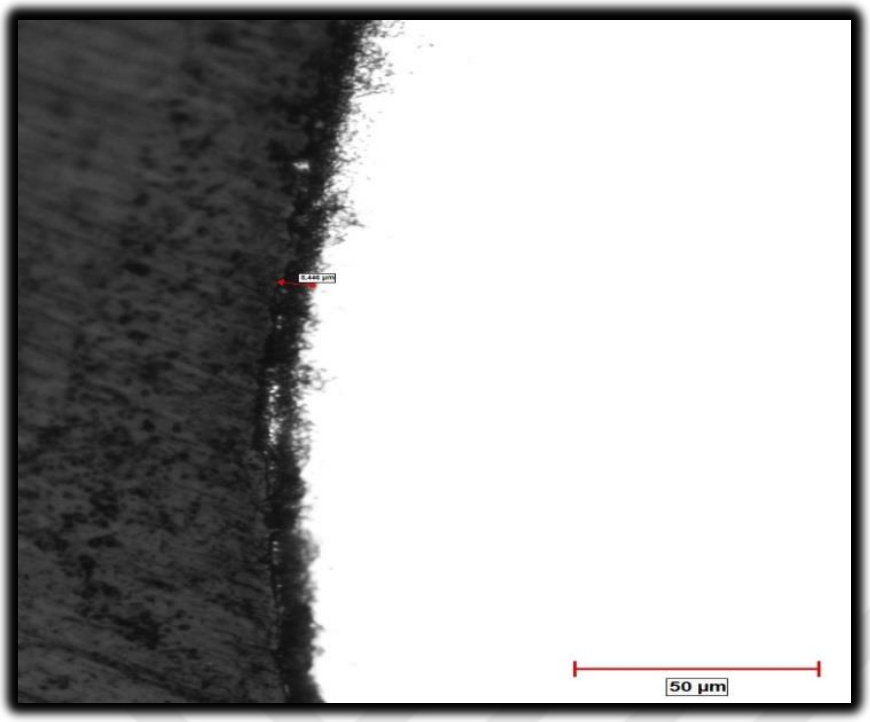
Şekil 4.3. 09-11-2014 üretimi tufal ölçümü

4.2. Tel Çekim Sonucu Cu Kaplama Kalınlıkları

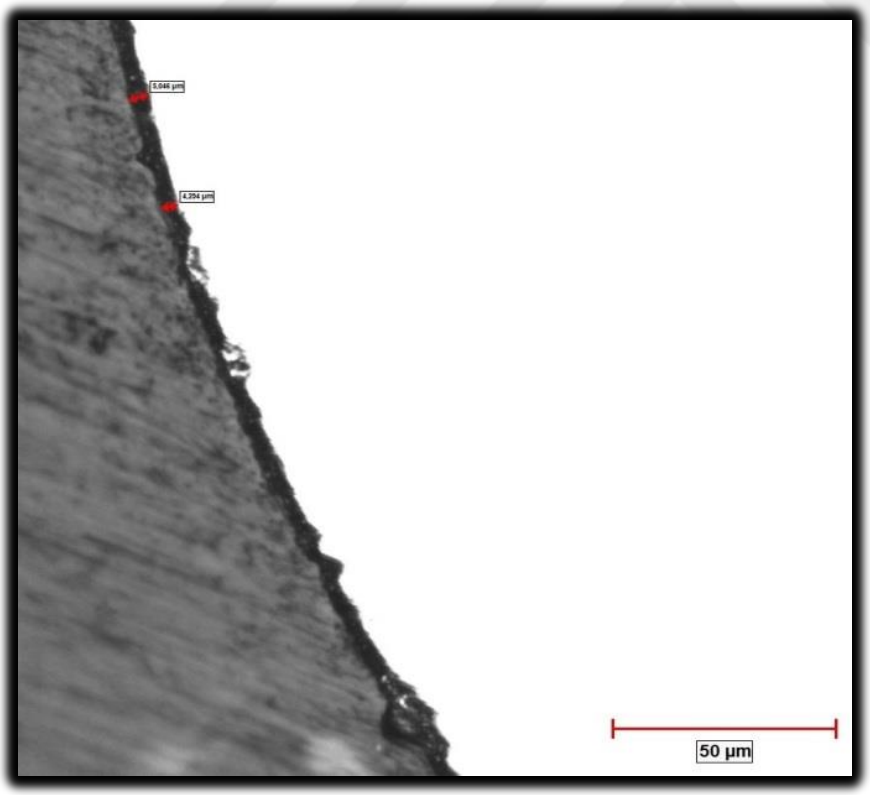
Oerlikon firmasının tel çekilmiş mamule Cu kaplama prosesi sırasında İÇDAŞ mamullerinde kaplamanın telin bütün yüzeyinde homojen olmadığı görülmektedir.Ege çelikten üretilenlerde herhangi bir sorun görülmemektedir. Şekiller aşağıdadır.



