

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇEŞİTLİ DOLGU METALLERİNİN
YÜKSEK MANGAN ÇELİKLERİ ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

ORKUN KARAAHMETOĞLU

MALZEME BİLİMİ ve MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SAMSUN
2017**

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

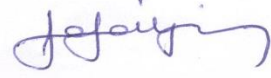
Orkun Karaahmetoğlu tarafından hazırlanan “Çeşitli Dolgu Metallerinin Yüksek Mangan Çelikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” adlı tez çalışması 25/05/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Bilimi ve mühendisliği Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman Doç. Dr. Başak Mesci Oktay
Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri

Başkan Doç. Dr. Mehmet Burak Bilgin
Amasya Üniversitesi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye Yrd. Doc. Dr. Sinem Çevik
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım. / /2017

Prof. Dr. Bahtiyar Öztürk
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

10/05/2017


Orkun Karaahmetoğlu

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇEŞİTLİ DOLGU METALLERİNİN YÜKSEK MANGAN ÇELİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Orkun Karaahmetoğlu

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Başak Mesci Oktay

Yüksek manganlı östenitik çelikler yüksek aşınma dayanımı ve yüksek tokluk özellikleri nedeniyle çeşitli alanlarda tercih edilmektedir. Günümüz teknolojisinde işletmelerde gerek tasarım aşamasında gerekse dökümden sonra ısıtılma işlemi, taşlama, kaynak gibi aşamalarda üretilen parçaların en az hata ile eğer mümkünse sıfır hata ile tüketiciye teslim edilmesi konusunda gerekli çalışmalar yapılmaktadır. İşletmelerde döküm prosesi ile üretilen parçalarda gerek tasarım koşulları, gerek kimyasal bileşim ve gerekse işçilikten kaynaklanan çeşitli parametreler nedeniyle kusursuz parçaları üretilmesi zorlaşmaktadır. Gerek malzemenin geometrik şeklinden, gerekse mikroyapısından kaynaklanan değişkenlerden dolayı döküm parçalarına uygun dolgu metalleri ile kaynak yapmak, doğrudan doğruya son ürün kalitesini etkileyen bir işlem haline gelmektedir. Bu nedenle döküm sonrasında parçalara özel bir kaynak yöntemi olan dolgu kaynağı yöntemiyle tamir kaynağı yapılarak parçalarda meydana gelen gaz boşluğu ve çatlak gibi uygunsuzlukların giderilmesine çalışılmaktadır. Bu çalışmada aynı kimyasal bileşime ve aynı ölçülere sahip beş adet numunenin her birinin sanayide yaygın olarak kullanılan iki elektrot ile iki farklı numuneye elektrik ark kaynağı, yine sanayide yaygın olarak kullanılan üç gazaltı teli ile üç farklı numuneye dolgu kaynağı yapılmış ve her bir dolgu metalinin ana malzemeye uyumu sertlik testi, mikroyapı kontrolü ve sıvı penetrant testi yapılarak incelenmiştir. Dolgu kaynağı işleminde hem elektrik ark hem de gazaltı kaynak yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonrasında, yüksek manganlı östenitik çelikten üretilen numunelerde ana malzeme için en uygun sertlik değeri olan 220-250 HB aralığını, ince taneli ve tane sınırlarında karbür çökeltisi olmayan mikroyapıyı ve yüzey kusursuzluğunu dolgu metalinin ana metal ile benzer kimyasal bileşime sahip olduğu kaynak dolgu metalleri vermiştir.

Mayıs 2017, 93 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yüksek aşınma dayanımı, Tokluk, Dolgu metali, Sertlik testi, Sıvı

penetrant testi, Mikroyapı

ABSTRACT

Master's Thesis

EXAMINING THE DIFFERENT EFFECTS OF FILLER METALS ON HIGH MANGANESE STEELS

Orkun Karaahmetoğlu

Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences
Department of Material Science and Engineering

Supervisor: Ast. Prof. Dr. Başak Mesci Oktay

High manganese austenitic steels are preferred in various fields due to their high abrasion resistance and high toughness properties. In today's technology, necessary works are being done in order to deliver the parts produced in stages such as heat treatment, grinding, welding after design, in the design phase, with the least mistake and with zero error if possible. It is difficult for the enterprises to produce perfect parts due to the design conditions, chemical composition and various parameters arising from the workmanship in the parts produced by the casting process. Welding with filler metals suitable for castings due to the geometrical shape of the material, or even the microstructure, is a direct process that affects the end product quality. For this reason, after the casting, repair welding is done by using filler welding method which is a special welding method for cutting the parts and trying to eliminate the inconveniences such as gas holes and cracks in the parts. In this study, five samples with the same chemical composition and the same measurements were made with two electrodes commonly used in the industry, two different samples were used as electric arc welding, three vapors commonly used in the industry and three different samples were filled with filler and each filler metal Hardness test, microstructure control and liquid penetrant test. Both the electric arc and the gas welding method were used in the filler welding process. In the samples produced from high manganese austenitic steel, the optimum hardness value 220-250 HB for the base material, fine grained and non-carbide precipitated microstructure and surface fineness gave weld filler metals whose filler metal had similar chemical composition to the base metal.

May 2017, 93 pages

Key Words: High wear resistant, toughness, Filler metal, Hardness test, Liquid penetrant tests, Microstructure examination

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana gösterdiği her türlü yardım ve anlayışından dolayı değerli hocam Sayın Doç. Dr. Başak MESCI OKTAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Numune dökümünde ve sonrasında yapılan sertlik, mikroyapı ve sıvı penetrant testi uygulamalarında bana destek olan ASÇELİK Döküm İşleme A.Ş. fabrikasına teşekkür ederim.

Desteklerinden dolayı abim Onur KARAAHMETOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmalarım sürecinde maddi ve manevi destekleriyle hep yanımda olan eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2017, Samsun

Orkun Karaahmetoğlu

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	15
2. KURAMSAL TEMELLER	16
2.1. Östenitik Manganlı Çeliklerin Ergitilmesi ve Dökümü	16
2.1.1. Fosfor Giderme	19
2.1.2. Oksitler ve Nitrürler	19
2.1.3. Hidrojen ve Karbonsuzlaştırma.....	19
2.1.4. Tane Büyüklüğünün Kontrolü.....	20
2.2. Mekanik Özellikleri Etkileyen Faktörler	21
2.2.1. Döküm Sıcaklığı.....	21
2.2.2. Isıl İşlem.....	24
2.2.3. Kimyasal Bileşim	29
2.2.3.1. Mangan.....	31
2.3. Sertlik Testi	36
2.4. Sıvı Penetrant Testi	37
2.5. Çalışma Sertleşmesi	38
2.6. Yüksek Manganlı Çeliklerin Aşınma Uygulamaları.....	40
2.7. Döküm Hataları	42
2.8. Kaynak Yöntemi	46
2.8.1. Kaynak Hataları	52
2.9. Değerlendirme Maliyeti	57
3. MATERYAL VE YÖNTEM	59
3.1. Materyallerin Temini, Özellikleri ve Deneylere Hazırlanması	59
3.1.1. Yüksek Manganlı Çelik Numunelerinin Üretilmesi	60
3.2. Numunelerin Spektral Analizi	63
3.3. Isıl İşlem.....	64
3.4. Sertlik Testi	65
3.5. Numunelerin Metalografik İncelemesi	66
3.5.1. Zımparalama, Parlatma, Dağlama.....	67
3.6. Sıvı Penetrant Testi	68
3.7. Kaynak İşlemi	70
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	72
4.1. Numunelerin Üretilmesi Sonucu Ortaya Çıkan Bulgular	72
4.2. Numunelerin Kimyasal Analiz Sonuçları	72

4.3. Sertlik Testi Sonuçları ve Değerlendirmesi	73
4.3.1. SG 2 Alaşimsız Gazaltı Teli.....	74
4.3.2. Rutil Örtülü Kaynak Elektrodu	75
4.3.3. 660 FC-O Manganlı Gazaltı Teli	76
4.3.4. SG 312 Paslanmaz Gazaltı Teli.....	77
4.3.5. Fox Kronos Ni Manganlı Elektrodu.....	78
4.4. Optik Mikroskopta Mikroyapı İncelemesi	80
4.4.1. SG 2 Alaşimsız Gazaltı Teli.....	80
4.4.2. Rutil Örtülü Kaynak Elektrodu	80
4.4.3. 660 FC-O Manganlı Gazaltı Teli	81
4.4.4. SG 312 Paslanmaz Gazaltı Teli.....	82
4.4.5. Fox Kronos Ni Manganlı Elektrodu.....	82
4.5. Sıvı Penetrant Testi Sonuçları ve Değerlendirmesi	84
4.5.1. SG 2 Alaşimsız Gazaltı Teli.....	84
4.5.2. Rutil Örtülü Kaynak Elektrodu	84
4.5.3. 660 FC-O Manganlı Gazaltı Teli	85
4.5.4. SG 312 Paslanmaz Gazaltı Teli.....	86
4.5.5. Fox Kronos Ni Manganlı Elektrodu.....	86
5. SONUÇ	87
KAYNAKLAR	89
ÖZGEÇMİŞ	93

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

Ar	Argon
C	Karbon
Ce	Seryum
CO ₂	Karbondioksit
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
FeMn	Ferromangan
HB	Brinell Sertliği
J	Joule
kg	Kilogram
mm	Milimetre
Mn	Mangan
Mo	Molibden
N	Newton
Nb	Niobyum
Ni	Nikel
P	Fosfor
Si	Silisyum
Ti	Titanyum
V	Vanadyum
α	Ferrit
γ	Östenit
°C	Santigrat

KISALTMALAR

HB	Brinell Sertliği
ITAB	Isı Tesiri Altında Bölge
MAG	Metal Aktif Gaz
MIG	Metal Inert Gaz
TIG	Tungsten Inert Gaz

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Kum Kalıba Dökümde İşlem Basamakları	17
Şekil 2.2.	Hazırlanan Derecelere Dökümün Gerçekleştirilmesi	18
Şekil 2.3.	Döküm Sonrası Döküm Parçası Çevresindeki Besleyici, Yolluk ve Çıkıcı	18
Şekil 2.4.	Işık Mikroskobu	21
Şekil 2.5.	Pirometre, Dijital Gösterge ve Termokopul.....	22
Şekil 2.6.	İndüksiyon Ocağı	23
Şekil 2.7.	250 Büyütmeli Bir Mikroskopta Değişen Sıcaklık İle Birlikte Değişim Gösteren Tane Büyüklükleri	24
Şekil 2.8.	Yüksek Manganlı Östenitik Çeliklerde Fe-Mn-C Diyagramı.....	26
Şekil 2.9.	Isıl İşlem Fırınından Çıkan Parçalar	26
Şekil 2.10.	Yüksek Manganlı Çeliklerin Isıl İşlem Süre ve Sıcaklıkları	28
Şekil 2.11.	İnce Taneli Mikroyapıya Sahip Yüksek Manganlı Östenitik Çelik.....	28
Şekil 2.12.	Kaba Taneli Mikroyapıya Sahip Yüksek Manganlı Östenitik Çelik	29
Şekil 2.13.	Spektrometrenin Çalışma Prensibi.....	30
Şekil 2.14.	ASTM A128 Standartına Göre Yüksek Manganlı Östenitik Çeliklerin Kimyasal Bileşimleri.....	31
Şekil 2.15.	Çeşitli Demir-Çelik Malzemelerinde Bulunan Mangan Miktarları ve Manganın Rolü.....	32
Şekil 2.16.	Dünyadaki Mangan Rezervleri (2009).....	33
Şekil 2.17.	Mangan ve Karbon İçeriğine Göre Çeliklerin Dönüşümü.....	33
Şekil 2.18.	Mangan Çeliklerinde %1.5 Si un Darbe Dayanımı ve Uzamaya Etkisi	34
Şekil 2.19.	Alaşım Elementi Olarak Kromun Etkisi	35

Şekil 2.20. Alaşım Elementi Olarak Nikelin Etkisi	35
Şekil 2.21. Brinell Sertlik Ölçümünün Şematik Gösterilmesi	37
Şekil 2.22. Malzemenin Kalınlığına Göre Kullanılması Gereken Bilye Çapları.....	37
Şekil 2.23. Sıvı Penetrant Testinin Uygulama Aşamaları.....	38
Şekil 2.24. Oyma Aşınması, Sürtünme Aşınması ve Erozyon.....	39
Şekil 2.25. Döküm Prosesinin Enerji Maliyetlerinin Dağılımı	39
Şekil 2.26. Yaygın olarak Kullanılan Aşınma Metallerinin Çentik Darbe Dayanımları.....	40
Şekil 2.27. Değişik Malzemelerden Üretilen Kırıcı Çenelerin Aşınma Oranları	41
Şekil 2.28. Kırıcı Çekicin Teslimat Sonrası (a) ve İki Aylık Kullanım Sonrası Görüntüsü (b)	42
Şekil 2.29. Saf Bir Metalin Dökümdeki Karakteristik Yapısı	43
Şekil 2.30. Döküm Merkezinde Alaşım Elemanlarının Segregasyonunu Gösteren, Bir Alaşım Dökümündeki Karakteristik Tane Yapısı	44
Şekil 2.31. Yoğunluğuna Göre Gaz Boşlukları.....	45
Şekil 2.32. Metalik Olmayan Kalıntılar, Erime Süreksizliği ve Mekanik Hasarlar.....	46
Şekil 2.33. Gazaltı Kaynak Makinesini Oluşturan Elemanlar	47
Şekil 2.34. Çeşitli Koruyucu Gazların Dikişin Şekline ve Nüfuziyete Etkisi	47
Şekil 2.35. Çıplak Tel İle Gazaltı Kaynağı	48
Şekil 2.36. Örtülü Tel İle Gazaltı Kaynağı	49
Şekil 2.37. Elektrik Ark Kaynak Makinesini Oluşturan Elemanlar.....	50
Şekil 2.38. Elektrik Ark Kaynağının Şematik Gösterimi.....	50
Şekil 2.39. Elektrik Ark Kaynağında Doğru Akım Elektrot Pozitif (Ters Kutuplama).....	51
Şekil 2.40. Elektrik Ark Kaynağında Doğru Akım Elektrot Negatif (Düz Kutuplama).....	51
Şekil 2.41. Elektrik Ark Kaynağında Alternatif Akım	51
Şekil 2.42. Bir Eritme Kaynağında Tane Yapısı ve Meydana Gelen Bölgeler.....	53

Şekil 2.43. Uygulanan Güç İle Birlikte Isı Girdisinin Malzemeye Etkisi.....	54
Şekil 2.44. Bir Kaynak Yönteminin Seçim Kriterleri	58
Şekil 3.1. Yüksek Manganlı Çeliklerin Üretim Aşaması	60
Şekil 3.2. İndüksiyon Ocağına Şarj Edilen Hurdanın Ergitilmesi	61
Şekil 3.3. Şarjın Kum Kalıba Dökülmesi.....	61
Şekil 3.4. Soğuma sonrası Dereceden Çıkartılan Numuneler	62
Şekil 3.5. Yolluk ve Besleyicilerin Taşlanması	62
Şekil 3.6. Döküm Sonrası Yüzeyi Temizlenen Parçalar	62
Şekil 3.7. Spektrometre Cihazı.....	63
Şekil 3.8. Spektrometrede Ölçümü Yapılan Numuneler	64
Şekil 3.9. Döküm Sonrası Isıl İşlem Fırınında Isıl İşlem Gören Numuneler.....	64
Şekil 3.10. Isıl İşlem Fırınından Çıkan Soğuma Sonrası Numune.	65
Şekil 3.11. Sertlik Ölçme Test Cihazı.....	65
Şekil 3.12. Streurs Işık Mikroskobu.....	67
Şekil 3.13. Dağlayıcı, Zımpara ve Parlatici	67
Şekil 3.14. Numunelerin Metalografik Kontrolü	68
Şekil 3.15. Penetrant ve Geliştirici Sprey	69
Şekil 3.16. Penetrantın Uygulanması	69
Şekil 3.17. Geliştiricinin Uygulanması	69
Şekil 3.18. Dolgu Kaynağı İçin Hazırlanan Numuneler	70
Şekil 3.19. Numunelere Dolgu Kaynağı Uygulanması.....	70
Şekil 3.20. Dolgu Kaynağı Tamamlanmış (a) ve Sonrasında Taşlama Yapılan (b) Numune	71
Şekil 3.21. Taşlama İşlemi Bitmiş Numune	71
Şekil 4.1. SG 2 Teli İçin Ana Metal ve Dolgu Metali İçin Sertlik Değerleri.....	74
Şekil 4.2. Rutil Elektrot İçin Ana Metal ve Dolgu Metali İçin Sertlik Değerleri	75

Şekil 4.3.	660 FC-O Teli İçin Ana Metal ve Dolgu Metali İçin Sertlik Değerleri.....	76
Şekil 4.4.	SG 312 Teli İçin Ana Metal ve Dolgu Metali İçin Sertlik Değerleri	77
Şekil 4.5.	Fox Kronos Ni Elektrot İçin Ana Metal ve Dolgu Metali İçin Sertlik Değerleri.....	78
Şekil 4.6.	Beş Farklı Dolgu Metali İçin Ortalama Sertlik Değerleri (HB)	79
Şekil 4.7.	100 Büyütme (a) ve 400 Büyütmede (b) Martenzit ve Kalıntı Östenitten Oluşan Mikroyapı Görüntüsü.....	80
Şekil 4.8.	100 Büyütme (a) ve 400 Büyütmede (b) Ferrit ve Perlitten Oluşan Mikroyapı Görüntüsü	81
Şekil 4.9.	100 Büyütme (a) ve 400 Büyütmede (b) İnce Taneli Östenitten Oluşan Mikroyapı Görüntüsü	81
Şekil 4.10.	100 Büyütme (a) ve 400 Büyütmede (b) Ferrit ve Perlitten Oluşan Mikroyapı Görüntüsü	82
Şekil 4.11.	100 Büyütme (a) ve 400 Büyütmede (b) İnce Taneli Östenitten Oluşan Mikroyapı Görüntüsü	83
Şekil 4.12.	Sıvı Penetrant Testi Sonrasında Ortaya Çıkan Çatlaklar	84
Şekil 4.13.	Sıvı Penetrant Testi Sonrasında Ortaya Çıkan Gaz Boşluğu	85
Şekil 4.14.	Sıvı Penetrant Testi Sonrasında Ortaya Çıkan Temiz Yüzey.	85
Şekil 4.15.	Sıvı Penetrant Testi Sonrasında Ortaya Çıkan Çatlaklar.	86
Şekil 4.16.	Sıvı Penetrant Testi Sonrasında Ortaya Çıkan Temiz Yüzey.	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	%13 Mn'lı Çeliğin Mekanik Özellikleri	40
Çizelge 2.2.	Elektrik Ark Kaynak Yönteminde Elektrot Çapına Göre Amper Seçimi.....	52
Çizelge 3.1.	Numunelerin Kimyasal Kompozisyonu.....	64
Çizelge 3.2.	Ana Metal ve Beş Farklı Dolgu Metali İçin Ölçülen Sertlik Değerleri.....	66
Çizelge 4.1.	Numunelerin Kimyasal Kompozisyonu.....	73
Çizelge 4.2.	Dolgu Metallerinin Kimyasal Kompozisyonu.....	73
Çizelge 4.3.	SG 2 Kaynak Teli İçin Ana Metal ve Dolgu Metalinden Ölçülen Sertlik Değerleri	74
Çizelge 4.4.	Rutil Örtülü Kaynak Elektrodu İçin Ana Metal ve Dolgu Metalinden Ölçülen Sertlik Değerleri	75
Çizelge 4.5.	660 FC-O Gazaltı Teli İçin Ana Metal ve Dolgu Metalinden Ölçülen Sertlik Değerleri	76
Çizelge 4.6.	SG 312 Gazaltı Teli İçin Ana Metal ve Dolgu Metalinden Ölçülen Sertlik Değerleri	77
Çizelge 4.7.	Fox Kronos Ni Kaynak Elektrodu İçin Ana Metal ve Dolgu Metalinden Ölçülen Sertlik Değerleri	78
Çizelge 4.8.	Beş Farklı Dolgu Metali İçin Ana Metal ve Dolgu Metalinden Ölçülen Ortalama Sertlik Değerleri	79
Çizelge 4.9.	Farklı Dolgu Metalleri İle Kaynak İşlemi Sonrasında Meydana Gelen Mikroyapılar.....	83
Çizelge 4.10.	Farklı Dolgu Metalleri İle İçin Sıvı Penetrant Testi Sonuçları	87

1. GİRİŞ

Sanayide geniş bir kullanım oranına sahip yüksek manganlı östenitik çelikler kırma, parçalama ve öğütme işlemleri gibi yüksek darbe dayanımının yanında aynı zamanda yüksek tokluk dayanımı istenen uygulamalarda kullanılmaktadır.

Yüksek manganlı östenitik çeliklerin tamamına yakını döküm prosesi ile üretilmektedir. Döküm prosesi ile üretimde iklim, fabrika ortamı, dizayn, kimyasal bileşim ve işçi hataları gibi faktörler nedeniyle ortaya çıkabilecek gaz boşluğu ve çatlak gibi döküm hatalarının meydana gelme olasılığı yükselmektedir.

Meydana gelebilecek bu hatalarla birlikte üretilen parçaları tamir edilmeksizin piyasaya sürmek kullanım yerinde parçaların istenilen verimi vermemesine, zaman ve işçilik kaybı meydana gelmesine hatta yaralanma ve ölümle sonuçlanabilecek kazaların meydana gelmesine davetiye çıkarmaktadır. Dolayısıyla bu parçalarda meydana gelen hatalar ve sonrasında meydana gelen bu hataların gerekli özen gösterilerek tamir edilmemesi bu parçaları üreten fabrikaların müşteri itibarını zedeleyen olaylar olarak fabrikalara geri yansıyabilmektedir.

Bu sebeplerden ötürü döküm sektörü her bir parçaya aynı özeni göstererek minimum hatayla, mümkünse sıfır hatayla ürettiği parçaları müşteriye teslim etmeyi hedeflemektedir. Bu nedenle döküm sektöründe üretimden kaynaklanan hataları gidermek için özel bir kaynak yöntemi olan dolgu kaynağı yöntemine başvurulmaktadır. Tamir kaynağında parçanın kimyasal bileşimine, mikroyapısına ve geometrik yapısına uygun dolgu metalini seçmek en önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bazı malzemeler tamir kaynağından önce sahip olduğu mikroyapıya göre ön ısıtma isteyebilirken, bazı parçalar ise ön ısıtmaya ters tepki verebilmektedir. Çeşitli parametrelerin etkili olduğu tamir kaynağında uygun dolgu metalini seçmek gerek parçanın sorunsuz şekilde müşteriye sevk edilmesi gerekse üretimden kaynaklanan nedenlerden dolayı parçaların hurdaya çıkmasını engellemek için başvurulmuş işlemlerin başında gelmektedir. Bu bakımından doğru dolgu metali ile kaynak işleminin, üretilen parçaların hurdaya ayrılmasının önüne geçerek maliyet bakımından doğrudan ülke ekonomisine ve yüksek kaliteye sahip parçaların üretilmesi sebebiyle de ülke itibarına katkısı gözardı edilmemektedir.