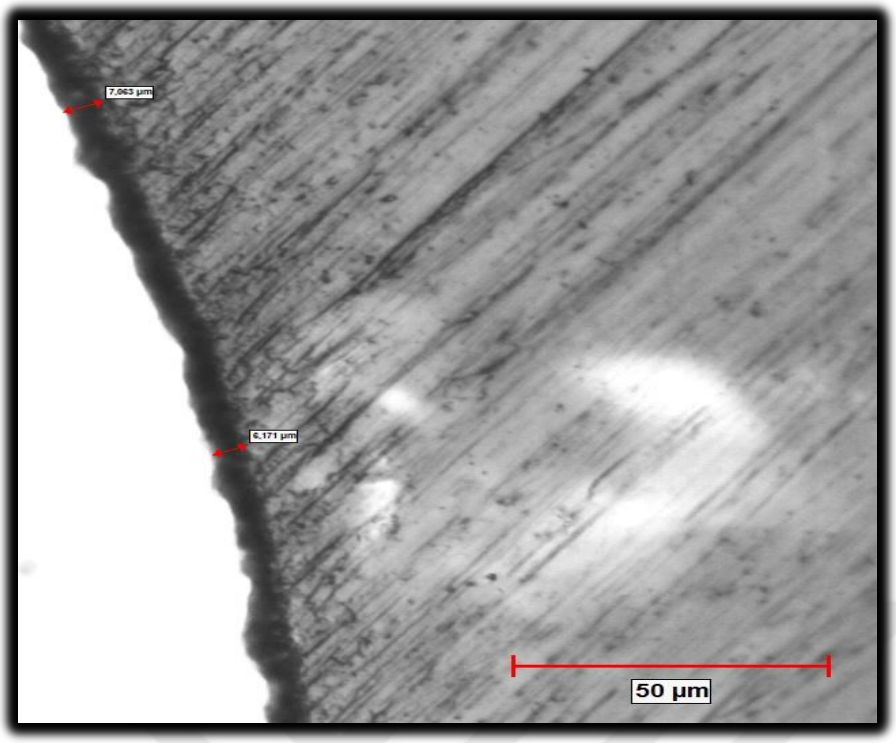
Şekil 4.4. 1.yüzey 2 mikron (İÇDAŞ SG2)



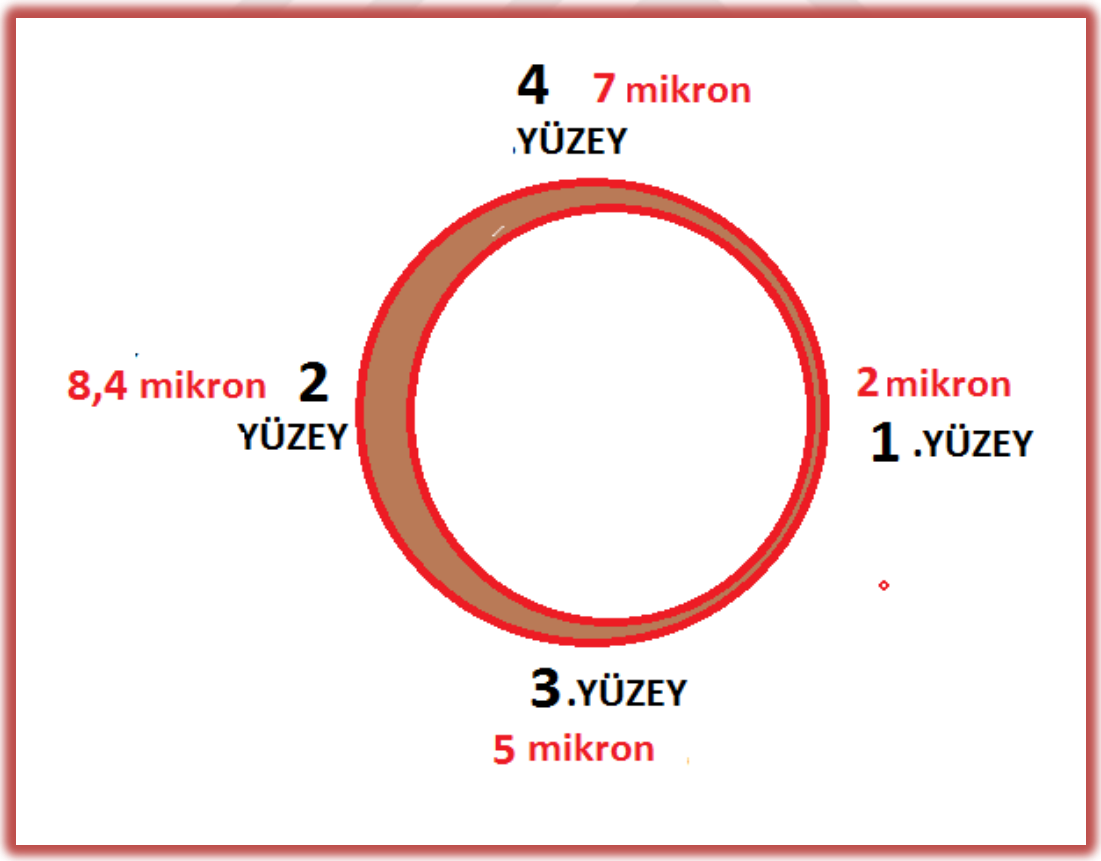
Şekil 4.5. 2.yüzey 8,4 mikron (İÇDAŞ SG 2)



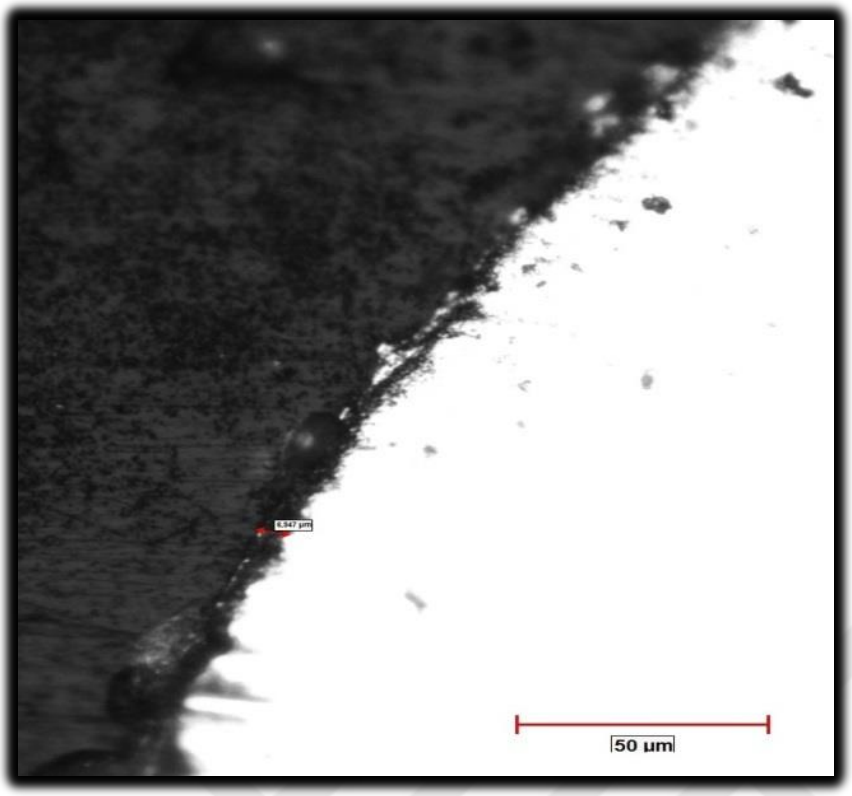
Şekil 4.6. 3.yüzey 5 mikron (İÇDAŞ SG2)