Bu çalışmada döküm yolu ile üretilen aynı kimyasal bileşime sahip beş adet yüksek manganlı çelik numuneye, sanayide yaygın olarak kullanılan TS EN ISO 14341-A standardında G3Si1 (SG 2), TS EN ISO 2560-A standardında E 42 0 RR 12 (rutil elektrot), TS EN 14700 standardında T Fe 9 (660 FC-O), TS EN ISO 14343-A standardında G29 9 (SG 312) ve TS EN 14700 standardında EZ Fe 9 (Fox Kronos Ni) olmak üzere beş farklı dolgu metali kullanılarak elektrik ark ve gazaltı kaynak makineleri aracılığıyla özel bir kaynak yöntemi olan dolgu kaynağı yöntemi ile tamir kaynağı uygulanmış ve sonrasında numunelere sertlik, mikroyapı ve sıvı penetrant testleri uygulanarak numuneler için en uygun dolgu metali bu üç değişken aracılığıyla incelenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

Yüksek manganlı östenitik çeliklerden üretilen parçaların sertlikleri çalışma sonrası çalışma öncesinin iki katına kadar çıkabilmektedir. Yüksek sertliğinin yanında bu parçaların darbelere karşı gösterdiği yüksek tokluk değerleri diğer bir önemli özellik olmaktadır. Bu özellik bu çeliklerin yüksek aşınma isteyen çalışma koşullarında tercih edilme sebebi olarak karşımıza çıkmaktadır. Kazanılan sertlik ile birlikte östenit mikroyapısının kazandırdığı tokluk parçalara yoğun darbe altında uzun süre kullanım imkanı sağlamaktadır.

2.1. Östenitik Manganlı Çeliklerin Ergitilmesi ve Dökümü

Yüksek manganlı östenitik çeliklerin üretimi kum kalıba döküm yöntemi ile yapılmaktadır. Kum kalıba döküm yöntemi piyasada kullanılan en yaygın döküm yöntemi olmaktadır.

Bu yöntemle, büyük ölçülerden küçük ölçülere kadar çeşitli parçalar üretilmektedir. Üretilen parçalarının miktarı tek olabileceği gibi sayısı çok fazla olabilmektedir (Turgut, 2017).

Parçaların modeli, derecelerin etrafında kumun sıkıştırılarak ve ardından iki kalıbın birbirinden ayrılarak çıkarılmasıyla oluşturulmaktadır. Kalıp ayrıca yolluk ve besleyici sistemi içermektedir. Eğer kum kalıp içerisinde boşluk içeren parça üretilmek

isteniyorsa boşluk oluşturmak için maça adı verilen kumdan yapılan kalıplar kullanılmaktadır.

Kum kalıba döküm yönteminde önce model yapımı sonrasında ise bu modelden kalıp yapımı gerçekleştirilmektedir (Aran, 2007).

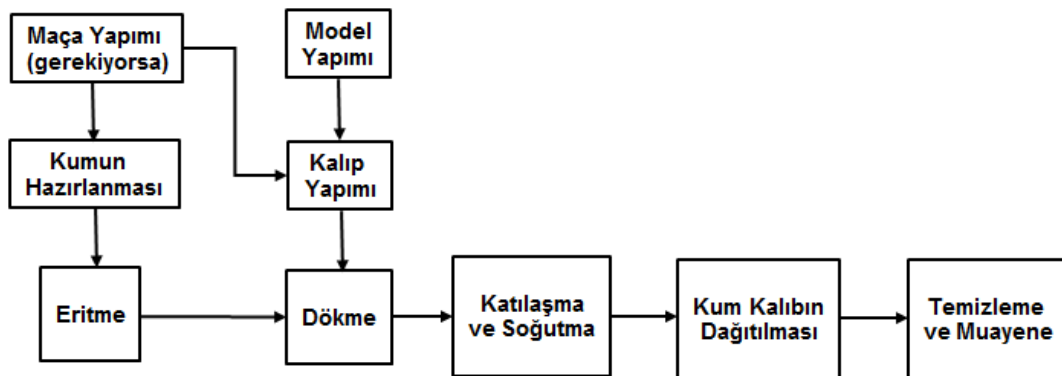
Döküm öncesi tasarım aşamasında, döküm sonrasında meydana gelen büzülme ve talaşlı şekillendirme işlemleri de göz önünde bulundurularak dökülecek parçaların üç boyutlu modelleri yapılmaktadır. Modeller ahşap, metal ve plastik olmak üzere üç malzeme türü olabilmektedir.

Kullanım kolaylığı nedeniyle en yaygın model malzemesi ahşap malzemeler olmakla birlikte ahşap malzemeler daha erken zamanda deforme olmaktadır. Metal modellerin yapılması daha pahalı olmaktadır. Bunun yanında bu kalıpların uzun ömürlü olmaları bir avantaj sağlamaktadır. Plastik modeller, ahşap ve metal model arasında özelliklere sahip olmaktadır.

Maçalar, parçanın iç yüzeylerinin tam ölçekli modeli olmakla birlikte boşluk içeren parçaları elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Kullanımları döküm gerçekleşmeden önce kalıp boşluğuna yerleştirilmesi şeklinde yapılmaktadır.

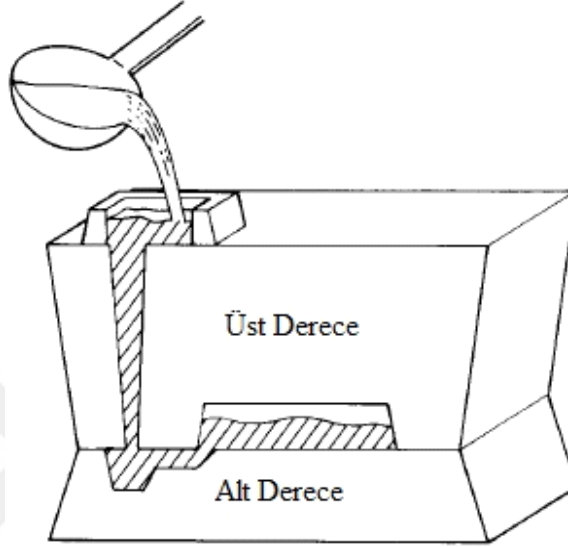
Maçalar çeşitli amaçlarla kullanılabilir. Bunlar girintili çıkıntılı kısımları oluşturmak ve zayıf bölgeleri desteklemektir. Dayanımı arttırmak için maçalar fırına sokularak ısıtılmaktadır.

Kum kalıplar ve kum maçalardan, dayanım, geçirgenlik, ısıl kararlılık, genleşme ve tekrar kullanılabilirlik özellikleri beklenmektedir (Şekil 2.1) (Aran, 2007).

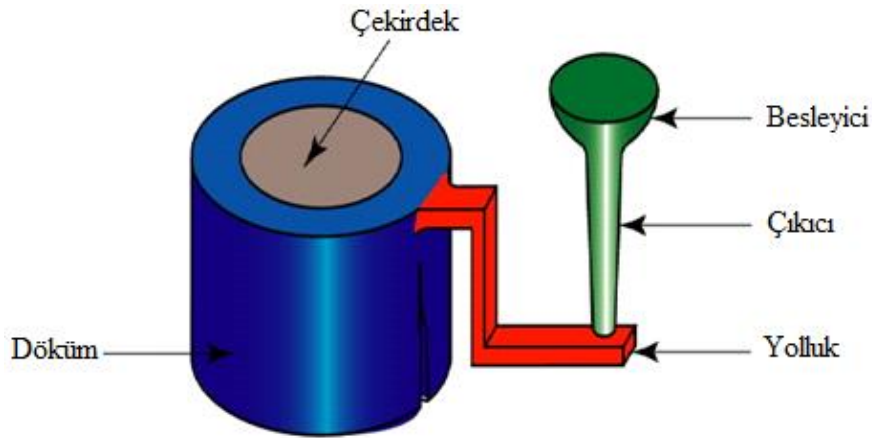


Şekil 2.1. Kum kalıba dökümde işlem basamakları (Turgut, 2017)

Yüksek manganlı çeliklerde çekilme oranı basit çeliklere göre daha çok görüldüğü için çekilme boşlukları fazla olmaktadır (Aytekin, 1958). Modele göre hazırlanan alt ve üst dereceye (Şekil 2.2), besleyici, çıkıcı ve yolluk (Şekil 2.3) aracılığıyla döküm işlemi gerçekleştirilmektedir (Campbell, 2004).



Şekil 2.2. Hazırlanan derecelere dökümün gerçekleşmesi (Campbell, 2004)



Şekil 2.3. Döküm sonrası döküm parçası çevresindeki besleyici, yolluk ve çıkıcı (Colton, 2011)

Östenitik mangan çeliklerinin üretimde göz önünde bulundurulan faktörlerin başında fosforun giderilmesi, hidrojen oranının düşük tutulması, tane büyüklüğünün kontrol edilmesi ve tane sınırlarında karbür çökeltilerinin oluşmaması gelmektedir (Maratray, 1995).

2.1.1. Fosfor giderme

Dökümhanelerde döküm prosesi öncesinde ark ocaklarına uygulanan çift cüruf yöntemi ile ocaktaki fosfor miktarı büyük oranda düşürülmektedir. Bununla birlikte FeMn ilavesi sırasında ferromanganın fosfor içermesi nedeniyle fosfor yüzdesinde büyük bir artış meydana gelmektedir.

İkincil ergitme adı verilen manganlı çelik hurdaların ergitilmesi sadece indirgeyici şartlarda yapılabilmektedir, bu yüzden dökümdeki fosfor miktarı başlangıç şarjındaki miktara yakın olmaktadır.

Mangan içeren çelik banyosunda fosfor yüzdesini düşürebilmek için iki yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden biri fosforun kireçli ortamda oksijen veya oksitlerle oksitlenmesi iken diğeri ise indirgeyici şartlarda fosforun çözüldüğü kalsiyum ile reaksiyonu olmaktadır (Maratray, 1995).

2.1.2. Oksitler ve nitrürler

Mekanik özelliklere, döküm parçalarının kimyasal bileşimindeki oksitler, alüminyum nitrürler ve diğer metalik olmayan mangan silikat kalıntıları olumsuz etki yapmaktadır.

Alüminyum nitrür kalıntılarının oluşumu, silikatların ve oksitlerin oluşması üretim sırasında meydana gelen olaylara bağlı olmaktadır.

Büyük silikat ve oksit kalıntılarının varlığı bazen sadece üretim şartları ile değil bu kalıntıların oluşum şekli ve kalıntıların bulunduğu bölgelerde sıvı metalin döküm sırasında yeniden oksitlenmesi ile açıklanmaktadır (Maratray, 1995).

2.1.3. Hidrojen ve karbonsuzlaştırma

Mangan sıvı demirdeki hidrojen çözünürlüğünü fazla bir oranda değiştirmemektedir. Gaz sorunu, hurda ergitme işlemleri sırasında ortaya çıkmaktadır. Hidrojenin oluşma nedeni şarj içindeki rutubetli oksit ve cüruf kalıntıları olmaktadır. Sadece indirgeyici ortamlarda ergitme yapılabildiğinden hidrojen istenilen oranlarda giderilememekte ve döküm için istenilen oranların üzerine çıkabilmektedir.

Aşırı C içeren metalin karbonunun düşürülmesinde hidrojen içeren metal banyosuna oksijen enjekte edilerek C oranı azaltılmaktadır (Maratray, 1995).

2.1.4. Tane büyüklüğünün kontrolü

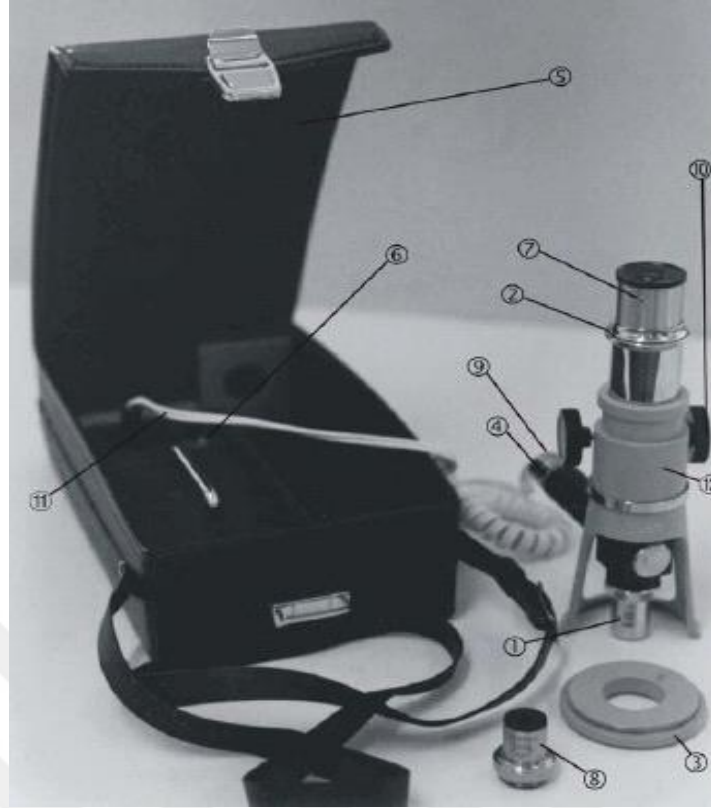
Dökümü gerçekleştirilen yüksek manganlı östenitik çeliğinin ortalama tane boyutu üretim şartlarına ve kesit kalınlığına bağlı olarak 0.05 μm ile 10 μm arasında değişmektedir (Maratray, 1995). Tane büyüklüğünü belirleyen en önemli değişkenler döküm sıcaklığı ve katılma hızı olmaktadır (Aran, 2007).

Tanelerin inceltilmesine yönelik çalışmalar metal içine östenitik çekirdeklenmeyi teşvik edecek şekilde sıvı metale karbür yapıcı (Cr, V, Ti, Nb, Ce gibi) tozların ilave edilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Yapılan çalışmalarda FeMn alaşım tozlarının ilave edilmesi etkisiz olmakla birlikte, yüksek manganlı östenik çeliklerin tanelerinin inceltmesine karbür yapıcı elementler yardımcı olmaktadır. Bu etkiyi krom yüksek oranlarda, vanadyum ise düşük oranlarda vermektedir.

Endüstrideki uygulamalara baktığımızda yüksek manganlı çeliklerin kalın kesitli dökümlerinde, kesitlerin inceltilmesinde kalıbın ısı iletkenliği ve karbür yapıcı elementlerin ilavesi yetersiz kalmaktadır. Mümkün olduğu miktarda ince bir kesit elde edilebilmek için ağır ve kalın kesitli döküm uygulamalarında döküm sıcaklığı kontrol altına alınması gerekmektedir (Maratray, 1995).

Yüksek manganlı östenitik çeliklerde ısı iletme sonrası tane büyüklüğünün kontrolü metalografi yöntemiyle yapılmaktadır. Bu yöntemde dağlama yardımıyla hazırlanan numunelerin tane yapısına mikroskop yardımıyla bakılmaktadır.

İşletmelerde üretilen parçalar ışık mikroskobu aracılığıyla kontrol edilmektedir. Işık mikroskopları optik kısım, aydınlatma kısmı ve mekanik kısım olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır (Anonymous ASM, 2004b). Işık mikroskobu objektif (1), vidalı kilitleme halkası (2), temel halka (3), lamba aparatı (4), taşıma çantası (5), taşıma çantası içerisindeki düğme (6), göz aparatı (7), göz aksesuarı (8), ampul (9), başparmak tekerlekleri ile dişli mili (10), soketli kablo (11) ve ana gövde (12) kısımlarından oluşmaktadır (Şekil 2.4) (Streuers, 2009).



Şekil 2.4. Işık mikroskobu (Streuers, 2009)

2.2. Mekanik Özellikleri Etkileyen Faktörler

Isıl işlem, döküm sıcaklığı, kimyasal bileşim ve parça kalınlığına bağlı olarak yüksek manganlı östenitik çeliklerini mekanik özelliklerini değiştirmektedir (Yau and Pearce, 2009).

2.2.1. Döküm sıcaklığı

Döküm sıcaklığı döküm işleminin en önemli değişkeni olmaktadır. Endüstrideki uygulamalardan ve bilimsel yayınlardan yüksek döküm sıcaklığında gerçekleşen döküm uygulamasının tane kabalaşmasına yol açtığı için yüksek döküm sıcaklığının yüksek manganlı östenitik çeliğin hem dayanımına hem de tokluğuna zarar verdiği bilinmektedir.

Yüksek manganlı östenitik çeliklerin katılaşma sıcaklığı 1371 °C ile 1260 °C arasında gerçekleşmektedir. Döküm için gerekli sıcaklık maksimum sıcaklık değerini 120 °C'yi geçtiği zaman döküm parçasının mekanik özellikleri kötüleşmekte ve parçada çatlama meydana gelmektedir. Bu olumsuz özellikler karbon yüzdesinin ve kesit kalınlığının artması ile daha fazla miktarda görülmektedir (Maratray, 1995).

Özellikle kalın kesitli parçaların dökümünde tokluğun korunması isteniyorsa döküm sıcaklığının kontrolü büyük önem taşımaktadır. Sıcaklık kontrolü ergiyen metal içerisine daldırılan veya dışarıdan ölçüm yapabilen pirometreler ile yapılmaktadır. Pirometreler döküm potalarının sıcaklığının ölçülmesinde kullanılmaktadır. Pirometrenin ucunda, ısıya dayanıklı termokopul bulunmaktadır (Şekil 2.5) (Anonymous Pyrometer, 2004a).



Şekil 2.5. Pirometre (a), dijital gösterge (b) ve termokopul (c)

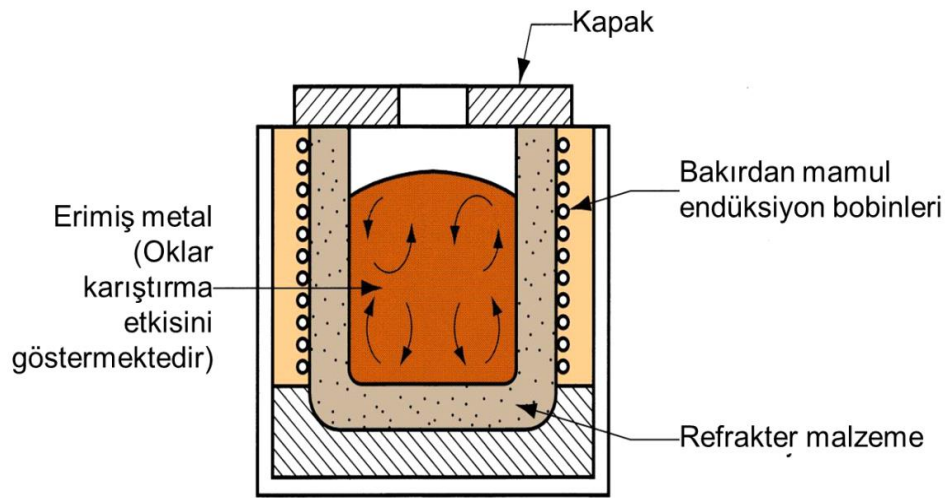
Döküm sıcaklığının yüksek olduğu ve sıcaklığın kontrol edilemediği durumlarda sıcak yırtılma meydana gelmektedir. Yüksek fosfor oranı da sıcak yırtılma olasılığını arttırmaktadır (Blair and Stevens, 1995).

Döküm sıcaklıklarının düşük kalmasının en önemli nedenlerinden biri döküm potaları olmaktadır. İlk dökümün gerçekleşmesinden son döküme kadar olan sürede sıcaklık değişiklik göstermektedir. Üstü açık bir pota ile dökümden önce cürufun temizlenmesi gerektiğinden ısı kaybı çok olmaktadır. Bu yüzden döküm süresince yeterli sıcaklığı ve akışkanlığı sağlamak amacıyla ocaktan döküm alınırken sıcaklık yükseltilmektedir. Potanın astarı ile kimyasal reaksiyonu önlemek için bazik manyezit refrakterler kullanılmaktadır. Bununla birlikte manyezitin ısı iletkenliği yüksek olduğundan, ısı kayıpları daha çok fazlaşmakta ve neticede daha yüksek döküm alma sıcaklıklarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Alttan döküm yapılan potalarda ise çeliğin üzerinin kalın bir yalıtım cürufu (indüksiyon ocakları ile çalışmada sentetik cürufu ile örtme) ile örtülmesi mümkün olduğundan döküm sıcaklığının daha sıkı kontrol altına alınması ve ısı kayıplarının daha da düşürülmesi mümkün olmaktadır. Manyezitin yüksek ısı iletkenliği nedeniyle cüruf yapma ve sarma eğilimi çok fazla olduğundan, potanın temiz tutulabilmesi için döküm sıcaklığının doğal olarak yüksek olması gerekmektedir.

Döküm potalarında sıcaklık kontrolü kolaylaşmakla beraber manyezit astar tamamen ortamdaki yok oluncaya kadar mümkün olan en düşük döküm sıcaklığı ve sonrası döküm sıcaklıkları sağlanamamaktadır (Colton, 2011).

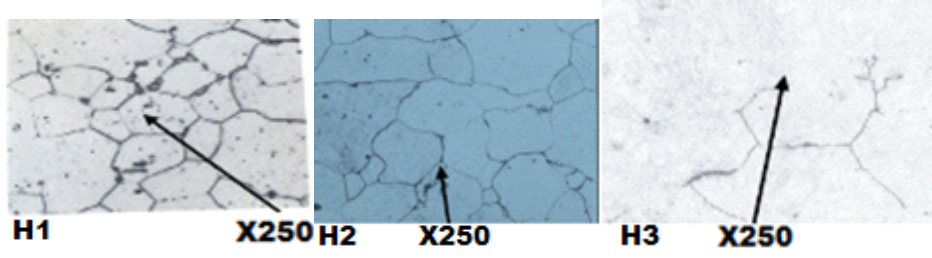
Metal içinde manyetik akım oluşturularak çalışan indüksiyon ocaklarında kullanılan bobinin içerisinden alternatif akım geçmektedir. Akım indüklenmekte ve bu sayede hızlı bir biçimde ısıtma ve dolayısıyla ergitme gerçekleşmektedir. Oluşan manyetik alan sıvı metalin karışmasına yardımcı olmaktadır. Refrakter malzemeler sayesinde ergiyik metal ısıtma ortamından bağımsız olarak erimekte ve bu sayede istenen kalitede ve yüksek saflıkta parçalar üretilebilmektedir (Şekil 2.6) (Turgut, 2017).



Şekil 2.6. İndüksiyon ocağı (Turgut, 2017)

Yüksek manganlı östenitik çelikler daha çok bazik elektrik ocaklarında tek cürufıyla üretilmektedir. 1460-1570 C° sıcaklıkları arasında dökülen yüksek manganlı östenitik çelikler kum kalıplara dökülmektedir (Aytekin, 1958).

Yüksek manganlı östenitik çeliklerde döküm sıcaklığının artması ile döküm mikroyapısının tane boyutu küçülürken tane sınırlarında karbür oluşum miktarı artmaktadır. Düşük döküm sıcaklıkları tanelerin kabalaşmasına neden olmaktadır. 1550 C° (H1), 1450 C° (H2) ve 1380 C° (H3) de değişen sıcaklık miktarları ile tane büyüklüklerinde değişkenlik meydana gelmektedir (Şekil 2.7) (Balogun, Esezobor ve Agunsoye, 2008).



Şekil 2.7. 250 büyütmeli bir mikroskopta değişen sıcaklık ile birlikte değişim gösteren tane büyüklükleri (Balogun, Esezobor ve Agunsoye, 2008)

2.2.2. Isıl işlem

Yüksek manganlı östenitik çeliklerin günümüz endüstrisinde tercih edilme nedenleri aşınma uygulamalarındaki darbe ile birlikte meydana gelen sertleşme özellikleri olmaktadır. Meydana gelen bu sertleşmenin miktarı, yapısında karbona doymuş bir östenite bağlı olmaktadır.

İstenen özellikleri üretilen parçalara kazandırmak için belirli bir sıcaklığa ısıtarak ve peşinden uygun ortamda soğutarak gerçekleştirilen işlemlere ısıl işlem denilmektedir.

Isıl işlemler, talaşlı imalat uygulanacak parçalarda işlenebilme özelliğini arttırmak (yumuşatma, tane irileştirme), üretilen parçaların dayanımlarının (mukavemet) artırılması ve azaltması (sertleştirme, normalleştirme, yumuşatma), soğuk şekillendirme uygulanan parçalarda bunun etkisini ortadan kaldırmak (yeniden kristalleştirme, normalleştirme), mikroyapıyı homojenleştirme, tane büyüklüğünü değiştirme (tane büyütme, normalleştirme, yeniden kristalleşme), parçalarda oluşan iç gerilmeleri azaltma (gerilim giderme) ve parçalarda hedeflenen iç yapıları elde etmek (normalleştirme, yumuşatma, sertleştirme) için uygulanmaktadır (Totten, 2006).

Isıl işlemler sınıflandırıldığında sertleştirme ve tavlama olmak üzere kısımlara ayrılmaktadır. Tavlama ile iç yapının denge durumuna yaklaşılarak yavaş soğutmayla birlikte kararlı hale gelmesi sağlanmaktadır.

Isıl işlemin aşamaları belirlenen sıcaklığa parçayı ısıtma, belirlenen sıcaklıkta parçayı tutma ve belirlenen sıcaklıkta parçaya soğutma şeklinde gerçekleşmektedir.

Östenitik Mn'lı çeliğin ısıl işlemi sırasında tane sınırı ve içinde oluşan karbürlerin giderilmemesi durumunda malzemenin darbe direnci düşmekte ve

Çalışma sırasında parça çok kısa zamanda kırılmaktadır. Isıl işlem yapılmasının sebebi, tanenin içindeki ve özellikle tane sınırında bulunan karbürleri östenit yapısı içerisinde eritmektir.

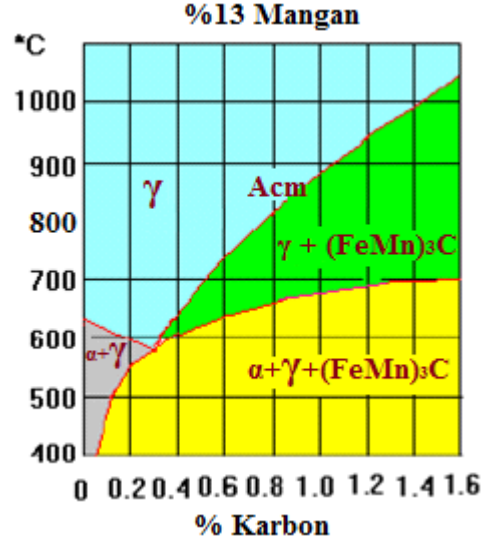
Yüksek manganlı östenitik çeliklere homojenleştirme tavlaması uygulanmaktadır. Malzemeyi belirlen bir süre belirlen sıcaklığa ısıtmak sonrasında yavaş bir şekilde soğutmak tavlama olarak tanımlanmaktadır. Katılaşma sonrasında tane içerisinde meydana gelen kimyasal bileşim farklılıklarını gidermek için katılaşma sıcaklığının altında yayınma yoluyla gerçekleştirilen tavlamanın uzun süreli şekline homojenleştirme ısıl işlemi denilmektedir (Totten, 2006).

Döküm yöntemi ile üretilen ve sonrasında besleyicileri ve yollukları spiral taş yardımıyla temizlenen döküm numunelere ısıl işlem uygulanmaktadır. Isıl işlemde amaç numunenin yapı olarak ince taneli olması ve tane sınırlarında karbür çökeltileri oluşturmamaktır. Tane sınırlarında biriken karbürlerin, östenit taneleri içinde tam çözülmesinin çalışma esnasındaki darbe dayanıma doğrudan etkisi olmaktadır. Mikroyapıyı etkileyen temel değişkenler sıcaklık, ısıtma hızı, bekleme süresi ve su vermedeki çabukluk değişkenleri olmaktadır (Anonymous, 2006).

Kalıp içinde çok yavaş soğuyan ergiyik döküm, östenitin ayrışmasına neden olmaktadır. Oluşan fazlar karbür ve ferrit fazlarıdır. Kesit kalınlığına bağlı olarak soğuma hızı ayrışma hızını belirlemektedir.

Oda sıcaklığında karbon içinde tamamen çözünmüş %100 östenitik mikroyapıyı elde etmek ısıl işlemin esas amacı olmaktadır (Anonymous Volume 4, 2006).

Yüksek manganlı östenitik çeliklerin ısıl işlem prosedürü tam östenitik yapı elde edilinceye kadar ısıtma ve sonrasında hızlı bir şekilde su verme şeklinde olmaktadır. Isıtma Acm karbon çözünürlüğünün üzerinde yapılmaktadır (şekil 2.8) (Yau and Pearce, 2009).



Şekil 2.8. Yüksek manganlı östenitik çeliklerde demir-mangan-karbon diyagramı (Yau and Pearce, 2009)

Isıl işlem uygulamalarında su verme hızı çok önemli olmaktadır. İdeal hızı sağlayabilmek için dökümhanelerde sıcak dökümlerin soğuk su tanklarına transferi için büyük paralar harcanmaktadır (Şekil 2.9). Doğru yapılmayan ısıl işlemler kötü mikroyapılara yol açmaktadır. Kötü mikroyapılar üretilen parçaların kullanım yerlerinde ömrünü erken tamamlamasına neden olmaktadır.



Şekil 2.9. Isıl işlem fırınından çıkan parçalar

Özellikle kalın kesitlerde yavaş soğuma tane sınırlarında karbür çökmesine neden olmaktadır. Karbür çökelteleri tokluğu olumsuz yönde etkilemektedir. Ötektoid üstü çeliklerde, ısıtırken sementit'in ostenite dönüşümün tamamlandığı sıcaklık olan Acm sıcaklığının altında oluşan bütün istenmeyen bileşiklerde çekirdeklenmenin oluşması ve sonrasında bu çekirdeklerin büyümesi söz konusu olmaktadır. Su verme işleminden önce 871 °C'ye kadar olan soğumanın gecikmesi

karbür oluşum hızını yavaşlatmaktadır bu da sünekliği olumsuz yönde etkilemektedir.

Soğuma sırasında önemli olan bir nokta 871°C-315 °C arasındaki soğuma hızına dikkat etmektir. Uygun olmayan sıcaklık kontrolü uygulamada ısıtma hatalarına neden olmaktadır.

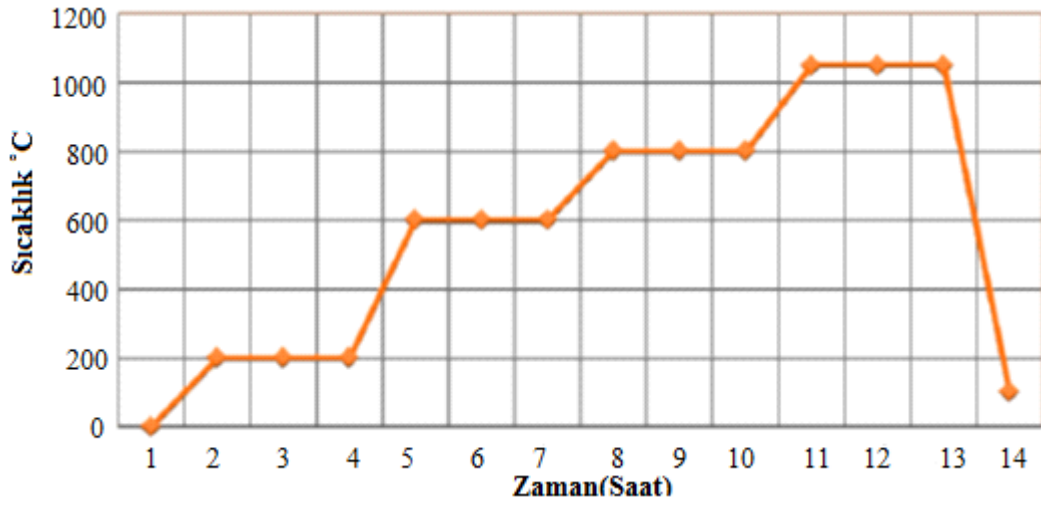
Isıl işlemin yapılmasının sebebi tanenin içindeki ve özellikle tane sınırında bulunan karbürleri östenit yapısı içerisinde eritmektir. Bunu sağlamak için yüksek manganlı östenitik çeliklere homojenleştirme ısıtma işlemi uygulanmaktadır.

Tane sınırında veya tane içerisinde oluşan karbürlerin giderilmemesi durumunda malzemenin darbe direnci düşmekte ve çalışma sırasında parça çok kısa zamanda kırılmaktadır (Yau and Pearce, 2009).

Uygun ısıtma işlemi uygulanıp uygulanmadığını anlayabilmek ve mikroyapının istenen şartları sağlayıp sağlamadığını anlamak için dökümü gerçekleştirilen parça üzerinde veya parçayla birlikte dökülen şahit numune üzerinde ısıtma işlemi sonrasında metalografik kontrol yöntemiyle mikroskop altında inceleme yapmak gerekmektedir.

Yüksek manganlı östenitik çeliklerin östenitik mikroyapıya sahip olması için ve tane sınırlarında karbür çökeltilerinin oluşmaması için parçalar ASTM A123-33 standardına göre, 1050 C°'ye yavaş bir biçimde ısıtılarak sonrasında belirlenen bir süre bu sıcaklıkta beklenmesi ve bekleme sonrasında parçaların oda sıcaklığında suya daldırılmaları gerekmektedir (Anonymous, 2006).

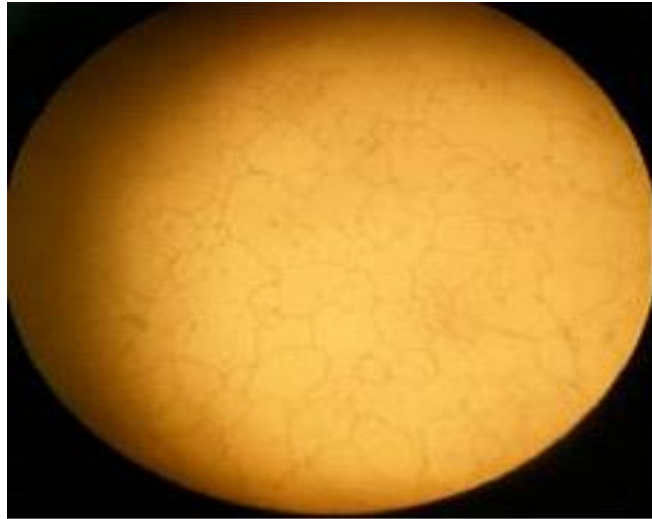
Isıl işlem için prosedür, 600 °C'ye kadar olan uygulamalarda saatte 80 °C ısıtma hızı, 600-900 °C arası uygulamalarda saatte 100 °C ısıtma hızı, 900-1100 °C arası uygulamalarda saatte 150 °C ısıtma hızı olmakta ve her bir sıcaklık uygulaması için 25.4 mm kesit kalınlığında 1 saat beklenmesi şeklinde işlem yapılmaktadır (Şekil 2.10) (Mahlami, 2014).



Şekil 2.10. Yüksek manganlı çeliklerin ısıtılma süre ve sıcaklıkları (Mahlami, 2014)

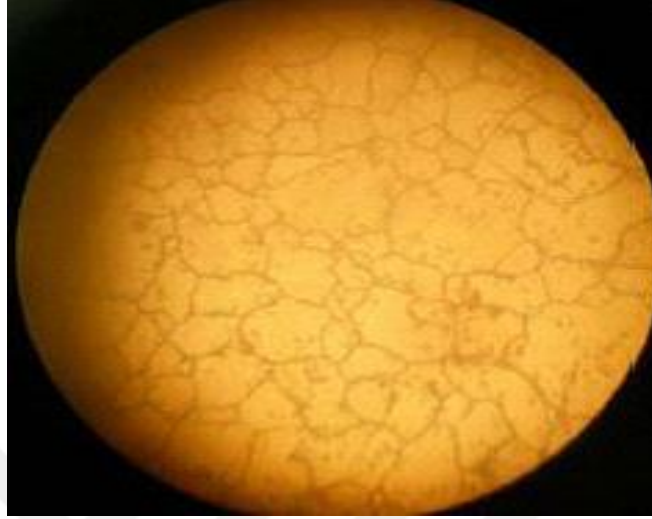
Isıl işlem sonrasında karbürlerin östenit fazı içerisinde çözülmesi sağlanmaktadır. Bunu sağlayabilmek için soğutma işlemi su içerisinde yeterince hızlı bir şekilde yapılmaktadır. Hızlı soğutma sayesinde karbürlerin yeniden çökmesi önlenmektedir.

Uygun koşullarda ısıtılma işleminden görmüş bir östenitik çeliğin mikroyapısı ince taneli yapıya sahip olmaktadır (Şekil 2.11) (Yau and Pearce, 2009).



Şekil 2.11. İnce taneli mikroyapıya sahip yüksek manganlı östenitik çelik (Yau and Pearce, 2009)

Uygun olmayan koşullarda ısıtıl işlem görmüş östenitik bir çeliğin mikroyapısı kaba taneli yapıya sahip olmakta ve tane sınırlarında karbür çökeltileri oluşmaktadır (Şekil 2.12) (Yau and Pearce, 2009).

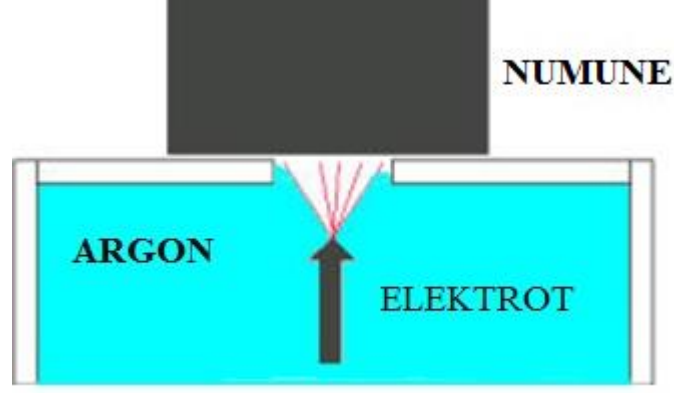


Şekil 2.12. Kaba taneli mikroyapıya sahip yüksek manganlı östenitik çelik (Yau and Pearce, 2009)

2.2.3. Kimyasal bileşim

İdeal kimyasal bileşim % 1.2 C ve % 12-13 Mn içermektedir. ASTM A 128 ve diğer bazı standartlara göre ticari alaşımlarda C ve Mn oranları genellikle %1.0 ile 1.4 C ve %10 ile 14 Mn aralığında değişmektedir. Genel eğilim olarak C içeriğinin aralığın ortalarında ve Mn içeriğinin % 12-13 Mn sınırında olması hedeflenmektedir. Çünkü alaşımın alt sınırlarında mekanik özelliklerin bozulması söz konusu iken alaşımın üst sınırlarda herhangi bir ekonomik avantaj bulunmamaktadır (Khan, 2001).

Dökülen numunelerin kimyasal analizi spektrometre aracılığıyla yapılmaktadır. Spektral analiz, spektrometre cihazı ile maddelerin yaydığı ışınların incelemesi ve bu sayede maddeyi oluşturan elementlerin nitel ve nicel olarak özelliklerin incelenmesi olarak tanımlanmaktadır. Spektrometreler gibi analitik cihazlar belirli bir referansa göre ölçüm yapmaktadır. Analiz sırasında malzemenin yüzeyinden az miktarda buharlaşma gerçekleşmekte ve bu sayede ölçüm yapılmaktadır (Şekil 2.13) (Anonim, 2017).



Şekil 2.13. Spektrometrenin çalışma prensibi (Anonim, 2017)

Spektral analiz ile numunenin içerisindeki demir, karbon, silisyum, mangan, kükürt, fosfor ve diğer elementlerin analizleri yapılmaktadır. Spektrometreler argon gazı ile doldurulmuş ark odasında elektrik arkı ile elementlerin atomlarına ayrışması prensibine dayanmaktadır. Optik sistemle oluşan ışınlar dalga boylarına ayrılmaktadır. Foto tüplerde sinyallerin şiddeti ölçülerek numunenin içindeki her elementin miktarı belirlenmektedir (Çelik, 2017).

Su verme işlemi görmüş yüksek manganlı östenitik çeliklerin ASTM A 128 standartına göre kimyasal bileşimleri değişiklik göstermektedir (Şekil 2.14). Bu kimyasal bileşime sahip yüksek manganlı östenitik çeliklerin döküm işlemi sonrasında içerisinde C atomları dışarısında Mn atomları içeren kübik yüzey merkezli kafes yapısı meydana gelmektedir (Anonymous, 1979).

Özellikler		Kimyasal Bileşim %						
Standart	Derece	C	Mn	max. Si	Ni	Cr	Mo	max. P
ASTM A128	A	1.05-1.35	min. 11.0	1.00	-	-	-	0.07
	B1	0.90-1.05	11.5-14.0	1.00	-	-	-	0.07
	B2	1.05-1.20	11.5-14.0	1.00	-	-	-	0.07
	B3	1.12-1.28	11.5-14.0	1.00	-	-	-	0.07
	B4	1.20-1.35	11.5-14.0	1.00	-	-	-	0.07
	C	1.05-1.35	11.5-14.0	1.00	-	1.5-2.5	-	0.07
	D	0.70-1.30	11.5-14.0	1.00	3.0-4.0	-	-	0.07
	E1	0.70-1.30	11.5-14.0	1.00	-	-	0.9-1.2	0.07
	E2	1.05-1.45	11.5-14.0	1.00	-	-	1.8-2.1	0.07
	F	1.05-1.35	6.0-8.0	1.00	-	-	0.9-1.2	0.07

Şekil 2.14. ASTM A128 standartına göre yüksek manganlı östenitik çeliklerin kimyasal bileşimleri (Anonymous, 1979)

2.2.3.1. Mangan

Mangan, östeniti kuvvetli bir biçimde kararlı hale getirmektedir. Östenitten ferrite dönüşümü önleyerek su verilme işleminden sonra mikroyapının oda sıcaklığında % 100 östenitik kalmasını sağlamaktadır.

Martenzit, yapı içerisinde sertleşmeye neden olduğu bu da kırılabilirliğe yol açtığı için martenzit oluşumunu engellemek ve östenit mikroyapısını elde etmek amacıyla mangan ilavesi yapılmaktadır.

% 10 ile 14 arasında Mn akma dayanımını etkilememekte ancak sünekliği ve dayanımı arttırmaktadır. Mn değeri %10'un altına düşerse mekanik olarak değerler birden bire düşmektedir. % 8 Mn içeriğine sahip yüksek manganlı östenitik çeliklerde mekanik özellik değerleri yarı değere düşmektedir.

% 10 Mn'in üzerinde mekanik özelliklerde az olmakla beraber iyileşme görülmekle birlikte pratik uygulamalarda % 11 Mn değeri olabilecek en düşük oran olarak kabul edilmektedir. Alaşım maliyeti hesaba katıldığında % 20 Mn değerine kadar istenen değerler sağlanabildiği için bu noktada alaşım maliyeti dikkate alınmaktadır.

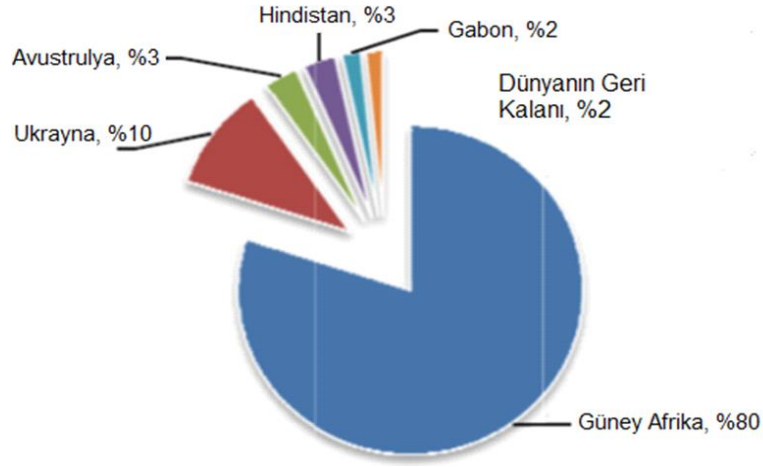
Mn oranı % 16'yı geçtikçe manyetik özellikler düşmektedir. Sıfırın altındaki düşük sıcaklıklarda mekanik dayanım ve düşük sıcaklıkta tokluk isteyen uygulamalarda bu mangan içeriğine sahip çelikler kullanılmaktadır (Yau and Pearce, 2009).

Mangan, çeliklere çeşitli amaçlarla ve değişik oranlarda eklenmektedir. Demir ve çelik üretiminde mangan önemli bir element olarak yer almaktadır (Şekil 2.15) (Aytekin, 1958).