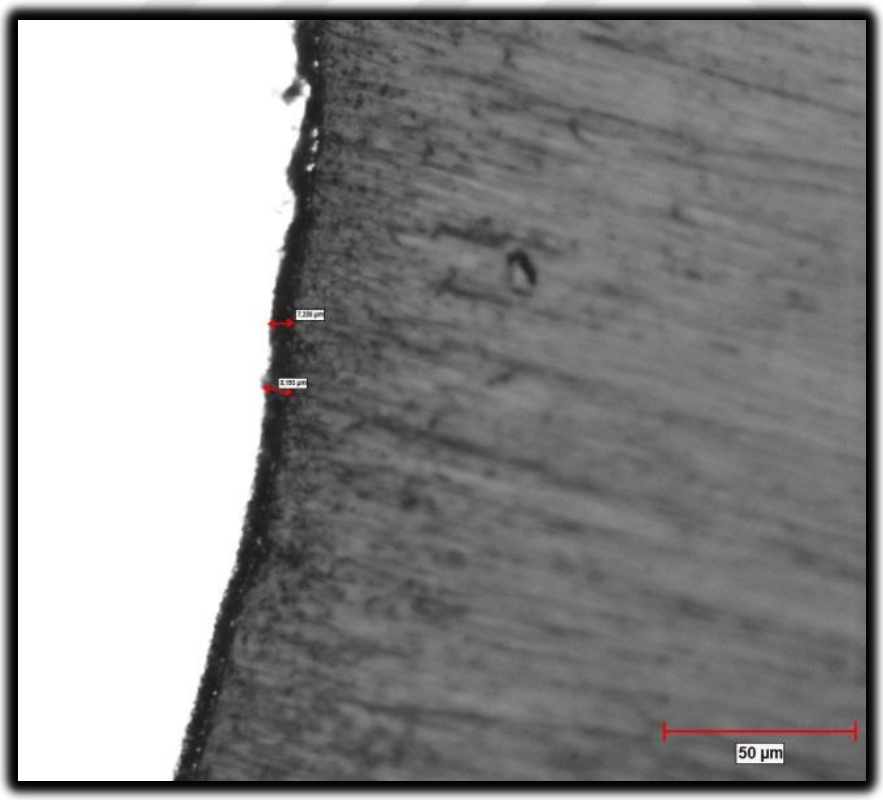
Şekil 4.7. 4.yüzey 7 mikron (İÇDAŞ SG2)



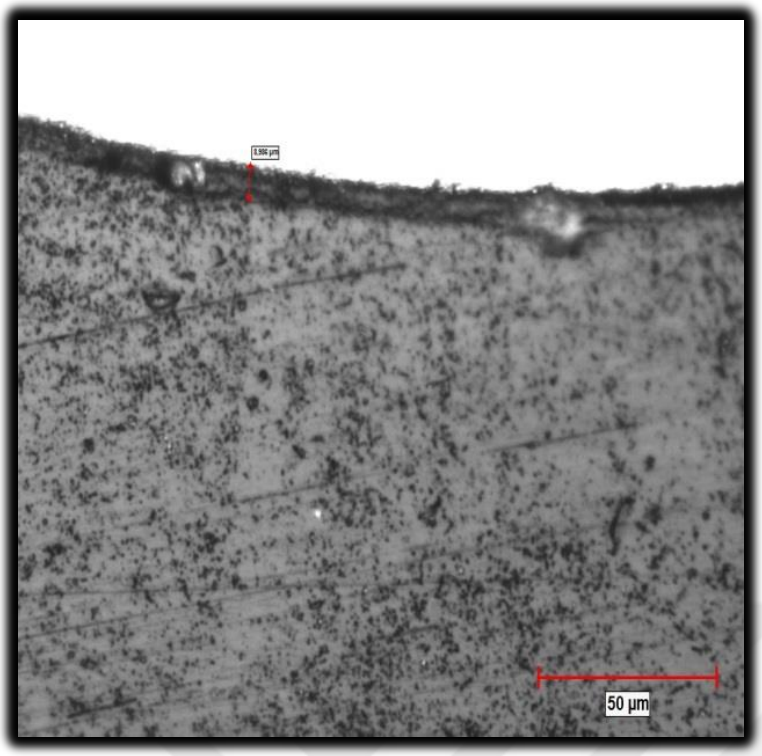
Şekil 4.8. Bakır kaplama kesit gösterimi. (İÇDAŞ SG2)