Malzeme Grubu	% Mn	Mn İlavesinde Amaçlar
Yalın Karbon Çelikleri	0.20-1.20	Deokside ve Desülfirize Etmek (Dayanımı Arttırmak)
Dökme Demirler	0.5-1.0	Deokside ve Desülfirize Etmek (Dayanımı Arttırmak)
Otomat Çelikleri	0.6-2.0	Kükürdün Etkisini Gidermek, Kolay Talaş kaldırma
Az Alaşımlı Çelikler	0.7-2.0	Dayanım ve Sertliği Arttırmak, Esneklik Vermek ve Perlitik Çelik Elde Etmek
Martenzitik Çelikler	5-10	Martenzitik Çelik Elde Etmek
Östenitik Çelikler	10-14	Darbeyle Sertleşen, Darbeye ve Sürtünmeye Dayanıklı Çelik Elde Etmek
Aynalı Pik	16-28	Deoksidant ve Alaşım Ham Maddesi Olarak

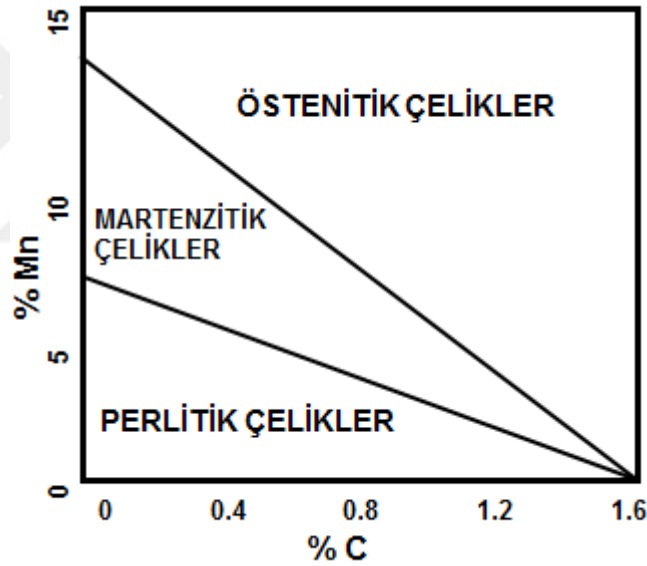
Şekil 2.15. Çeşitli demir-çelik malzemelerinde bulunan mangan miktarları ve manganın rolü (Aytekin, 1958)

Dünyada rezerv olarak mangan elementi çeşitli ülkelerde bulunmaktadır. En büyük rezerv Güney Afrika yer almaktadır (Şekil 2.16) (Mahlami, 2014).



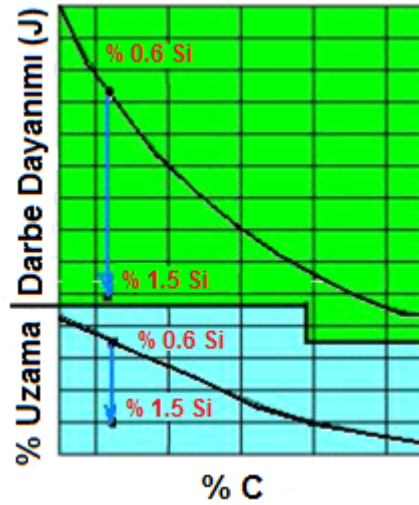
Şekil 2.16. Dünyadaki mangan rezervleri (2009) (Mahlami, 2014)

Mangan ve karbonun bileşim içerisindeki oranlarına göre parçaların metalografik özellikleri değişiklik göstermektedir (Şekil 2.17) (Aytekin, 1958).



Şekil 2.17. Mangan ve karbon içeriğine göre çeliklerin dönüşümü (Aytekin, 1958)

Yüksek manganlı çeliklerinde akma dayanımını artırmak için silisyumun % 2' ye kadar kullanılması uygun görülmektedir. Bu oran tokluğu önemli derecede etkilememektedir. Düşük kesitli malzemeler için tokluğun etkisi az olmakta iken kalın kesitli malzemelerde silisyumun etkisizi negatif yönde etkili olmaktadır. % 0.6-1 arasındaki silisyum oranlarında karbon miktarının artması ile birlikte tokluk azalmaktadır (Şekil 2.18) (Yau and Pearce, 2009).



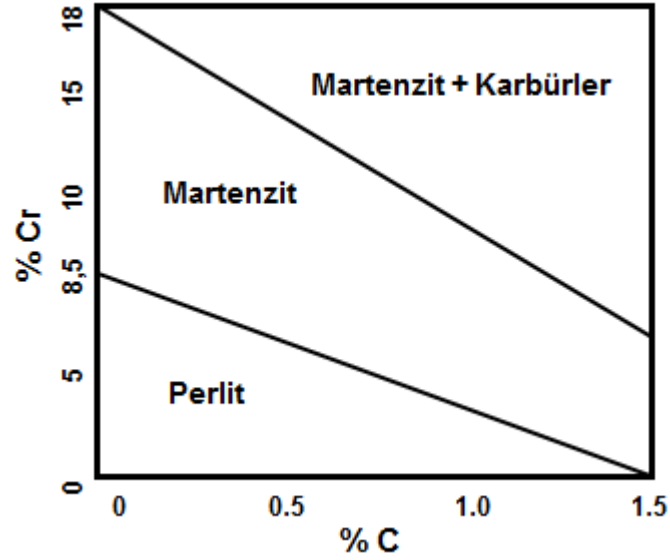
Şekil 2.18. 150 mm kesit kalınlıklı mangan çeliğinde % 1.5 silisyumun darbe dayanımı ve uzamaya etkisi (% 13 Mn, % 0.6 Si) (Yau and Pearce, 2009)

Mangan çeliklerinde fosfor % 0.02'nin üzerine çıktığı zaman taneler arası çatlama olasılığı artmaktadır. % 0.06 üzerindeki fosfor, mangan çeliğinin yüksek sıcaklıktaki plastikliğini hızlı bir şekilde düşürmekle birlikte sıcak yırtılma miktarı daha fazla olmaktadır. % 0.06 değerinin altında fosfor olması sadece sıcak yırtılma eğiliminin artmasını sağlamaktadır. Döküm parçasında olabilecek en yüksek fosfor yüzdesi, döküm parçasının büyüklüğüne, tasarımına ve besleyicilerin yeri ve boyutuna bağlı olarak değişim gösteren gerilimin büyüklüğüne bağlı olmaktadır. Geometrik olarak yüksek et kalınlığında ve dökümü zor olan parçalarda fosfor oranının % 0.04'ün altında olması tavsiye edilmektedir (Yau and Pearce, 2009).

Alüminyum, yüksek manganlı östenitik çeliğe alüminyum ilavesi fosfürlerin şekline ve dağılımına önemli bir şekilde etki etmektedir.

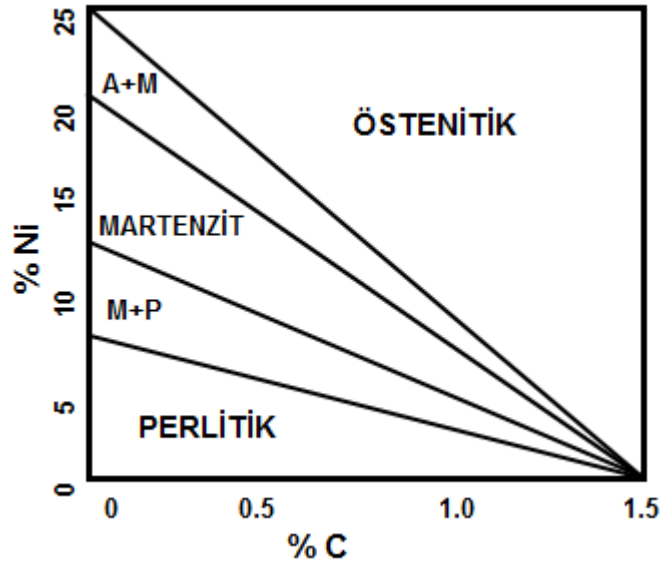
% 0.05 alüminyum ile deokside edilmiş ve fosfor oranı % 0.08 olan dökümlerde P elementi iri tanecik boyutunu alarak tane sınırlarına yerleşmektedir. Alüminyum miktarının 0.08-0.15 arasında olduğu dökümlerde tane sınırlarına yerleşen fosfür miktarında büyük bir ölçüde azalma olmaktadır. Darbelere karşı dayanım ve tokluk değerleri ise olumlu etkilenmektedir (Yau and Pearce, 2009).

Krom kullanımında miktarın ayarlanamaması üretici ve tüketici boyutunda zararlara neden olmaktadır. Krom, yükselen kesit kalınlıklarında tokluk bakımından negatif özellikler göstermektedir. Bunun yanında krom ısıtıl işlem yapılabilme özelliğini büyük oranda olumsuz yönde etki etmektedir (Şekil 2.19) (Oğuz, 1985).



Şekil 2.19. Alaşım elementi olarak kromun etkisi (Oğuz, 1985)

Mangan çeliğine nikel eklendiği zaman kopma dayanımı azalmaktadır, süneklik ise hafif miktarda artmaktadır. Akma dayanımı ise bir değişme göstermemektedir. Nikel soğutma ve ısıtma sırasında tane sınırlarında karbür çökmesini önlemekte, bunun sonucunda tokluk artmaktadır. Nikel oranı arttıkça kaynak kabiliyeti ve sıcak yırtılmalara olan direnç artmaktadır (Şekil 2.20) (Oğuz, 1985).



Şekil 2.20. Alaşım elementi olarak nikelin etkisi (Oğuz, 1985)

Karbon oranı % 0.7 olan mangan çeliğine % 3.5 oranında nikel eklendiğinde ısıtılma işlemi yapılırken karbürün çökmesi önlenmektedir. Bu sayede ısıtılma işlemi gerek olmadan yeterli bir tokluk ve östenitik bir yapı elde edilmektedir (Yau and Pearce, 2009).

Molibden ilavesi edilmesi parça döküldükten sonra mekanik değerleri büyük miktarda iyileştirmekte ve mangan çelikleri ısıtıldıktan sonra oluşan karbürün oluşturduğu kırılganlığa karşı dayanımı arttırmaktadır. Bu sayede dökümhane koşullarında yolluk ve besleyicilerin daha kolay kesilmesi sağlanmakta ve kaynak tamiri sırasında malzemede çatlama meydana gelme ihtimalini azaltmaktadır. Bu yüzden % 1 oranında molibdenden kalın kırıcıların üretiminde faydalanılmaktadır. Bununla birlikte kırılganlığa esasen karbon elementi sebep olduğundan yüksek karbon oranlarında molibdenin etkisi düşük kalmaktadır (Yau and Pearce, 2009).

2.3. Sertlik Testi

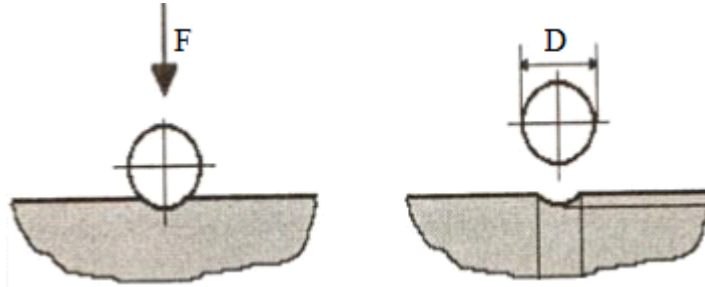
Sertliğin ölçülmesi malzemelerin fiziksel özelliklerini belirlemek için üzerinde gerçekleştirilmekte ve uygulamada sıklıkla tercih edilmektedir. Sertlik testi pratik uygulamalarda kolaylıkla uygulanmaktadır. Malzemelerin sertlik değerlerine bakılarak mekanik değerleri hakkında çıkarımlar yapılabilmektedir. Genellikle malzemelerin sertlik değeri yükseldikçe mekanik değerleri de yükselmektedir.

Sertlik ölçümleri malzemenin plastik deformasyona karşı verdiği tepki olarak tarif edilmektedir. Malzemenin küresel veya konik bir ucun batırılmasına karşı gösterdiği tepki sertlik değeri olarak tanımlanmaktadır. Malzeme türüne göre seçilen küresel veya konik uç, yükün uygulanmasıyla malzeme yüzeyinde iz bırakmaktadır. Sertlik değeri yüzeyde meydana gelen izin büyüklüğü ile ters orantılı bir değer vermektedir.

Güzümüz uygulamalarında Brinell, Vickers ve Rockwell sertlik ölçme yöntemi kullanılmaktadır.

Kullanılan yöntem fark etmeksizin numunelerin üzerinde birkaç ölçme yapılarak ortalama sertlik değerinin alınması gerekmektedir. Eğer değerler arasında fark çok fazla ise ölçülen farklı değer ortalamaya katılmayarak ayrı bir şekilde bu değerlerin belirtilmesi gerekmektedir (Anık, 1999).

Brinell sertlik testinde, deneyi yapılacak parçanın yüzeyine belirli çaptan yapılmış bilye ile belirli bir yükün malzeme yüzeyine uygulanmakta ve yüzeyde oluşan izin ölçülmektedir. Günümüzde bu ölçümlere gerek kalmadan sertlik cihazı üzerindeki değerler doğrudan okunmaktadır (Şekil 2.21) (Anonymous, 1989b).



Şekil 2.21. Brinell sertlik ölçümünün şematik gösterilmesi (F= Uygulanan kuvvet, D= Bilye çapı (mm)) (Anık, 1999)

Ölçümü yapılacak malzemenin kalınlığına göre bilye çapı seçilerek bu çaptaki uç kullanılmaktadır (Şekil 2.22) (Anık, 1999).

Malzeme Kalınlığı (mm)	Bilye Çapı (mm)
6-Yukarısı	2.5-5-10
3-6	2.5-5
1.5-3	2.5
0.6-1.5	1

Şekil 2.22. Malzemenin kalınlığına göre kullanılması gereken bilye çapları (Anık, 1999)

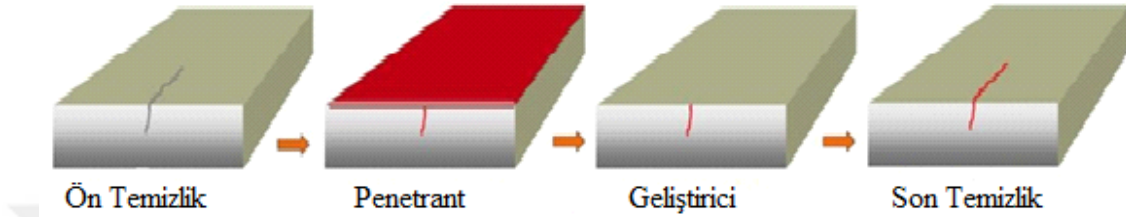
2.4. Sıvı Penetrant Testi

Yüksek manganlı çelikler yapı itibari ile manyetik özellik göstermemektedir. Bu nedenle yüzeyde meydana gelmiş olabilecek süreksizlikler ortaya çıkarabilmek için sıvı penetrant testine başvurulmaktadır (Anonymous, 1989c).

Sıvı penetrant testi, malzeme yüzeyindeki çatlak, gözenek, damar, katlanma, ve ergime eksikliği gibi kusurları ortaya çıkarmak için yapılmaktadır. Bu yöntem manyetik özellik göstermeyen malzemelere uygulanmaktadır. İlk önce kontrol edilecek parçanın yüzeyinin yağ, kir vb. yabancı maddelerden kimyasal olarak temizlenerek arındırılması gerekmektedir. Parçanın yüzeyine sıvı penetrant uygulanmakta ve belirli bir süre beklenerek yüzeye açılan hatalara penetrantın nüfus etmesi sağlanmaktadır. Penetrantın fazlası parça yüzeyinden temizlenmektedir.

Sonrasında hataya nüfus eden penetrantı yüzeye yayarak hatayı ortaya çıkarmak için parçanın yüzeyine geliştirici uygulanmaktadır. Son olarak penetrantın cinsine göre ultraviyole ışık altında veya görünür ışık altında parça kontrol edilmektedir.

Sıvı penetrant testinin uygulamasında sırasıyla, ön temizlik, penetrantın uygulanması, fazla penetrantın temizlenmesi, kurutma, geliştirme ve değerlendirme aşamaları takip edilmektedir (Şekil 2.23) (Anonim, 2015).



Şekil 2.23. Sıvı penetrant testinin uygulama aşamaları (Anonim, 2015)

Sıvı penetrant testi nispeten ucuz olması, portatif bir tahribatsız muayene yöntemi olması, ince ve bitişik süreksizliklere karşı duyarlı olması, basit bir yöntem olması ve yönüne bakmaksızın bütün yüzey süreksizliklerini ortaya çıkarabilmesi nedeniyle tercih edilmektedir (Tepe, 2009).

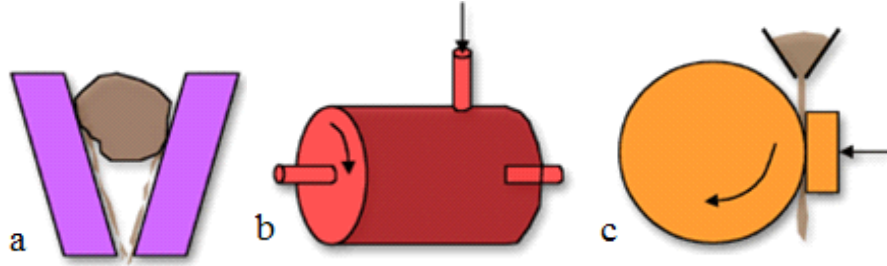
2.5. Çalışma Sertleşmesi

Mangan çelikleri, çalışma sertleşmesi özelliği bakımından östenitik paslanmaz çeliklerden bile üstün olmaktadır.

Çalışma sonrasında sertlikte meydana gelen artış deformasyonla sağlanmaktadır. Çalışma sertleşmesi genellikle uygulama ortamındaki darbeler sonucunda kazanılmaktadır. Yüksek hızlı hafif darbeler yüzey sertliği fazla olan malzemelerde çalışma sonrası sertleşmenin çok az bir derinlikte oluşmasına neden olmaktadır. Ağır darbeler genellikle daha derin sertleşme sağlamaktadır.

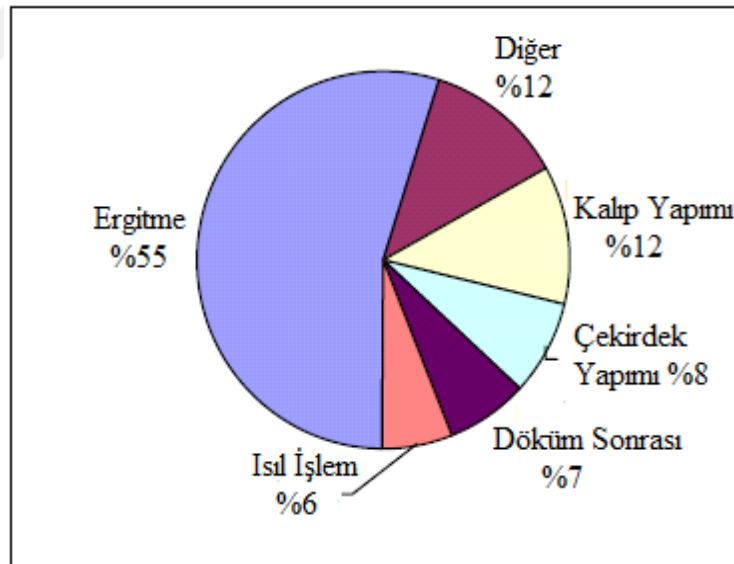
Çalışma sertleşmesi ile oldukça fazla enerji absorbe edilmektedir. Endüstride genellikle uygulamalardaki darbelerin büyük kısmı düşük hızlı olup bu nedenle yüksek manganlı östenitik çelikler kullanım için uygun olmaktadır. Yüksek darbe direnci, tokluk ve enerji absorpsiyonu isteyen uygulamalarda sahip olduğu özelliklerinden dolayı bu malzemeler tercih edilmektedir (Davis, 1998).

Oyma aşınması, yüksek gerilim altında sürtünme aşınması, erozyon veya düşük gerilim altında çizikli sürtünme aşınması olmak üzere üç çeşit aşınma türü bulunmaktadır (Şekil 2.24) (Mahlami, 2014).



Şekil 2.24. Oyma aşınması (a), yüksek gerilim altında sürtünme aşınması (b) ve erozyon (c) (Mahlami, 2014)

Dökümde büyük enerji tüketen prosesler arasında metali ergitme, çekirdek yapımı, ısıl işlem ve döküm sonrası işlemler bulunmaktadır (Şekil 2.25) (Eppich, 2007).



Şekil 2.25. Döküm prosesinin enerji maliyetlerinin dağılımı (Eppich, 2007)

2.6. Yüksek Manganlı Çeliklerin Aşınma Uygulamaları

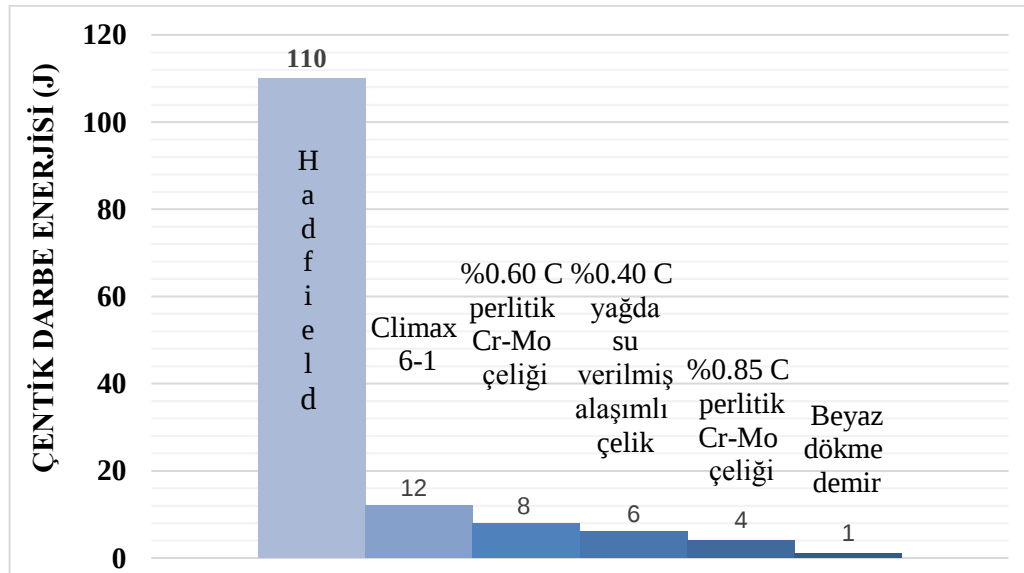
Uygulamalarda mangan çelikleri, yüksek aşınma dayanımı ile birlikte tokluk değerinin de yüksek oranlarda olması nedeniyle tercih edilmektedir. Ağır darbe koşullarında malzemenin kırılmaya karşı gösterdiği değer tokluk olarak tanımlanmaktadır.

Çizelge 2.1. % 13 Mn'lı çeliğin mekanik özellikleri (Mahlami, 2014)

Akma Dayanımı N/mm ²	Çekme Dayanımı N/mm ²	Uzama %	Sertlik HB	Çentik Darbe J/cm ²
414	995	40	200	112

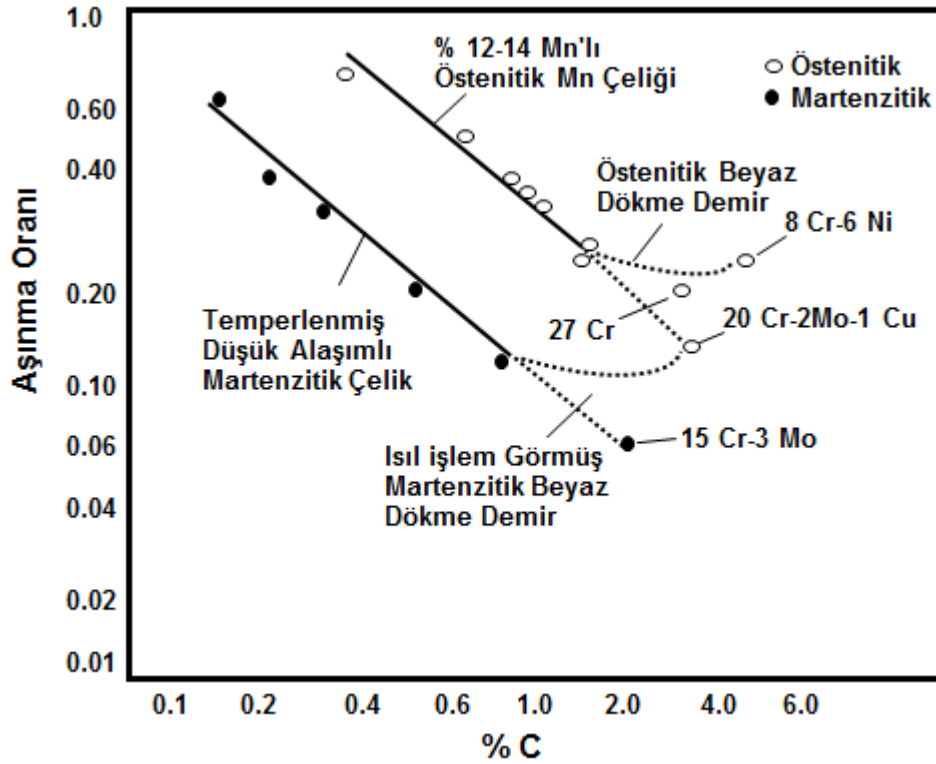
Uygun koşullarda üretilen bir mangan çeliği, büyük miktarda yüke maruz kaldığı zaman dahi herhangi bir çatlama meydana gelmemekte ve yüksek oranda enerjiyi absorbe edebilmektedir.

Yüksek manganlı östenitik çeliğin uygulamalarda kullanılmasının en büyük nedeni yüksek dayanımı yanında darbelere karşı gösterdiği yüksek tokluk olmaktadır. Diğer aşınma malzemelerine karşı gösterdiği bu yüksek tokluk değerleri onu rakiplerine karşı öne çıkarmaktadır (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. Yaygın olarak kullanılan aşınma metallerinin çentik darbe dayanımları (Anonymous, 1989b)

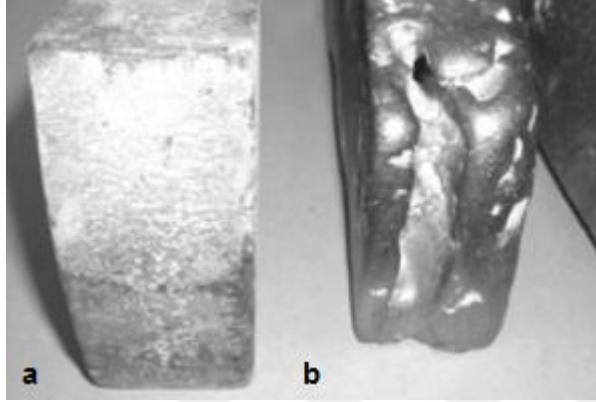
Mangan çeliğinin üretiminde standart mangan çelikleri hedeflenen şartlara göre üretildiğinde yüksek oranda aşınma şartlarında kullanılan diğer yüksek maliyetli malzemelere göre daha iyi aşınma sonuçları vermektedir (Şekil 2.27) (Anonymous, 1989c).



Şekil 2.27. Değişik malzemelerden üretilen kırıcı çenelerin aşınma oranları (Anonymous, 2001)

Yüksek manganlı östenitik çelikler esasen taş ocakları ve yapı işlerinde hareketli toprak kırıcı çene, konik kırıcı, zincir kılavuzu, öğütücü plakalar, kepçe kürekleri, maden işlerinde kepçe bıçağı, zincir konveyör parçaları, dişli tekerlek, çeşitli zırh elemanları, demir döküm sanayisinde yol gösterici ve değişen plakalar, hurda konteyner kumlama ünitesi, ayaklı astar hat, aşınma astarı, flanşlı destekleme kabı, hurda ve geri dönüşüm sektöründe tekerlek disk, vurucu ve değirmen çekiçlerde, beton ve tuğla işlerinde öğütme değirmeni kazıyıcı, mikser ve küreklerde, demiryolu endüstrisinde demiryolu geçiş rayları, ilaveler ve geçiş noktaları olmak üzere çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Balogun, Esezobor ve Agunsoye, 2008).

Aşınma uygulamalarında dayanımın ve tokluğun gerekliliği, malzeme işletme ömrünü tamamladığında malzemeye tekrardan bakıldığında malzemede görülen tahribatla daha iyi anlaşılmaktadır (Şekil 2.28).



Şekil 2.28. Kırıcı çekicinin teslimat sonrası (a) ve iki aylık kullanım sonrası görüntüsü (b) (Bolanowski K., 2008)

2.7. Döküm Hataları

İşletmelerde ortaya çıkan, boyutta uygunsuzluk, kimyasal bileşimde uygunsuzluk ve bunun gibi son üründe istenmeyen uygunsuzlukların bulunması durumunda hatalı döküm olarak kabul edilmektedir. Ortaya çıkan uygunsuzluğun büyüklüğüne göre değerlendirme yapılarak üretilen parçalar tamir edilerek kullanılmakta veya hurdaya çıkarılarak değerlendirilmektedir.

Uygunsuzlukların nedenlerinin isabetli bir şekilde tespit edilmesi sonraki aşamalar için kolaylık sağlamaktadır. Ortaya çıkan hatalar tasarım aşamasında, derecelerin ve maçaların hatalı yerleştirilmesi, tasarım aşamasında besleyici, çıkıcı ve yollukların yerleştirilmesindeki hatalar, fabrikada kalıp oluşturmak için kullanılan veya kalıp içerisindeki maçada kullanılan kumun istenen özelliklerde olmaması, maça ve kalıpları hazırlarken dikkat edilmemesi, bileşiğin kimyasal alaşımlarının istenilen niteliklere sahip olmaması, döküm sonrasındaki hatalar ve ergitme sırasında ısının ayarlanamaması gibi veya metal yürümemesi gibi nedenlerle olabilmektedir (Groove, 2010).

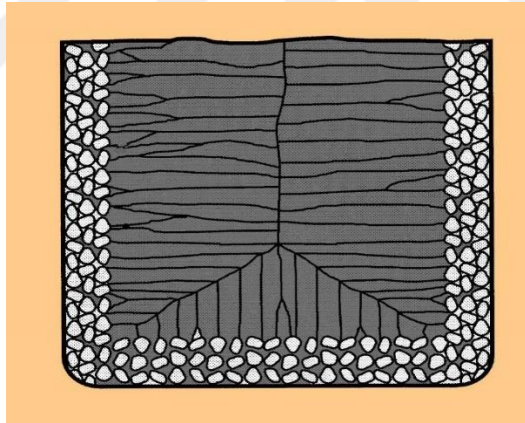
Döküm yöntemiyle üretim sonucunda mekanik özelliklerde sınırlama, porozite, segregasyonlar, kaba ve homojen olmayan tane yapısı, çok ince kesitlerin

elde edilmesinin zorlaşması, yüzey kalitesini sağlayamama, iş güvenliği ve çevre sorunları gibi faktörler meydana gelebilmektedir.

Metalin katılaşması, metalin durumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Saf bir element veya bir alaşım katılaşma olayı çekirdeklenme ile başlamakta ve oluşan çekirdeklere sıvıdan atomların eklenmesiyle tane büyümesi devam etmektedir.

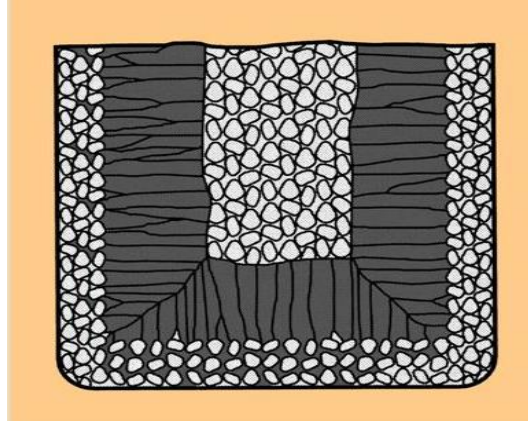
Saf metallerin katılaşması kalıp cidarının aşırı soğutma etkisi (chilling) nedeniyle, dökümden hemen sonra ara yüzeyde ince taneli bir katı metal filmi oluşturmakta, katılaşma sürerken film kalınlığı, erimiş metalin çevresinde bir kabuk oluşturacak şekilde artmakta, katılaşma hızı, kalıba olan ısı transferine ve ayrıca metalin ısı özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Groove, 2010).

Saf bir metalin dökümü sonrasında tane yapısı, kalıp cidarı yakınında eş eksenli ince taneler ve dökümün merkezine doğru yönelmiş büyük kolonsal taneler olarak meydana çıkmaktadır (Şekil 2.29).



Şekil 2.29. Saf bir metalin dökümündeki karakteristik tane yapısı (Groove, 2010).

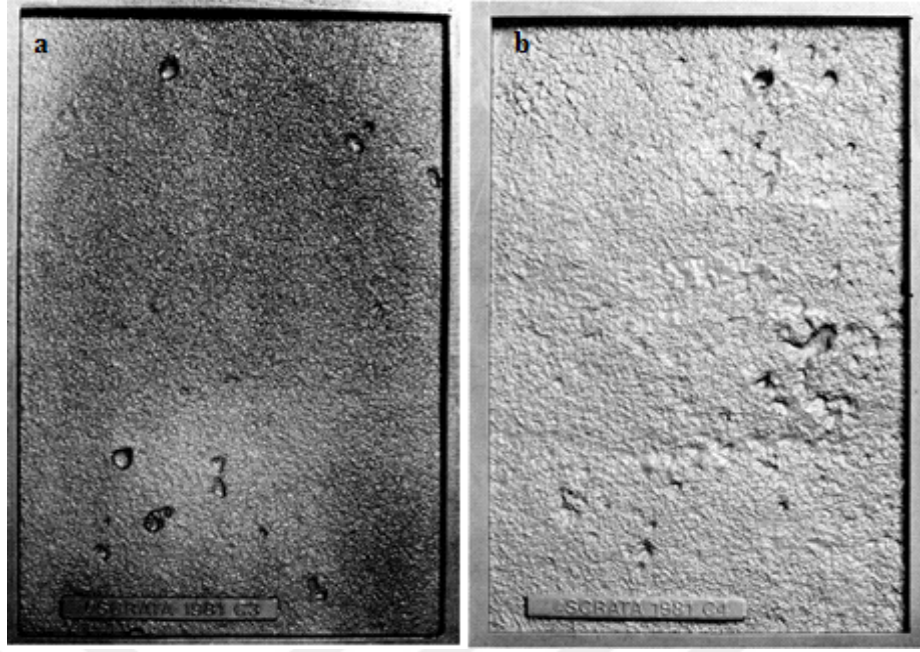
Alaşımli dökümlerin çoğunda katılaşmanın bir sıcaklık aralığında oluşması sonucunda, dendritik tane yapısı, mikro ve makro segregasyon oluşumu, mikro gözeneklilik ve belirgin çekme boşluğu oluşumu gerçekleşmektedir. Bu olumsuz özellikler erime sıcaklıkları birbirinden farklı katılaşma aralığı büyük ve hızlı soğuyan alaşımlarda daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.30).



Şekil 2.30. Döküm merkezinde alaşım elemanlarının segregasyonunu gösteren, bir alaşım dökümündeki karakteristik tane yapısı (Groove, 2010).

Ergiyik içerisindeki gazların sıvı metalden arındırılmaması nedeniyle dökülen parçaların yüzeyinde veya iç kısımlarında gaz boşlukları ortaya çıkmaktadır. Bu kusur bazı uygulamalarda yüzeyin hemen altında gözenek şeklinde meydana gelebilmektedir. Bu hata ergiyikteki çözünen gaz miktarının yüksek olması ve kalıptaki gazın geçirgenliğinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Kalıp içinde mevcut nem ve geçirgenliğin düşük olması buhar şeklindeki nemin parçada boşluk bırakmasına sebep olmaktadır.

Kalıbın havasının istenildiği gibi alınmaması, maçaların ıslak olması ve hava barındırması, ergiyen metalin sıcaklığının fazla veya az olması, hazırlanan derece içindeki kalıbın fazla miktarda sıkıştırılması, kalıp kapatılırken sıcak olması, kalıp içerisine konulan maçanın sıcak olması, derecelerde traverslerin, kancaların ve firketelerin kalıbın üst kısmına fazla yakın olması, besleyici, çıkıcı ve gidici boyutunun yeterli olmaması, kimyasal bileşiminin ayarlanamaması, kullanılan potaların içinin nemli olması ve kalıp akışkanlığının yüksek veya düşük olması gaz boşluklarının oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 2.31) (Davis, 1998).

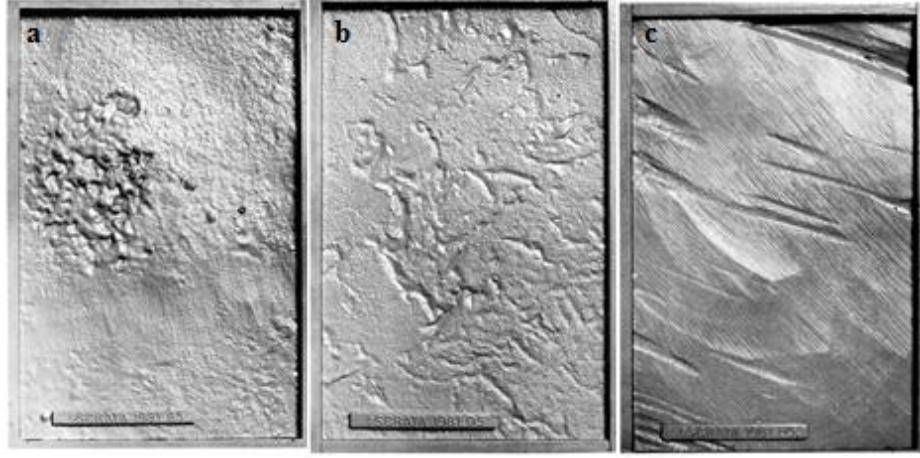


Şekil 2.31. Yoğunluklarına göre gaz boşlukları (Anonymous, 1998a).

Ergiyen metalin kalıba girmesiyle birlikte kum aşınması neticesinde kopma meydana gelmekte bu da kopma ve sürüklenmelere yol açmaktadır. Bu hataya, dökülen parçanın geometrisinin girintili çıkıntılı olması, tasarım aşamasında yolluk ve besleyici seçiminin yanlış yapılması, kalıbı oluşturan kumun dayanıksız ve nem miktarının fazla olması, maça kumunu oluşturmak için kullanılan bağlayıcı maddelerin yetersiz olması, maçanın fırında çok bekletilmesi, maçanın gazları geçirememesi, nemin yeterince alınmaması, ergiyik metalin döküm sıcaklığının yüksek olması ve dökümün hızlı ve yukarıdan gerçekleştirilmesi olayları yol açmaktadır.

Uygulamalarda sıkça karşılaşılan ve ergiyik metal nedeniyle yerlerinden ayrılan kum tanelerinin başka bölgelere hareket etmesiyle kum düşmesi hatası meydana gelmektedir. Ergiyen metal içerisinde bu kum kalıntıları çözünemediğinden kum tanecikleri üst kısımlarda yüzmektedir. Kum tanecikleri döküm yüzeyinde sıkışabilmektedir ve bu kalıntılar ancak talaşlı imalat sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Ergiyen metalin kalıp içerisini istenilen oranda doldurmaması neticesinde eksik kalmalar oluşmaktadır. Eksik kalma hatasına, ergiyik akıcılığındaki yetersizlik, az olan döküm sıcaklığı, kalıbın yavaş doldurulması, kalıp yapımında kullanılan kumun geçirgenliğinin düşük olması ve dökülen parçanın geometrik şekli neden olmaktadır (Şekil 2.32) (Davis, 1998).



Şekil 2.32. Metalik olmayan kalıntılar (a), erime süreksizliği (b) ve mekanik hasarlar (c) (Anonymous, 1998a)

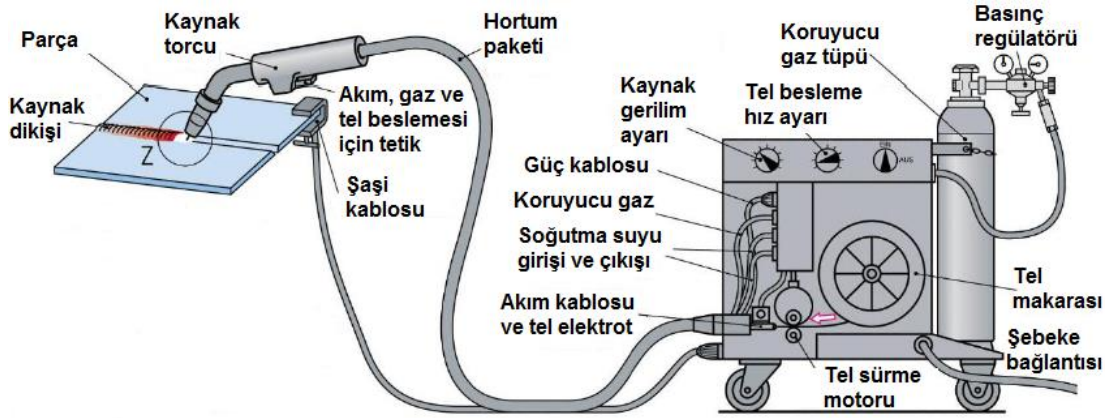
2.8. Kaynak Yöntemi

Bir üretim şekli olan kaynak yönteminde malzemeler birbirleri ile birleştirilmektedir. Uygulamalarda birleştirilmek istenen parçalar yüksek derecelere kadar ısıtılmakta ve parçalar sıvı hale geçtikten sonra dolgu malzemesi yardımıyla veya dolgu malzemesiz birleştirme gerçekleştirilmektedir.

Kaynaklı üretim pratikte açık hava, kapalı ortam, su altı ve diğer bir çok mekanda yapılabilmektedir. Günümüz endüstrisinde elektrik ark kaynağı, gazaltı kaynağı, oksî-asetilen kaynağı, elektrik direnç kaynağı, tozaltı kaynağı olmak üzere çeşitli kaynak yöntemleri bulunmaktadır.

Kaynaklı imalat uygulamalarında iş güvenliği bakımından aleve, duman zehirlenmelerine, ortaya çıkan zararlı ışınlara, cüruf oluşan uygulamalarda cüruf sıçramalarına ve sıcak iş parçalarına karşı maske ve eldiven kullanımı, havalandırma gibi gerekli güvenlik önlemleri alınması gerekmektedir (Jenney ve O'Brien, 1993).

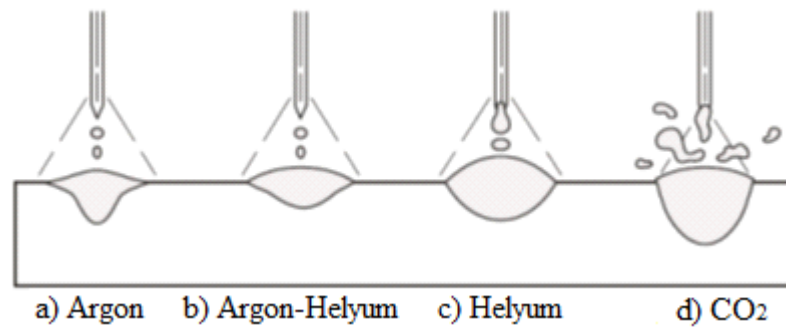
Gazaltı kaynağında ergime için gereken ısı gazaltı telinin oluşturduğu arkın yol açtığı direnç ısınmasıyla oluşmaktadır. Ergime bölgesinde oluşan kaynak banyosuna sürekli devamı gelen tel yardımıyla dolgu metali ilavesi yapılmaktadır (Şekil 2.33).



Şekil 2.33. Gazaltı kaynak makinesini oluşturan elemanlar

Kullanılan tel çıplak olmakla birlikte örtüsüz veya örtülü kaynak dolgusu oluşturabilmektedir. Tamir kaynakları herhangi bir kaynak yöntemiyle uygulanabilmektedir. Tamir kaynağında en sık kullanılan yöntemler örtülü elektrot kaynağı, gazaltı kaynağı, özlü tel kaynağı, tozaltı kaynağı, oksî-asetilen kaynağı, TIG kaynağı yöntemleri olmaktadır. Günümüz endüstrisinde yaygın olarak kullanılan yöntemler elektrik ark ve gazaltı kaynak yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gazaltı kaynak makinesinin torcundan kaynak bölgesine ve etrafındaki bölgelere gaz verilerek kaynak banyosu atmosferden ve ortamdan gelen kirlenmelere karşı korunmaktadır. Kullanılan gazın türüne göre metal inert gaz (MIG) ve metal aktif gaz (MAG) olarak değişiklik göstermektedir. İnert gaz yönteminde Argon ve Helyum gibi diğer ortamlarla etkileşime girmeyen soy gazlar kullanılırken, aktif gaz yönteminde karbondioksit gibi ortamla reaksiyona giren gazlar kullanılmaktadır. Aktif gaz yönteminin derinliğine nüfuziyeti fazla iken, inert gaz yönteminde yanlara doğru nüfuziyet daha fazla olmaktadır (Şekil 2.34) (Weman, 2012).



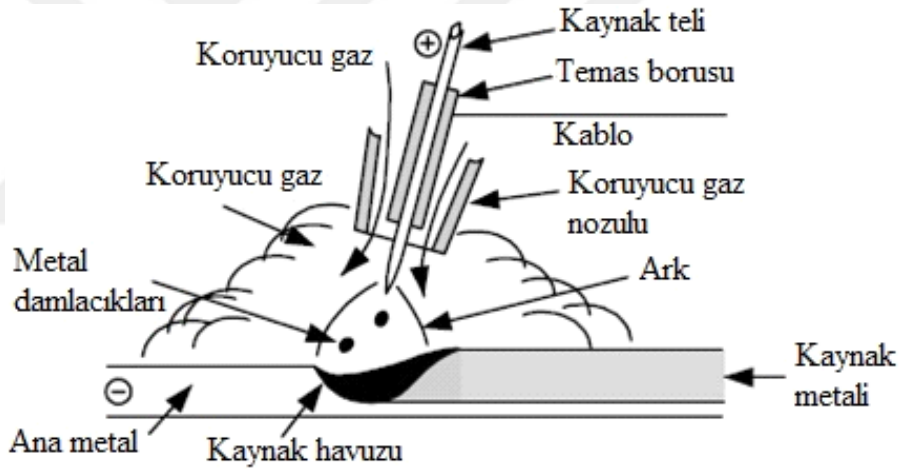
Şekil 2.34. Çeşitli koruyucu gazların dikişin şekline ve nüfuziyete etkisi (Oğuz, 1993)

Piyasaya sürülen MIG ve MAG kaynak tellerinin çapları 0.6 - 0.8 - 1.0 - 1.2 - 1.6 - 2.0 - 2.4 ve 3.2 mm şeklinde değişiklik göstermektedir. Üretilen kaynak telleri makaralara sarılmaktadır.