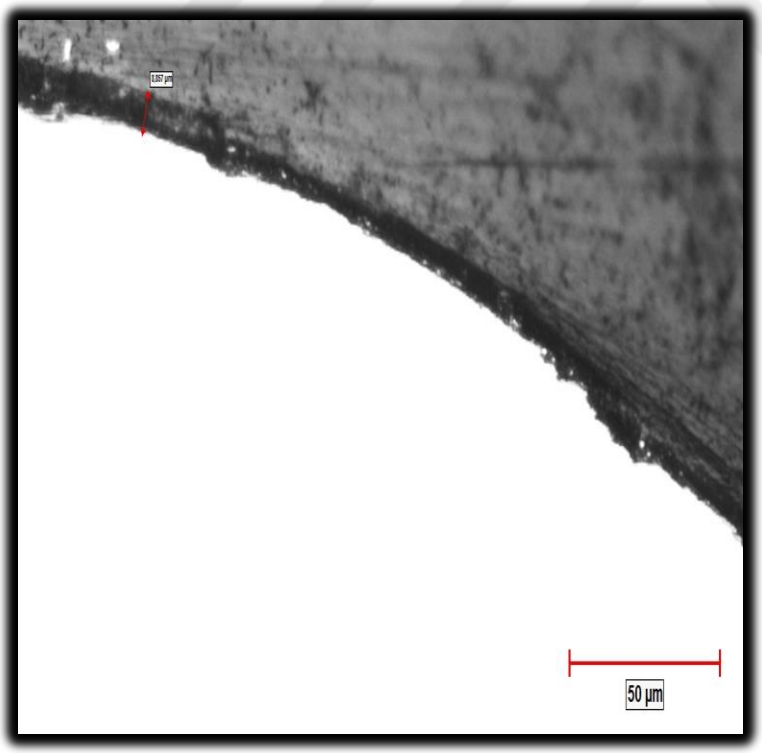
Şekil 4.9. 1.yüzey 7,5 mikron (EGE ÇELİK SG2)



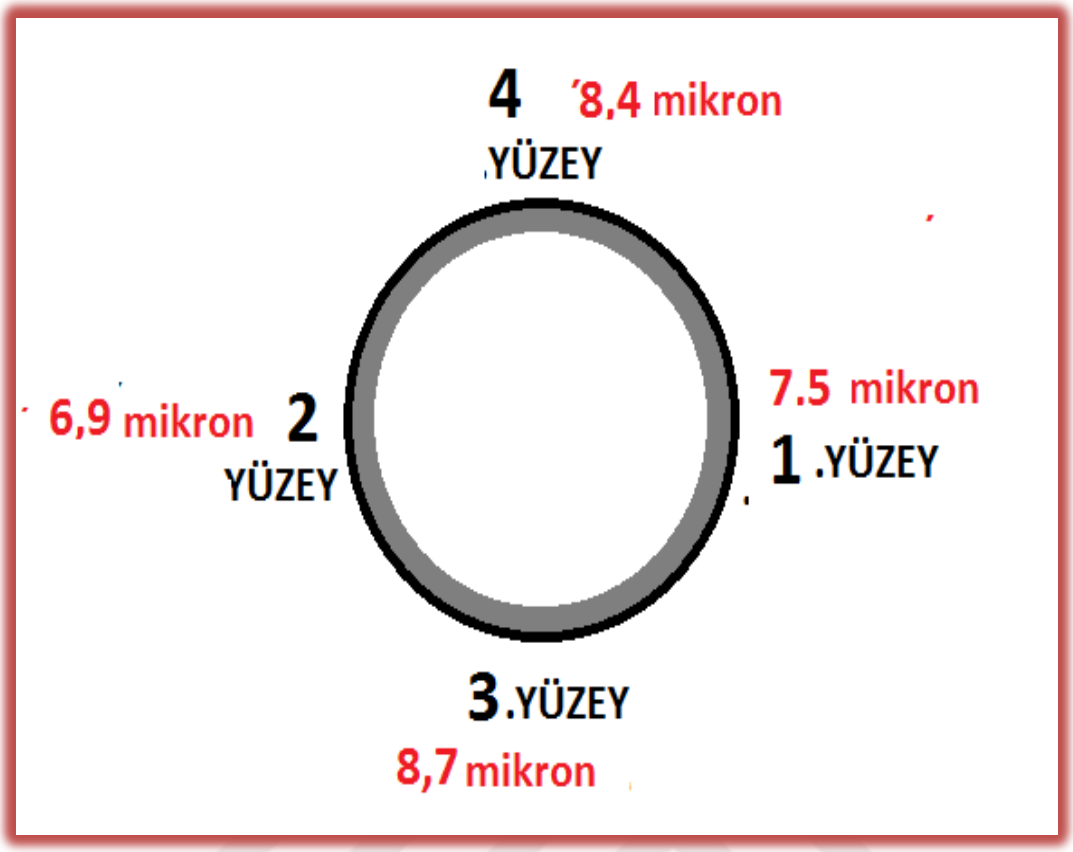
Şekil 4.10 2.yüzey 6,9 mikron (EGE ÇELİK SG2)