Gazaltı kaynağında, ergiyen kaynak teli ve ergiyen ana metal kaynak dikişini oluşturmaktadır. Arkın gücü, ergiyen kaynak teli oranı ve ana metalin özelliklerine bağlı olarak dikişin biçim ve boyutları belirlemektedir (Weman C., 2003).

Gazaltı kaynağı sıkça elektrot değiştirmek gibi bir zorunluluğu olmadığı için diğer kaynak yöntemlerine göre daha hızlı bir yöntem olmaktadır.

Cüruf oluşturmayan tel kullanımında her bir kaynak pasosu için temizliğe gerek olmamaktadır ve dolayısıyla kaynak banyosunda cüruf kalması gibi bir durum gerçekleşmeyeceğinden kalitesi yüksek olan kaynaklar meydana gelmektedir (Şekil 2.35) (Wahab, 2014).



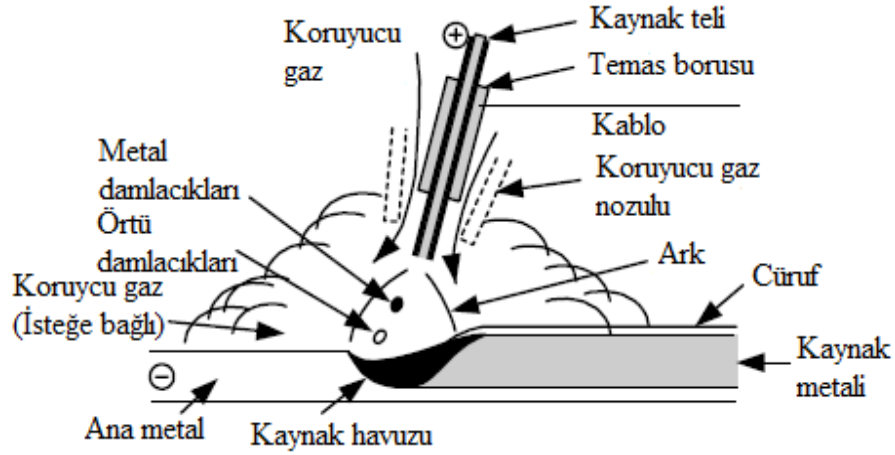
Şekil 2.35. Çıplak tel ile gazaltı ark kaynağı (Wahab, 2014)

Gazaltı kaynak yönteminde kullanılan tellerin çapının küçük olması sebebiyle daha fazla akım değerine dolayısıyla daha fazla metal yığılma hızı meydana gelmektedir.

Kaynak makineleri yarı otomatik veya otomatik özelliklere sahip olabilmektedir.

Gazaltı kaynak makinelerini oluşturan parçaların pahalı, karmaşık ve makinelerin ağırlığının fazla olması, torcun her pozisyon için kaynağa uygun olmaması gibi nedenlerle uygulamalarda zorluklar yaşanmaktadır.

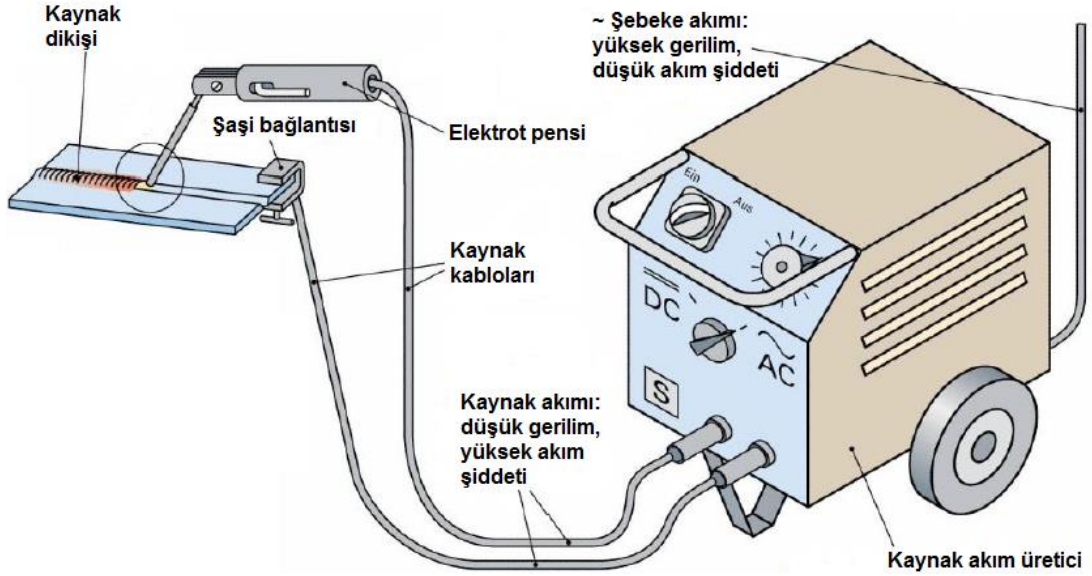
Uygulamalarda örtü oluşturan tellerin kullanılması, atmosferden kaynak banyosu içerisine istenmeyen oluşumların girmesini engellemekte ve meydana gelen cüruf tabakası soğuma hızını yavaşlatarak çatlak meydana gelme riskini azaltmaktadır (Şekil 2.36) (Weman C., 2003).



Şekil 2.36. Örtülü tel ile gazaltı ark kaynağı (Wahab, 2014)

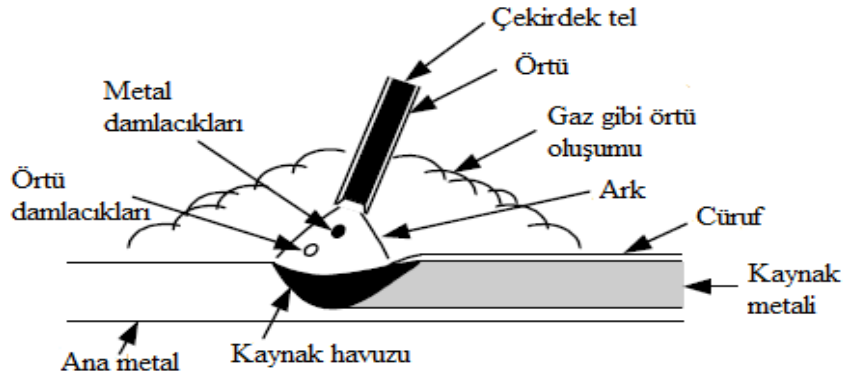
Açık alanlarda gazaltı kaynağı uygulamalarında kaynak makinesi torcu ile ana metal arasında oluşan arkın hava akımından korunması gerekmektedir. Bu da pratik uygulamalarda gazaltı kaynak yöntemi için dezavantaj oluşturmaktadır (Wahab, 2014).

Günümüz uygulamalarında örtülü elektrotlar en fazla kullanılan elektrotlar olmaktadır. Elektrot bir çekirdek tel ile üzerine kaplanan örtüden meydana gelmektedir. Elektrot çıplak kısmından penseye takılarak kaynak işlemine geçilmektedir (Şekil 2.37).



Şekil 2.37. Elektrik ark kaynak makinesini oluşturan elemanlar

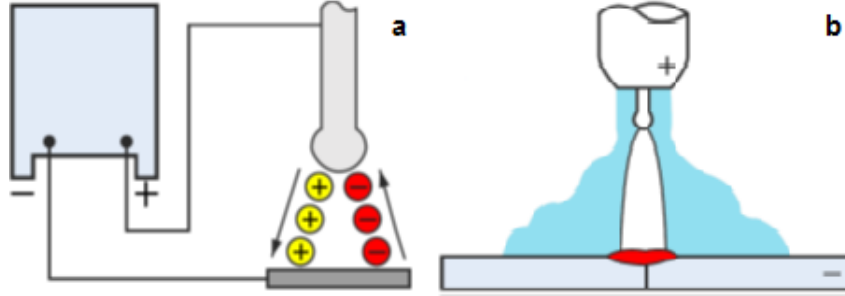
Elektrik ark kaynağında kaynak yapılacak malzeme ile kullanılan elektrot arasında bir ark oluşturularak elektrotta bulunan örtü yardımıyla kaynak banyosunun atmosfer ile bağlantısı kesilmektedir. Kaynak örtüleri arkı atmosferden korumak ve kaynak banyosuna alaşım ilavesi yapmak amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 2.38) (Wahab, 2014).



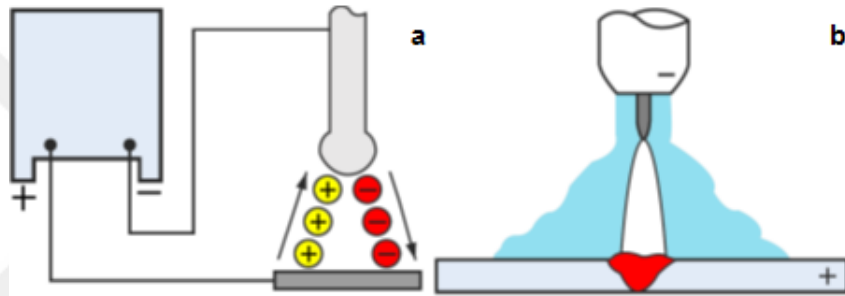
Şekil 2.38. Elektrik ark kaynağının şematik gösterimi (Wahab, 2014)

Kaynak pasosu üzerinde oluşan örtü cüruf meydana getirmekte ve meydana gelen bu cüruflar çekiç ve fırça yardımıyla ortamdan uzaklaştırılmaktadır (Anonymous, 1998b).

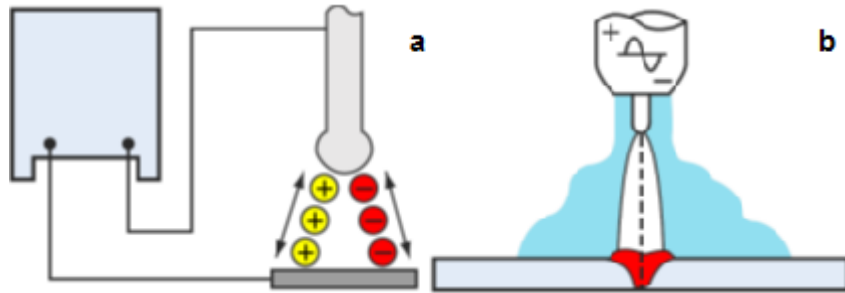
Elektrik ark kaynağı yönteminde parçanın ve kaynak makinesinin pozitif (+) ya da negatif (-) kutuplanmasına göre kaynak banyosunun oluşturduğu dolgu metali yüksekliği, genişliği ve nüfuziyeti değişiklik göstermektedir (Şekil 2.39-2.40-2.41).



Şekil 2.39. Elektrik ark kaynağında doğru akım elektrot pozitif (Ters kutuplama)



Şekil 2.40. Elektrik ark kaynağında doğru akım elektrot negatif (Düz kutuplama)



Şekil 2.41. Elektrik ark kaynağında alternatif akım

Açık ve kapalı alanlarda elektrik ark kaynağı kullanılmaktadır. Kaynak elektrodunun ulaştığı tüm pozisyonlarda kaynak yapılabilir. Bu bakımdan elektrot ile kaynak dar alanlarda kaynak yapabilmek için kolaylık sağlamaktadır. Elektrik ark kaynak makinesini oluşturan parçalar hafif olduğu için makine her yere taşınabilmekte dolayısıyla her yerde kaynak yapılabilir.

Bu yöntemin en büyük olumsuzluğu uzun kaynak uygulamalarında sık sık elektrot değiştirmek zorunda kalmaktır. Kaynak yüzeyinde cüruf oluşması ve sonrasında düzgün kaynak dikişi için cürufun tamamen temizlenmek zorunda olması, ark değerinin fazla yüksek olmaması dolayısıyla dolgu yığma veriminin ve hızının düşük olması diğer olumsuzluklar olmaktadır (Wahab, 2014).

Elektrot ark kaynağında değişen elektrot çapına göre amper ayrı yapılmaktadır. Uygulamalarda kök pasoya düşük amperde kaynak yapılırken paso sayısı arttıkça amper arttırılmaktadır (Çizelge 2.2) (Anonymous, 2012).

Çizelge 2.2. Elektrik ark kaynak yönteminde elektrot çapına göre amper seçimi (Anonymous, 2012)

Elektrot Çapı (mm)	Çıplak Elektrot (Amper)	Örtülü Elektrot (Amper)
2.5	50-70	50-70
3	70-100	70-100
4	100-140	100-140
5	140-175	140-175

Kaynaklı imalat yöntemi pratik uygulamalarda kullanım nedenine göre dolgu kaynağı ve birleştirme kaynağı olarak ikiye ayrılmaktadır.

İki veya daha fazla malzemeyi ayrılmayacak şekilde bir araya getirmeye birleştirme kaynağı denilmektedir.

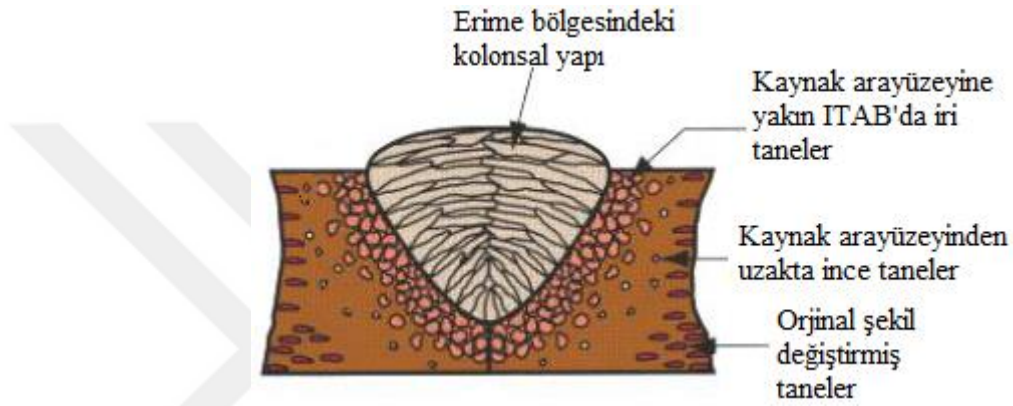
Üretim neticesinde eksik kalan kısımları tamamlamak ya da mevcut durumu fazlaştırmak amacıyla yapılan ve özel bir yöntem olan kaynak işlemleri dolgu kaynağı olarak adlandırılmaktadır. Dolgu kaynağı yüzey sertliğini arttırmak veya malzemeyi atmosferin olumsuz şartlarından korumak amacıyla da yapılabilmektedir (Larry ve Harold, 1993).

2.8.1. Kaynak hataları

Gerçekleştirilen her bir paso kaynağının mümkün olduğunca hatasız olması amaçlanmaktadır. Bu üretici firma için de kullanıcı firma içinde olmazsa olmaz koşullardan biri sayılmaktadır. Oluşan uygunsuzluklar dikişinin saflığını bozarak dayanımı düşürmektedir. Hatalar genellikle ana metal ve ilave dolgu metalinin uygun seçilmemesi nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Kaynak öncesinde hazırlıkların iyi

yapılmaması, uygun kaynak ağızı açılmaması, uygun kaynak yönteminin tercih edilmemesi ve kaynakçıların kaynak pratiğinin yeterli olmaması da hatalara neden olmaktadır (Larry ve Harold, 1993).

Kaynaklı imalatta aynı döküm yönteminde olduğu gibi boşluklar ve tane yapılarında meydana gelen katılaşma hataları meydana gelmektedir. Meydana gelen bu hataları ortadan kaldırmak ve tamir etmek için özel bir kaynak yöntemi olan tamir kaynağına başvurulmaktadır (Şekil 2.42).

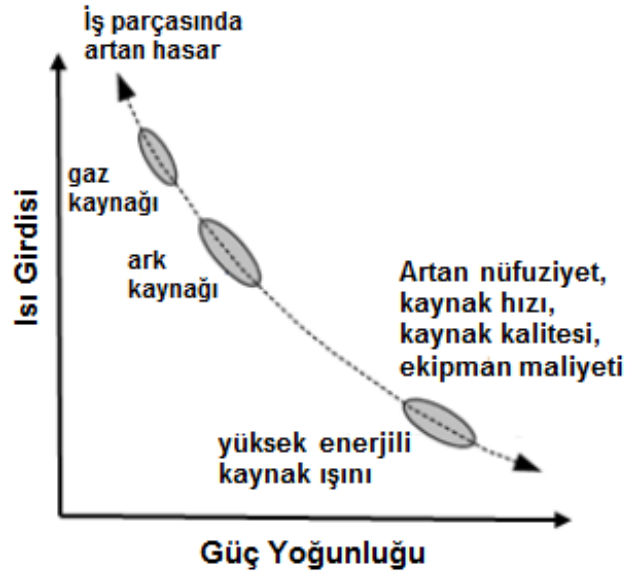


Şekil 2.42. Bir eritme kaynağında tane yapısı ve meydana gelen değişik bölgeler (Groove, 2010)

Ana kaynak metalinde meydana gelen çatlaklar özellikle yüksek alaşımlı ve karbonlu çeliklerde görülmektedir. Isı etkisinde kalan bölgede kaynak işlemi sonrasında sertleşme meydana gelmekte ve bu da çatlaklar meydana getirmektedir.

Soğumanın gerçekleşme hızı, kaynak yapılacak malzemenin kimyasal bileşimi, soğuma sırasında oluşan gerilmeler çatlaklara neden olabilmektedir.

Çatlakların oluşmasını engellemek amacıyla kaynak öncesinde ve sonrasında kaynak yapılacak malzemelere ön ısıtma uygulanması, akımın arttırılması, kaynak işleminin yavaş ve geniş pasolar şeklinde uygulanarak ana metale uygulanan ısının yükseltilmesi, uygulanan ısının malzemeye yavaş bir şekilde dağılmasının sağlanması gerekmektedir (Şekil 2.43) (Kou, S., 2003).



Şekil 2.43. Uygulanan güç ile birlikte ısı girdisinin malzemeye etkisi (Kou, S., 2003)

Gözenek oluşumu elektrik ark ve gazaltı kaynağında en yaygın hata olarak karşımıza çıkmaktadır. Gözenekler kaynak dikişinin mukavemetini azaltmakta ve kaynak dikişinde gerilmelere neden olmaktadır.

Genel olarak gözenekler, ana metal ve dolgu metali arasındaki uyumsuzluk, gaz korumasının yeterli olmaması ve doğru gazın kullanılmaması, ana metalin ve kullanılan dolgu metalinin kirli ve nemli olması, torç açısının ayarlanamaması, serbest tel uzunluğunun fazla olması, gazaltı torç nozulunun çapaklarla tıkanması, kaynak voltajının çok yüksek veya düşük olması nedeniyle ortaya çıkmaktadır.

Sıçrantılar, kaynak işlemi esnasında değişik nedenlerle meydana gelen ufak boyutlu metal taneciklerinin etrafa dağılmasıyla oluşmaktadır. Oluşan bu kabarcıkların gerek ana metalden gerekse kaynak dikişinden temizlenmesi gerekmektedir. Ortaya çıkan sıçrantılar kötü bir görüntünün oluşmasına neden olduğu gibi gereğinden fazla elektrot harcanmasına yol açmaktadır. Uygulamalarda karbondioksit kullanımı daha fazla sıçrantıya neden olmaktadır. Sıçrantı dayanım bakımından herhangi bir olumsuzluğa neden olmamaktadır. Kaynak dikişinde ve ana metalde meydana gelen sıçrantıyı ortadan kaldırmak için spiral taş, keski veya kaynak fırçası kullanılması gerekmektedir. Bu da fazla zaman harcanmasına neden olarak işçilik maliyetini arttırmaktadır (Wahab, 2014).

Erimenin tüm paso boyunca gerçekleşmemesi sonucunda nüfuziyet yetersizliği meydana gelmektedir. Nüfuziyet yetersizliği çentik ve oyuklara neden

olmakta bu da dayanımı düşürmektedir. Uygun elektrot çapının kullanılmaması, akım geriliminin uygun olmaması, kaynak ağzının doğru bir şekilde açılmaması ve ilk pasonun kötü bir biçimde gerçekleştirilmesi nüfuziyet yetersizliğine neden olmaktadır (Larry ve Harold, 1993).

Tamir kaynağı, çelik yapıların üretimi sırasında ve sonrasında oluşan hataları gidermek için yapılan kaynak işlemi veya lokal olarak aşınan kısımların doldurulmasında kullanılan dolgu kaynağı işlemi olarak yapılmaktadır.

Kaynaklı birleştirmelerdeki hatalardan dolayı gerçekleşen işletme dışı planlanamayan zamanın elden geldiğince az sürede tutulması ve tamir işleminden sonra sistemin daha önceki performansı kazanıp işletme ömrünün uzaması ile fabrikaların ekonomik olarak büyük miktarda tasarruf etmesi sağlanmaktadır.

Metallerde en yaygın birleştirme yöntemi olan ergitme kaynağının kalitesini, kaynak hataları, kaynak iç gerilmeleri ve kaynak bölgesinin iç yapısı belirlemektedir.

Kaynak kalitesinin kaynak öncesi ve sonrası işlemler ya da önlemler ile kontrol altına alınması ile kaynaklı çelik yapıların ani kırılma eğilimini azaltmak mümkün olmaktadır. Her şeyden önce, kaynak bölgesi ve ITAB bölgesinde meydana gelen yüksek sıcaklıkların ardından hızlı soğumalar malzemede önemli sertlikler ve iç gerilmelere neden olmaktadır. Bu durum kısmen ısıl işlemlerle giderilebilirse de tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. Bu nedenle, imalat sırasında ya da imalat sonrası oluşan hataların giderilmesi için tamir kaynağı devreye girmektedir.

Kaynak sırasında kullanılacak ekipmanlar, kaynak işlemini uygulayacak personelin tecrübesi, kaynak işlemi gerçekleşecek parçaların şekil ve boyutları, tamir edilecek parçanın kullanılacağı yer hesap edilerek planlanmaktadır (Anonim, 2012).

Yüksek manganlı östenitik çelikler daha çok darbeye maruz kalan uygulama alanlarında kullanıldığından parçaların sertlikleri çalışma sonrası çalışma öncesi sertliklerinin iki katına kadar çıkabilmektedir. Bu özellik bu çelikleri yüksek aşınma isteyen çalışma koşullarında tercih edilme sebebi yapmaktadır.

Kazanılan sertlik ile birlikte östenitik mikroyapısının kazandırdığı tokluk parçalara yoğun darbe altında uzun süre kullanım imkanı sağlamaktadır. Ayrıca özellikle döküm sonrası ortaya çıkan gaz boşluğu ve çatlak gibi döküm kusurlarının kaynak ile tamir edilmesi sonucunda kaynak yüzeylerinde herhangi bir çatlak veya

gaz boşluğuna rastlanmaması bu parçaların uzun vadeli kullanımına katkı sağlamaktadır. Burada esas amaç parçaların hem istenilen işi yapması hem de bu işi yaparken mümkün olan en uzun süre parçaların kullanımını sağlamaktır.