Şekil 4.11. 3.yüzey 8,7 mikron (EGE ÇELİK SG2)

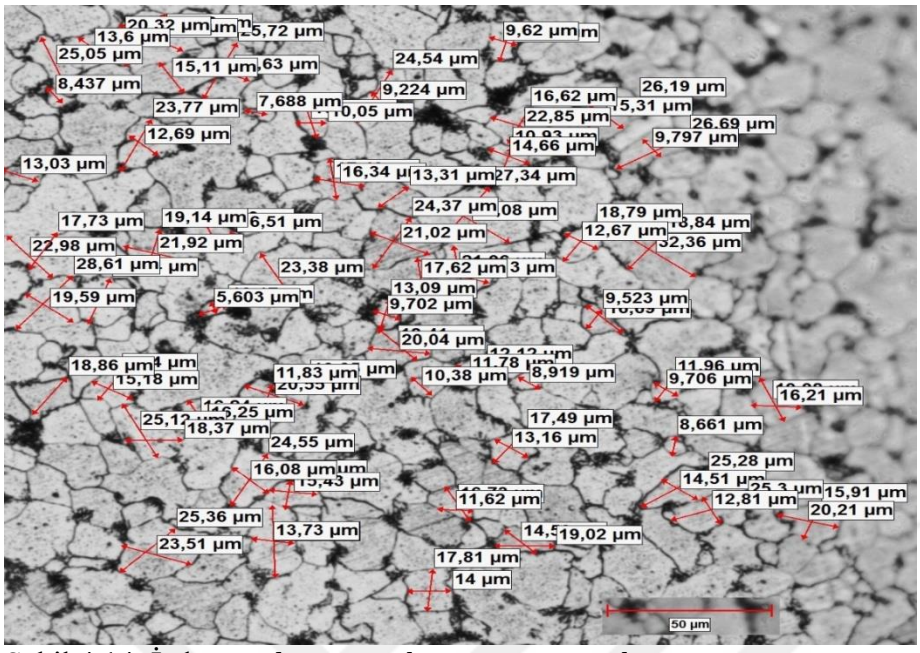


Şekil 4.12. 3.yüzey 8,4 mikron (EGE ÇELİK SG2)

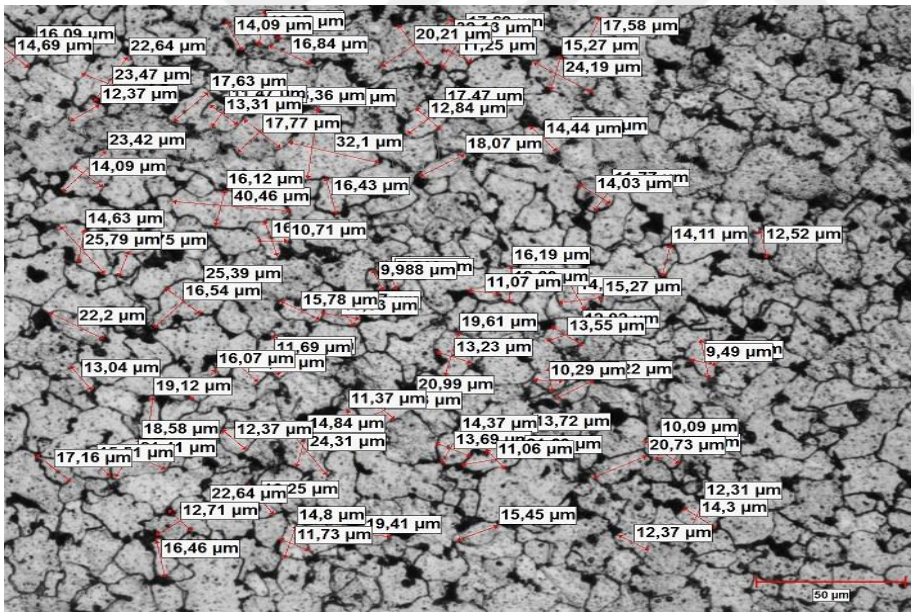


Şekil 4.13. Bakır kaplama kesit gösterimi. (EGE ÇELİK SG2)

4.3. Tane Boyutu Kıyaslaması



Şekil 4.14. İçdaş ortalama tane boyutu 17,24 Mikron



Şekil 4.15. Ege çelik ortalama tane boyutu 16,37 Mikron

BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar neticesinde aynı tufal oranında tufalin malzeme yüzeyine daha homojen dağılmış olduğu tespit edildi. Ayrıca daha önceki üretimlere nazaran tufalin bir miktar azalmış olduğu da gözlendi.

İnklüzyon dağılımı ve yoğunluğunun tel kopmalarına etkisi; SG kaynak tellerinde silikat inklüzyonlarının boyutlarının büyük olması ve inklüzyon dağılımının yüzeylerde birikmesi kopma olaylarını arttırmaktadır. 5,5 mm çap ile üretilmiş olan SG filmaşinlerin yüzey tufal dağılımındaki homojensizlikler ve tufal kalınlığının ortalama 7 mikrondan fazla olması durumlarında üretilen SG kaynak tellerinin Cu kaplamalarında homojensizlikler görülmüştür.

KAYNAKLAR

Akman E., 2007. Dünya'da ve Türkiye'de Demir Çelik Sektörü ve Türk Demir Çelik Sektörünün Rekabet Gücü". Yüksek Lisans Tezi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Türkiye.

Çevik B., 2013. "Örtülü Elektrot Kaynağı ve MIG Kaynağında Akım Şiddetinin Kaynak Nüfusiyetine Etkisinin İncelenmesi"., İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi Cilt 2, Sayı 2, 22-29.

Dekkers R., Thesis D., 2002. "Nonmetalic Inclusions in Steel"., Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium. 147-151

Fruehan R.J., Misra S., January 15th, 2005. "Hydrogen and Nitrogen Control in Ladle and Casting Operations"., USA.

Hansen M., Anderko K., 1958. "Constitution of Binary Alloys"., Mc.Graw Hill. 179-184.

Park J.K., Thomas B.G., Samarasekera I.V., 2013. "Analysis of thermomechanical behaviour in billet casting with different mould corner radius"., Ironmaking and Steelmaking. 359-375.

Stahleisen V., 2008. "GmbH"., Steel Manual., Duesseldorf. 99-120.

Sevinç N., 2010. "Çelikte Hidrojen", ODTÜ SEM, Ankara.Türkiye. 88-105

Sevinç N., 2010. "Çelik Kimyasal Metalürjisi", ODTÜ SEM, Ankara.Türkiye 60-85.

Şık A., 2007. "Mıg/Mag Kaynak Yöntemi İle Birleştirilen Çelik Malzemelerde İlave Tel Türleri Ve Koruyucu Gaz Karışımlarının Eğmeli Yorulma Ömürlerine Etkilerinin Araştırılması"., Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 22, No 4, Ankara.Türkiye 769-777.

Turkdogan E.T., "Pyrometallurgy & Thermochemistry"., Mellon University, Fundamentals of Iron and Steelmaking.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Rüstem Çağrı ÜNZAL

Doğum Yeri: Merkez/Çanakkale

Doğum Tarihi: 21/07/1982

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü (2000-2004)

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik ve Malzeme Mühendisliği Bölümü (2014-2019)

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

b) Bildiriler:

Ünzal R.Ç., **Yakar E.,** SG Serisi Kaynak Tellerinin Üretiminde Gözlenen Problemler", Trakya Üniversiteler Birliği Üçümcü Lisansüstü Öğrenci Kongresi, 2017, Tekirdağ, TÜRKİYE.

İŞ DENEYİMİ

İÇDAŞ Çelik Enerji, Tersane ve Ulaşım A.Ş. / 2005 - Halen

İLETİŞİM

E-posta Adresi: runzal@hotmail.com