Sertlik, mikroyapı ve yüzey temizliği özelliklerinden sadece bir tanesinin olması parçalar için yeterli olmamaktadır. Bu üç değişkenin optimum değerlerinin aynı zamanda parçada bulunması gerekmektedir. Çünkü parçada sadece sertlik değerinin optimum değerler arasında olması ama mikroyapının istenen koşulları sağlamaması parçalarda kullanım yerinde sertlik artışı meydana gelmemesi dolayısıyla kullanım yeri olan aşınma uygulamalarında yeterli verimin alınamayarak parçaların amacına uygun şekilde kullanılamamasına neden olmaktadır. Aynı şekilde sertlik değerinin ve mikroyapının istenen optimum özelliklere sahip olması yeterli olmamaktadır.

Yüzeyde ortaya çıkabilecek ufak bir hata bile darbenin etkisi ile büyüyerek parçaların kullanım süresini kısaltarak ekonomik olarak üretilen parçaların tercih edilebilirliğini düşürmektedir. Çünkü uygulama alanında bir malzemenin makineye monte edilmesi hem montaj olarak zaman gerektirmekte hem de üretimin durarak ekonomik olarak kayıplara yol açmasına neden olmaktadır.

Bu sebeplerle parçaların döküm, ısıl işlem, kaynak tadilatı ve en sonunda kalite kontrol aşamalarında sertlik, mikroyapı ve yüzeylerinin hatalardan arınık olma özelliklerinin sağlanması ve bu özelliklerin kontrol edilmesi önem taşımaktadır.

Uygun döküm koşulları ve ısıl işleminden sonra parçaların kaynak tadilatı da aynı diğer iki üretim prosesi gibi önem taşımaktadır. Sertlik, mikroyapı ve yüzey kusursuzluğu özellikleri yapılacak kaynak işlemine göre şekillenmektedir. Başta ekonomik nedenlerle uygun olmayan kaynak dolgu metallerinin tercih edilmesi modelleme ve kalıplamadan başlayarak tüm üretim aşamalarında verilen emeğin boşa çıkmasına neden olmaktadır.

Uygun olmayan kaynak dolgu metali kullanmak parçalar için optimum değerlerin oldukça dışında sertlik değerleri vermektedir. Aynı şekilde mikroyapısında yüksek manganlı çeliklerde aranan ince taneli östenitik yapının dışında olması hem doğrudan parçanın özelliklerini etkileyerek parçanın sertliğinin istenen değerler dışında olmasını sağlamakta hem de meydana gelen diğer fazlar parçanın kullanım alanında sertleşme özelliğini sağlamasını gerçekleştirmemekte ve

sertlikte meydana gelebilecek aşırı artış parçaların hemen deforme olmasına neden olarak aşırı yük uygulamalarında parçaların gerekli olan aşınma uygulamalarında kullanımına engel olmaktadır.

Kaynak sonrasında yüzey kusursuzluğu da bu iki faktör gibi önem taşımaktadır. Kaynak sonrasında parçalara uygulanan sıvı penetrant testi ile yüzey kontrolü yapılmakta böylece parçaların uzun vadeli kullanımı için gerekli kontrollerin yapılmasına olanak vermektedir. Herhangi bir kusura rastlanması parçaların uzun vadeli kullanımı için büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Kaynak işlemi, parçanın kaynak yapılacak kısmını ergitmeyi gerektirdiğinden, kaynak bölgesinde ve kaynak etrafında ısıdan etkilenen 450-500 C°'yi bulan ısı tesiri altındaki bölgelerde östenit kristallerinin sınırlarına karbür çökmesi meydana gelmektedir.

2.9. Değerlendirme Maliyetleri

İşletmelerde üretilen ürünleri hedeflenen özelliklerde ve ölçü aralıklarında üretmek için hesaplanan bütün muayene, ölçme ve değerlendirme maliyetleri değerlendirme maliyetleri olarak tanımlanmaktadır. Üretilen malzemenin test ve deneyleri, test ekipmanları ve ölçüm elemanlarının kalibrasyonu, muayene esnasında tüketilen malzeme, hasar gören ürün ve malzemeler ile elektrik giderleri gibi diğer faktörler değerlendirme maliyetlerini belirlemektedir.

Kalite kontrol uygulamalarında tüm parçaları kontrol etmek veya örnekleme yöntemlerinden biri tercih edilmektedir. Örnekleme yönteminde üretilen parçaların kabul edilmesi, belirli şartlarda kabul edilmesi ve reddedilmesi şeklinde hareket edilmektedir. Bu kalite kontrol aşamaları kabul muayeneleri olarak adlandırılmaktadır.

Tüm parçaların kontrol edilmesi, kontrol için geçen zaman ve diğer aşamaları içeren çeşitli testlerden oluşmaktadır. Yapılan kontroller için harcanan malzeme, hatalı malzemeleri ayıklama ve enerji maliyetleri gibi diğer giderlerde maliyet olarak yansımaktadır.

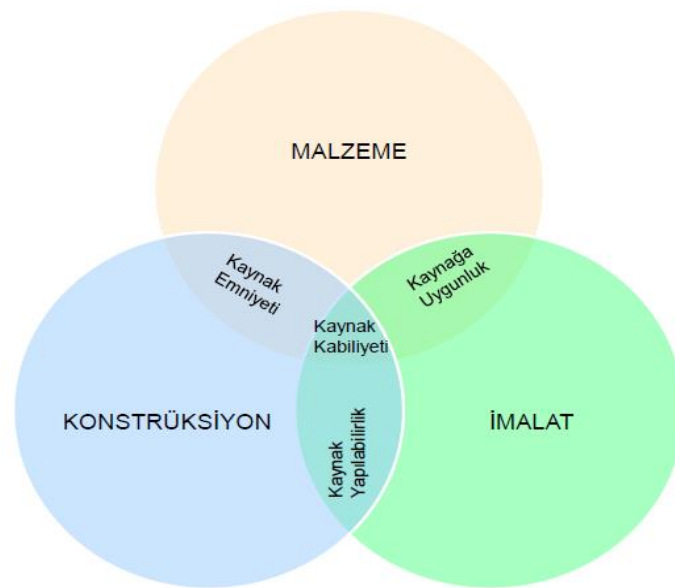
Uygunsuzluk maliyetleri, hedeflenen kalite standartlarına ulaşabilmek için gerçekleştirilen tüm kontrol ve değerlendirme işlemlerine rağmen meydana gelen uygunsuzluklarının toplam maliyeti olarak tanımlanmaktadır.

Üretilen parçalar işletmeden ayrılmadan önce belirlenen bütün uygunsuzlukların maliyeti iç hataları içermektedir. Uygunsuz üretilen parçayı tekrar üretme, kusurlu parçaların hurdaya ayrılması, talaşlı imalat gibi yeniden üretilecek parçaların üretim maliyeti, tamir işlemi için ortaya çıkan maliyet, uygunsuzlukların nedenlerini ortaya çıkarmak için gerçekleştirilen planlama aşamaları, tekrarlanan kalite kontrol muayeneleri iç hatalar olarak nitelendirilmektedir (Koç T., Demirhan O., 2007).

Müşteri ile beraber hazırlanan şartnamelerde garanti koşulları da yer almaktadır. Meydana gelen uygunsuzluklar ürünün gecikmesi nedeniyle gerek zaman olarak müşteriye zarara sokmakta gerekse kullanım yerinde parçaların ömrünü erken tamamlaması nedeniyle müşteri zarara uğrayabilmektedir. Müşteri bu gibi istenmeyen zararlardan korunabilmek için üretici firma ile birlikte garanti şartlarını belirlemektedir. Garanti şartlarından kaynaklanan ve müşteri şikayetlerini sorunların araştırılması maliyet olarak yansıtmaktadır. Bu maliyetler, dış başarısızlık maliyetleri olarak adlandırılmaktadır (Anonymous, 1998b).

Kaynak ve sert dolgu maliyetlerinin hesaplanması özellikle işverenin göz önünde bulundurduğu önemli konulardan biri olmaktadır.

Bir kaynak yönteminin seçim kriterleri parça sayısı, malzeme, yapının geometrisi, ekonomiklik, düzenek, koşullar, ulaşılabilirlik, kaynak pozisyonu olarak değişiklik göstermektedir (Şekil 2.44) (Vural, 2003).



Şekil 2.44. Bir kaynak yönteminin seçim kriterleri (Vural, 2003)

Kaynak yöntemi seçiminde göz önünde tutulması gereken noktalar, mevcut kaynak ekipmanları, kaynak operatörünün tecrübesi, kaynak yapılacak parçaların şekli ve ebatları, kaynak yapılacak parçaların bulunduğu ortam ve piyasada mevcut bulunan kaynak malzemeleri olmaktadır (Kotecki D.J., 1992).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Aynı kimyasal bileşime sahip yüksek manganlı çelik numuneler Samsun As Çelik Döküm İşleme Sanayi ve Ticaret A.Ş. işletmesinden temin edilmiştir. Üretim aşamasından sonra numunelerin istenilen mikroyapıya kavuşması için homojenleştirme tavlmasına tabi tutulmuş, ısıtılma fırınından çıkarılan parçalar suda hızlı soğumaya alınarak östenitik yapı içerisine karbürlerin çökmesi önlenmiştir. Sonraki aşamada ise numunelere dolgu kaynağı yapabilmek için taşlama makinesi ile kaynak ağzı açılmış ve benzer kimyasal bileşime sahip numuneler sanayide yaygın olarak beş farklı dolgu metali ile özel bir kaynak yöntemi olan dolgu kaynağı yöntemiyle kaynatılmıştır. Kaynak işleminden sonra parçalara sırasıyla sertlik, mikroyapı ve sıvı penetrant testleri uygulanmıştır.

3.1. Materyallerin Temini, Özellikleri ve Deneylere Hazırlanması

Numunelerin üretiminde ilk olarak hedeflenen içerikte kimyasal şarj ayarı yapılmıştır. 120X150 mm ölçülerindeki numunelerin ilk önce modeli daha sonra bu model üzerinden döküm işlemini gerçekleştirmek için beş adet kum kalıp hazırlanmıştır. Ergitme ve döküm aşamasında spektrometre ile kimyasal analiz kontrolü yapılarak dökümün istenilen bileşimde olup olmadığı kontrol edildikten sonra pota içerisindeki uygun kimyasaldaki şarj dökümü gerçekleştirilerek parçanın teknik resmine göre hazırlanan ahşap modelden oluşturulan kum kalıplara dökümü gerçekleştirilmiştir. Kum kalıplarda soğuyan numunelerin besleyici ve yollukları taşlama ile kesildikten sonra 1080 °C'ye ısıtılan fırında 2 saat beklenerek homojenleştirme tavlmasına tabi tutulmuştur. Fırından çıkarılan parçalar uygun bir mikroyapının oluşması için hızlı bir şekilde suya daldırılarak soğuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Isıl işleminden sonra parçalar kumlama cihazına konularak parçaların yüzeyinin temizlenmesi sağlanmıştır. Bu aşamadan sonra dolgu kaynağı

yapabilmek için taşlama makinesi yardımı ile numune yüzeylerine 30 mm derinliğinde 90x50 mm ölçülerinde kaynak ağzı açılmıştır. Aynı kimyasal şarja sahip numunelere sanayide yaygın olarak kullanılan beş farklı dolgu metali ile kaynak işlemi yapılmış ve sırasıyla sertlik testi, metalografik kontrol ve sıvı penetrant testleri uygulanmıştır.

3.1.1. Yüksek manganlı çelik numunelerin üretilmesi

Yüksek alaşımlı östenitik manganlı çelik numunelerin üretiminde kum kalıba döküm yöntemi uygulanmıştır. Kum kalıba döküm yönteminde üretim, potada ayarlanan uygun bileşimin kum kalıba dökülerek yüksek alaşımlı manganlı çelik bileşimine sahip parçaların ortam koşullarında kalıp içerisinde soğuması şeklinde gerçekleşmiştir. Soğuma sonrasında numunelerin kum kalıptan çıkarılarak çıkıcı ve besleyici bölgelerinin taşlama ile temizlenmesi işlemi uygulanmıştır. Taşlama işleminden sonra numuneler, ısıtma fırınına alınarak uygun sıcaklığa ısıtılıp, uygun sürede beklenerek ısıtma işlemi tabi tutulmuştur. Son olarak üretilen parçaların hedeflenen şartları taşıyıp taşımadığını kontrol etmek için parçalara kalite kontrol yapılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Yüksek manganlı çeliklerin üretim aşaması

6 tonluk 3500 KW 500 Hz Dual Trak Plus Inductotherm® ertitme ocağı ile istenen kompozisyona ait kimyasal bileşiminin pota ocağına alınması işlemi yapılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. İndüksiyon ocağına şarj edilen hurdanın ertitilmesi

Hazırlanan şarj, daldırmalı pirometre ile kontrol edilerek döküm sıcaklığı olan 1480 °C'ye kadar ısıtıldıktan sonra pota ocağına alınarak ertiyen metal kum kalıba dökülerek döküm işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Şarjın kum kalıba dökülmesi

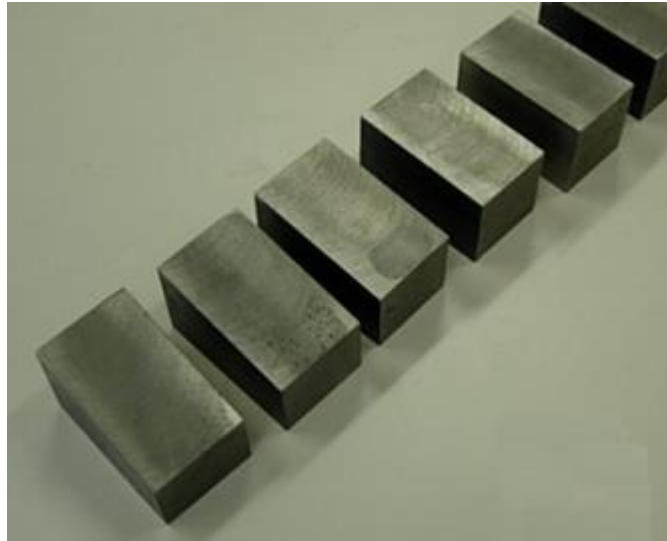
Döküm işleminden sonra numunelerin kum kalıp içerisinde soğuması beklenerek daha sonra derecelerden çıkarılmış ve kesme ile taşlama işlemine geçilmiştir (Şekil 3.4-3.5-3.6).



Şekil 3.4. Soğuma sonrası dereceden çıkartılan numuneler



Şekil 3.5. Yolluk ve besleyicilerin taşlanması



Şekil 3.6. Döküm sonrası yüzeyi temizlenen parçalar

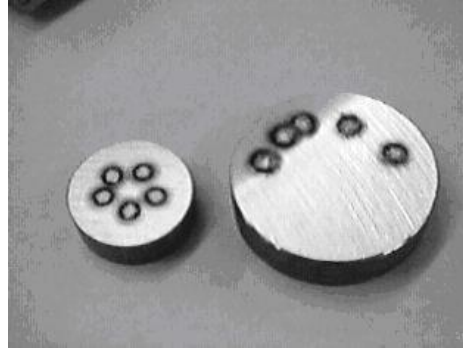
3.2. Numunelerin Spektral Analizi

İyi ve güvenilir bir spektral analiz için numune hazırlama ve analiz cihazının hazırlanması aşamaları takip edilmiştir. Spektrometre cihazında kullanılan Ar gazının yüksek saflıkça olup olmadığı kontrol edilmiştir. Numune hazırlama aşamasında döküm potasından alınan numune taşıma cihazı ile parlatılarak analize hazırlanmıştır. Numune parlatıldıktan sonra tozdan uzak tutulmuş yüzeyin elle tutulmamasına dikkat edilmiştir. Kıvılcımın meydana geldiği bölge ve kullanılan elektrot iyice temizlendikten sonra bilgisayarda ilgili numunenin ölçülmesi için gerekli program açılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Spektrometre cihazı

Numunenin birden fazla noktasından yakma yapılarak ortalama bir değer alınmıştır. Gerçekleştirilen her bir analiz için elektrotun ucu fırça ile temizlenmiştir. Dökümü gerçekleştirilen parçaların hazırlanan ocak şarjından numune alınmış ve spektrometre cihazında bu numune 5 defa yakılarak ortalama kimyasal bileşim bulunmuştur (Şekil 3.8, Çizelge 3.1).



Şekil 3.8. Spektrometrede ölçümü yapılan numuneler

Çizelge 3.1. Numunelerin kimyasal kompozisyonu

Ölçüm %	C	Mn	Cr	Si	P	Fe
1	1.24	17.57	2.12	0.63	0.029	Kalan
2	1.27	17.98	2.29	0.71	0.034	Kalan
3	1.22	17.23	2.07	0.59	0.027	Kalan
4	1.25	17.66	2.21	0.67	0.031	Kalan
5	1.26	17.82	2.24	0.69	0.032	Kalan
Ortalama	1.25	17.65	2.19	0.66	0.031	Kalan

3.3. Isıl İşlem

Yüksek manganlı östenitik çelikten üretilen numuneler ASTM A123-33 standardına göre laboratuvar tipi ısıtma fırınında 1050 °C'ye ısıtılmış ve fırında 2 saat beklendikten sonra fırından çıkarılarak soğutma için vakit kaybetmeden su içerisinde daldırılarak su verme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9-3.10).



Şekil 3.9. Döküm sonrası ısıtma fırınında ısıtma işlemi gören numune



Şekil 3.10. Isıl işlem fırınından çıkan, soğuma sonrası numune

3.4. Sertlik Testi

Numunelerin sertlik testi ASTM E18-02 standardına göre yapılmıştır. Ölçme yöntemi olarak Brinell sertlik yöntemi tercih edilmiştir.

Standart çelik bilye şeklindeki uç yardımıyla 187.5 kg.f kuvvetinde yük malzeme yüzeyine bastırılmış ve ön yükleme gerçekleştirilmiştir. Ön yükleme yapılmasının nedeni derinlik ölçülmesinde sıfır noktasının malzeme yüzeyine iyi ayarlayabilmektir. Ön yüklemekten sonra yük yüksek bir değere çıkartılıp tekrar önceki değerine indirilmiş ve ardından yükleme tekrarlanmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Sertlik ölçme test cihazı

Numunelerin yüzeyine 187.5 kg.f kuvvetinde yük 15 saniye süresince bastırıldıktan sonra sertlik cihazı üzerindeki değer Brinell cinsinden okunmuştur (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Ana metal ve beş farklı dolgu metali için ölçülen sertlik değerleri

DOLGU METALİ	TİPİ	ÇAP (mm)	SERTLİK (HB)	
			ANA METAL	DOLGU METALİ
SG 2 Alaşımsız	Gazaltı Teli	1	234	526
Rutil Örtülü	Elektrot	3.25	231	456
660 FC-O Manganlı	Gazaltı Teli	1.6	230	232
SG 312 Paslanmaz	Gazaltı Teli	1.2	225	564
Fox Kronos Ni Manganlı	Elektrot	3.2	224	228

3.5. Numunelerin Metalografik İncelemesi

Malzemelerin yapısal özelliklerinin belirlenmesi için mikroyapılarının bilinmesi gerekmektedir. Numunelerin yapısal özelliklerinin incelenmesi mikroskop yardımıyla yapılmıştır. Tanelerin dağılımı ve büyüklüğü metalografik işlemler aracılığıyla belirlenmiştir. Metalografik işlemler numune hazırlama işleminden sonra mikroskopla kontrol ve son olarak görüntünün değerlendirmesi işleminden oluşmuştur.

Yüksek manganlı östenitik çeliklerden üretilen numunelerin kontrolünde optik mikroskoptan yararlanılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Streurs ışık mikroskobu

3.5.1. Zımparalama, parlatma ve dağlama

Zımparalama işlemi portatif döner disk üzerine yerleştirilen silisyum karbür taneleri içeren zımpara kağıtları kullanılarak yapılmıştır. Bir zımparadan diğer zımparaya geçildiğinde 90 derece çevrilmiştir. Böylece bir önceki zımparalama izlerine dik doğrultuda zımparalanmıştır. Numune üzerinde oluşan çizikler ve deformasyonlar ortadan kalkana kadar uygulama yapılmıştır. Sırasıyla 60, 120, 180, 220, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200 numaralı zımparalar kullanılmıştır.

Numune hazırlama işleminde zımparalama – parlatma – dağlama takip edilmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Dağlayıcı, zımpara ve parlatıcı(zımparalama)

Zımparalama işleminde zımparanın uygulandığı yöne dikkat edilmiştir. Aynı yönde zımparalama yapılarak numune yüzeyinde homojen bir dağılım sağlanmıştır.

Dört değişik boyuta sahip zımpara ile işlem yapılmış ve her seferinde zımparaların çapları küçülmüştür. Bu sayede yüzeyde oluşan çizikler giderilmiştir (şekil 3.14).



şekil 3.14. Numunelerin metalografik kontrolü

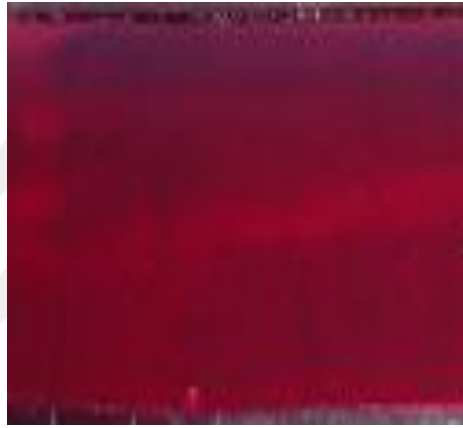
Zımparalama işleminden sonra numuneler yıkanarak kurulanmıştır. Daha sonra parlatma işlemlerine geçilmiş önce kaba daha sonra ince parlatma yapılmıştır. Kaba parlatmada alümina, ince parlatmada elmas pasta kullanılmıştır. Parlatma işlemlerinden sonra numune tekrar suyla yıkanarak sıcak havada kurutulmuştur. Parlatma işleminde yüksek manganlı östenitik numune % 4 nital zeltisine daldırılarak 5 saniye beklenerek dağlanmıştır. Dağlama sonunda da numuneler alkolle yıkanıp sıcak havada kurutularak Streurs marka ışık mikroskopunda X100 ve X400 büyütme yapılarak incelenmiş ve görüntüler fotoğraf makinesi yardımıyla fotoğraflanmıştır.

3.6. Sıvı Penetrant Testi

Yzeyeye yakın hataların ortaya çıkarılması için sıvı penetrant testi uygulanmıştır. Bu testte numunelere ilk önce penetrant daha sonra geliştirici uygulanmıştır (şekil 3.15). Muayene yapılacak numune yüzeyi temizlendikten sonra ilk önce penetrant uygulanmış ve 15 dakika boyunca penetrantın derinlere nüfus ederek varsa çatlak, gaz boşluğu gibi uygunsuzlukları yüzeyde görünür hale gelmesi amaçlanmıştır (şekil 3.16).



Şekil 3.15. Penetrant ve geliştirici sprej



Şekil 3.16. Penetrantın uygulanması

Bekleme sonrasında fazla penetrant su yardımıyla temizlendikten sonra numuneler kurutulmuştur. Sonrasında numunelerin yüzeyine geliştirici sprej sıkılarak hataların daha da görünür hale gelmesi sağlanmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Geliştiricinin Uygulanması

3.7. Kaynak İşlemi

Numunelere taşlama makinesi ile kaynak ağzı açılmış ve sonrasında dolgu kaynağı için elektrik ark ve gazaltı kaynak yöntemleri uygulanarak numuneler kaynatılmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Dolgu kaynağı için hazırlanan numuneler

Elektrik ark kaynağı yöntemi ile döküm ve ısıtılma işlemi gerçekleştirilen iki numuneye 3.25 çapında Rutil Örtülü kaynak elektrodu ve 3.2 çapında Fox Kronos Ni Manganlı elektrot yardımıyla dolgu kaynağı yapılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Numunelere dolgu kaynağı uygulanması

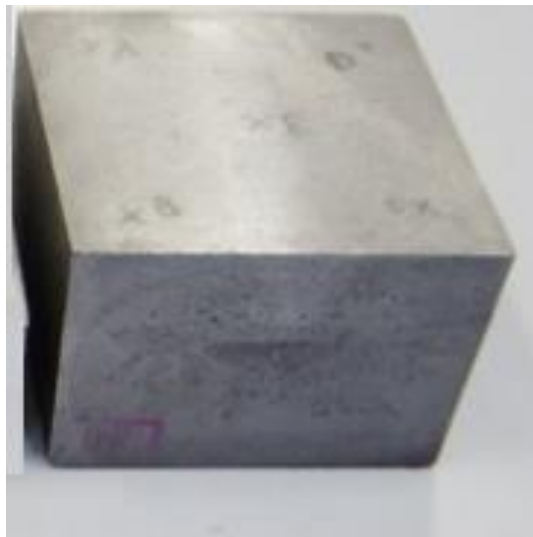
Kaynak ağzı açılan diğer üç numune gazaltı kaynak yöntemi ile kaynatılmıştır. Aynı kimyasal bileşime sahip her bir numune için 1 mm çapında SG 2

kaynak teli, 1.2 mm çapında SG 312 Paslanmaz kaynak teli ve 1.6 mm çapında 660 FC-O manganlı kaynak teli olmak üzere  farklı dolgu metali kullanılmıştır. SG 2 ve SG 312 gazaltı kaynak tellerinde % 98 Ar-% 2 CO₂ karışım gazı kullanılmıştır, 660 FC-O kaynak telinin uygulanmasında gaz koruması kullanılmamıştır.

Elektrik ark ve gazaltı kaynak yöntemi ile kaynak işlemi gerçekleştikten sonra numune yüzeyindeki fazla dolgu metali taşlama ile temizlenerek numune yüzeyi yapılacak testlere hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.20-3.21).



Şekil 3.20. Dolgu kaynağı tamamlanmış (a) ve sonrasında taşlama yapılan (b) numune



Şekil 3.21. Taşlama işlemi bitmiş numune

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yüksek manganlı östenitik çeliklerin farklı dolgu metalleri ile kaynağı sonrasında aynı kimyasal bileşime sahip beş farklı numuneye sertlik testi, mikroyapı incelemesi ve sıvı penetrant testi uygulanmış ve sonrasında bulunan sonuçlar değerlendirilmiştir.

4.1. Numunelerin Üretilmesi Sonucunda Ortaya Çıkan Bulgular

Östenitik manganlı çelik numunelerinin üretimi uygun kimyasaldaki bileşimin indüksiyon ocağında ergitilmesinden sonra döküm yolu ile gerçekleştirilmiştir. Aynı kimyasal bileşime sahip beş farklı numunenin üzerinde kaynak dolgusu yapabilmek için taşlama makinesi ile kaynak ağzı açılarak sonrasında her bir numuneye ayrı dolgu metalleri ile kaynak yapılmış kaynak dolgu metallerinin numuneler üzerindeki etkileri sertlik, mikroyapı incelemesi ve sıvı penetrant testi yapılarak ortaya çıkan değerler değerlendirilmiştir.

Kaynak öncesinde 120X150 mm ölçülerinde 5 adet numune döküldükten sonra numuneler üzerine spiral taş makinesi yardımıyla 30 mm derinliğinde 90x50 mm ölçülerinde kaynak ağzı açılmış ve numuneler kaynak pasosu yüzeye çıkacak şekilde kaynatılmıştır. Sonrasında ise yüzeye çıkan kaynak dolgusu testlerin yapılabilmesi için spiral taş makinesi ile taşlanarak fazla kaynaktan temizlenmiştir.

4.2. Numunelerin Kimyasal Analiz Sonuçları

Döküm gerçekleşmeden önce sıvı metalden örnek kimyasal numune alınmış ve alınan bu numune katılaştıktan sonra kimyasal bileşimine bakılmıştır. Kimyasal analiz sonrasında bulunan sonuçlar kimyasal kompozisyonun optimum değerler içinde olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Numunelerin kimyasal kompozisyonu

Optimum Değerler %	C	Mn	Cr	Si	P	Fe
	1.15	16.50	1.75	0.40	-	Kalan
	1.35	18.50	2.50	0.90	0.055	Kalan
Döküm Sonucu Ort. %	1.25	17.65	2.19	0.66	0.031	Kalan

Çalışma sırasında aynı kimyasal bileşime sahip numuneler üzerine kimyasal bileşimi farklılık gösteren beş adet dolgu metali ile kaynak yapılmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Dolgu metallerinin kimyasal kompozisyonu (Gedik 2017a, b, c, d ve MTS, 2017)

DOLGU METALİ	STANDART	ÇAP (mm)	% C	Si	Mn	Cr	Ni
SG 2 Alaşımsız Gazaltı Teli	G3 Si1 (TS EN ISO 14341-A)	1	0.08	0.85	1.45	-	-
Rutil Örtülü Elektrot	E 42 0 RR 12 (TS EN ISO 2560-A)	3.25	0.07	0.3	0.5	-	-
660 FC-O Manganlı Gazaltı Teli	T Fe 9 (TS EN 14700)	1.6	0.4	0.75	15	15	-
SG 312 Paslanmaz Gazaltı Teli	G29 9 (TS EN ISO 14343-A)	1.2	0.12	0.4	1.8	30	9
Fox Kronos Ni Manganlı Elektrot	EZ Fe 9 (TS EN 14700)	3.20	0.7	0.1	13	-	2.8

4.3. Sertlik Testi Sonuçları ve Değerlendirmesi

Numunelere uygulanan sertlik testi sonucunda Brinell cinsinden değerler alınmıştır. Yüksek manganlı östenitik çelikler için optimum sertlik değerinin 200-250 HB

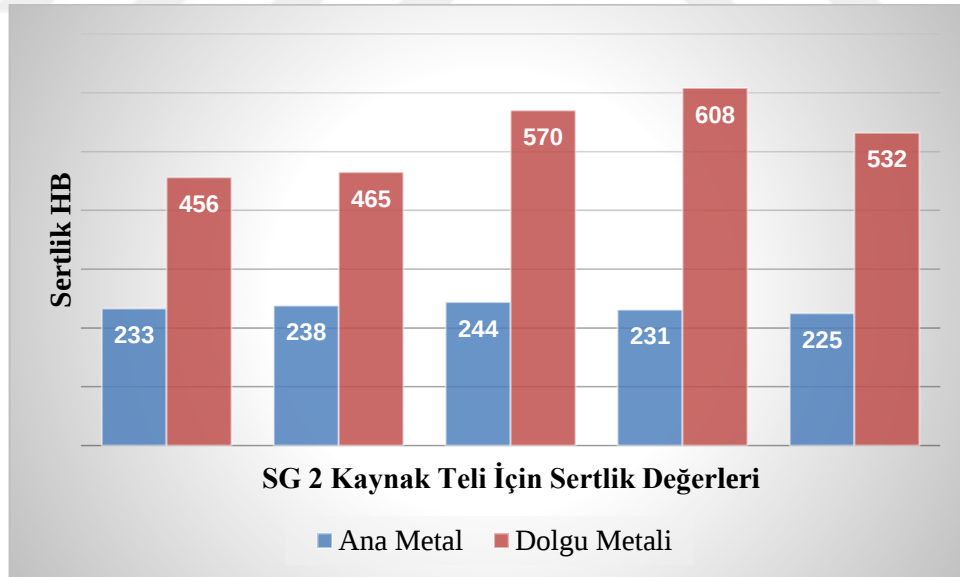
aralığında olması hedeflenmektedir. Yapılan sertlik testi sonucunda bu aralığı 660 FC-O manganlı gazaltı teli ve Fox Kronos Ni manganlı elektrodu sağlamıştır.

4.3.1. SG 2 alaşımsız gazaltı teli

Döküm sonrası numune üzerine ve dolgu kaynağı yapılabilmesi için numuneye kaynak ağzı açılarak dolgu kaynağının yapılmasından sonra kaynak bölgesine ve ana metale beşer adet sertlik testi uygulanmış, ana metal ve kaynak bölgesi için sertlik değerleri bulunmuştur (Şekil 4.1 ve Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. SG 2 kaynak teli için ana metal ve dolgu metalinden ölçülen sertlik değerleri

Sertlik HB	Ölçüm No	1	2	3	4	5
	Ana Metal	233	238	244	231	225
	Dolgu Metali	456	465	570	608	532



Şekil 4.1. Ana metal ve dolgu metali için sertlik testi değerleri

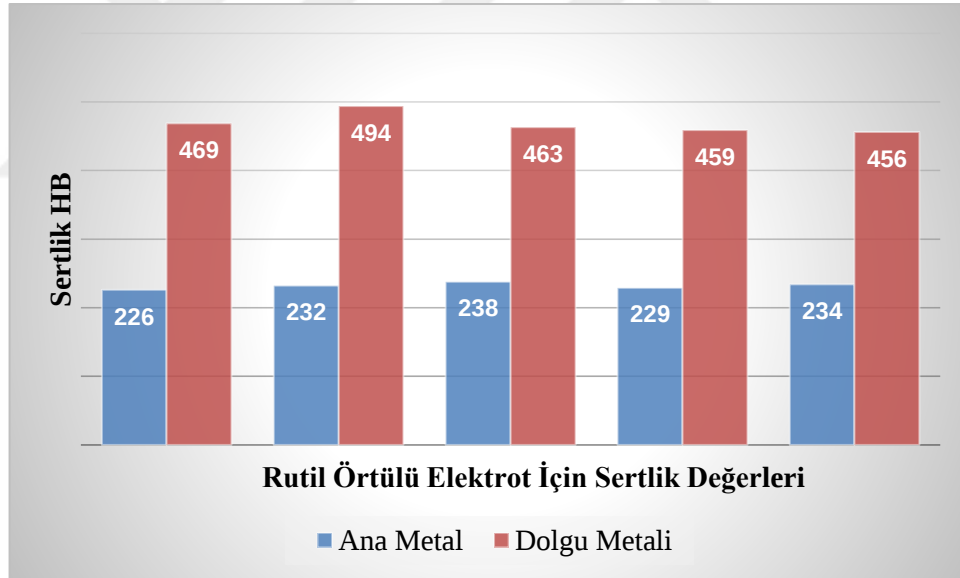
SG 2 gazaltı teli ile gerçekleştirilen kaynak işlemi sonrasında elde edilen sertlik sonuçlarına göre dolgu metali ana metalin sertliğinin oldukça üzerinde sertlik değerleri vermiştir.

4.3.2. Rutil örtülü kaynak elektrodu

Döküm sonrası numune üzerine ve dolgu kaynağı yapılabilmesi için numuneye kaynak ağzı açılarak sonrasında dolgu kaynağının yapılmasından sonra kaynak bölgesine ve ana metale beşer adet sertlik testi uygulanmış, ana metal ve kaynak bölgesi için sertlik değerleri bulunmuştur (Şekil 4.2 ve Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Rutil örtülü kaynak elektrodu için ana metal ve dolgu metalinden ölçülen sertlik değerleri

Sertlik HB	Ölçüm No	1	2	3	4	5
	Ana Metal	226	232	238	229	234
	Dolgu Metali	469	494	463	459	456



Şekil 4.2. Ana metal ve dolgu metali için sertlik testi değerleri

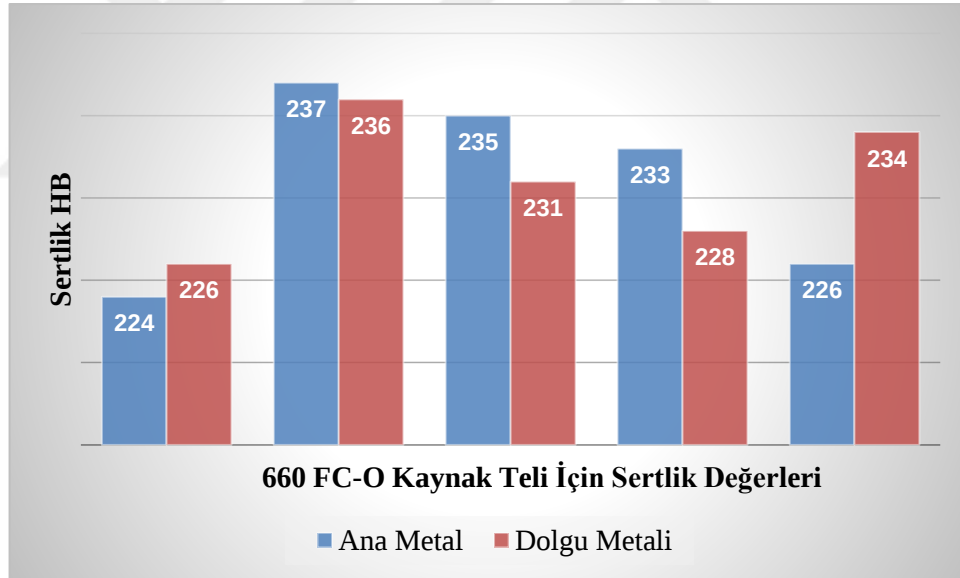
Rutil örtülü kaynak elektrodu ile gerçekleştirilen kaynak işlemi sonrasında elde edilen sertlik sonuçlarına göre dolgu metali ana metalinin sertliğinin oldukça üzerinde sertlik değerleri vermiştir.

4.3.3. 660 FC-O manganlı gazaltı teli

Döküm sonrası numune üzerine ve dolgu kaynağı yapılabilmesi için numuneye kaynak ağzı açılarak sonrasında dolgu kaynağının yapılmasından sonra kaynak bölgesine ve ana metale beşer adet sertlik testi uygulanmış, ana metal ve kaynak bölgesi için sertlik değerleri bulunmuştur (Şekil 4.3 ve Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. 660 FC-O gazaltı teli için ana metal ve dolgu metalinden ölçülen sertlik değerleri

Sertlik HB	Ölçüm No	1	2	3	4	5
	Ana Metal	237	237	235	233	226
	Dolgu Metali	236	236	231	228	234



Şekil 4.3. Ana metal ve dolgu metali için sertlik testi değerleri

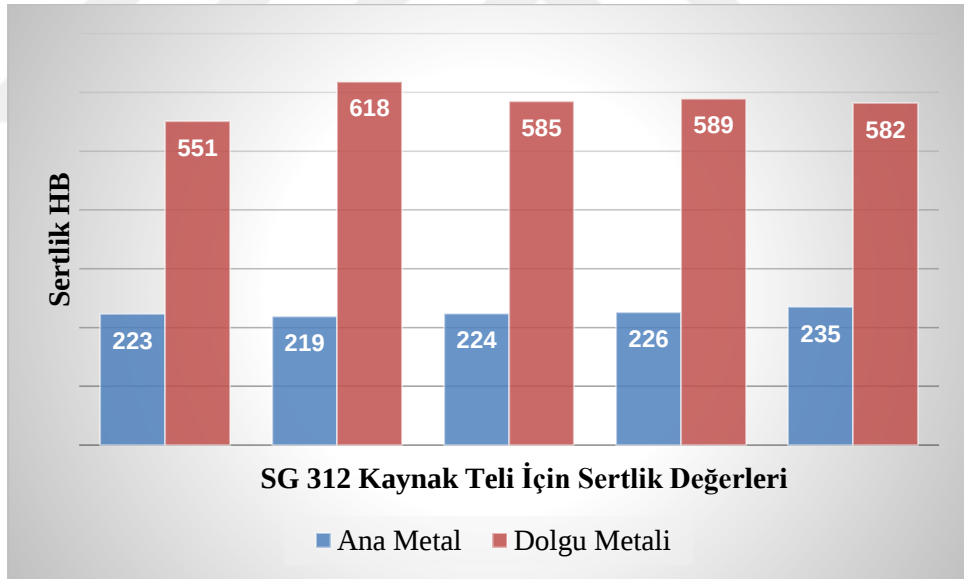
660 FC-O gazaltı kaynak teli ile gerçekleştirilen kaynak işlemi sonrasında elde edilen sertlik sonuçlarına göre dolgu metali ana metal ile benzer sertlik değerleri vermiştir.

4.3.4. SG 312 paslanmaz gazaltı teli

Döküm sonrası numune üzerine ve dolgu kaynağı yapılabilmesi için numuneye kaynak ağzı açılması sonrasında dolgu kaynağının yapılmasından sonra kaynak bölgesine ve ana metale beşer adet sertlik testi uygulanmış, ana metal ve kaynak bölgesi için sertlik değerleri bulunmuştur (Şekil 4.4. ve Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. SG 312 gazaltı teli için ana metal ve dolgu metalinden ölçülen sertlik değerleri

Sertlik HB	Ölçüm No	1	2	3	4	5
	Ana Metal	223	219	224	226	235
	Dolgu Metali	551	618	585	589	582



Şekil 4.4. Ana metal ve dolgu metali için sertlik testi değerleri

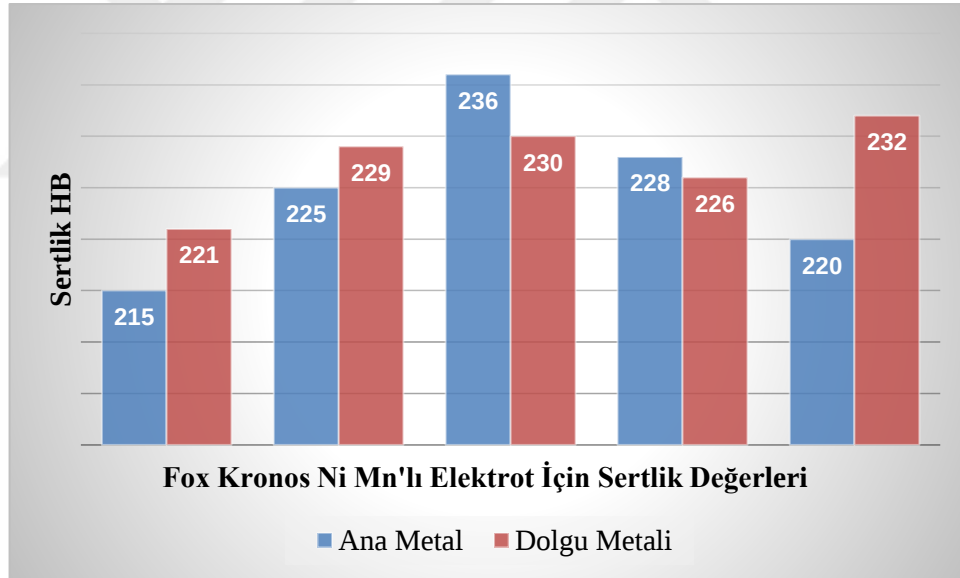
SG 312 paslanmaz gazaltı teli ile gerçekleştirilen kaynak işlemi sonrasında elde edilen sertlik sonuçlarına göre dolgu metali ana metalin oldukça üzerinde sertlik değerleri vermiştir.

4.3.5. Fox Kronos Ni manganlı elektrodu

Döküm sonrası numune üzerine ve dolgu kaynağı yapılabilmesi için numuneye kaynak ağzı açılarak sonrasında dolgu kaynağının yapılmasından sonra kaynak bölgesine ve ana metale beşer adet sertlik testi uygulanmış, ana metal ve kaynak bölgesi için sertlik değerleri bulunmuştur (Şekil 4.5 ve Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Fox Kronos Ni kaynak elektrodu için ana metal ve dolgu metalinden ölçülen sertlik değerleri

Sertlik HB	Ölçüm No	1	2	3	4	5
	Ana Metal	215	225	236	228	220
	Dolgu Metali	221	229	230	226	232



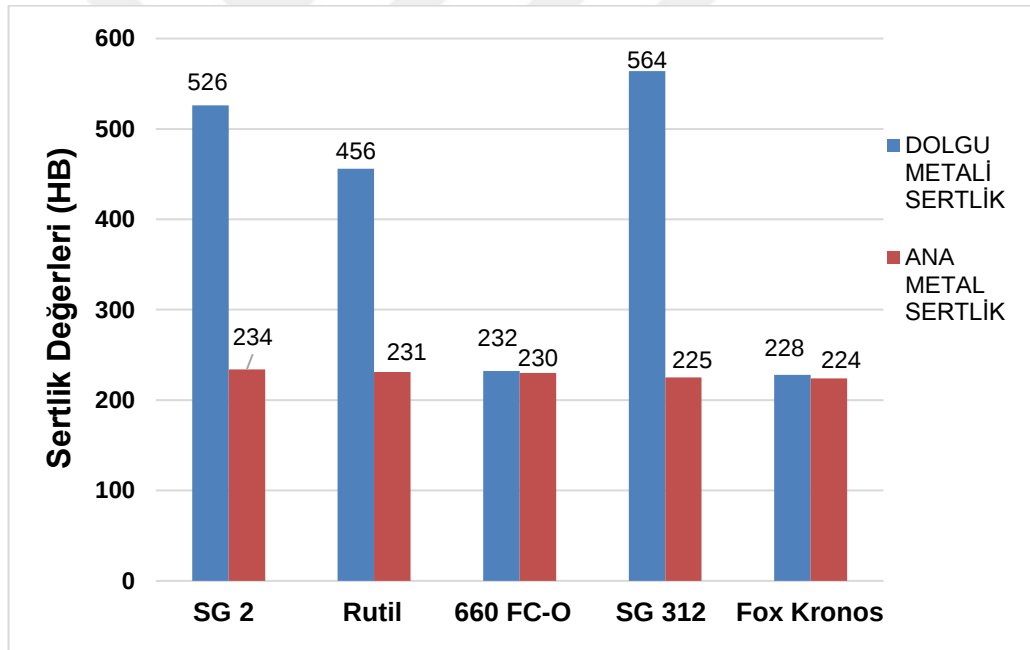
Şekil 4.5. Ana metal ve dolgu metali için sertlik değerleri

Fox Kronos Ni manganlı elektrodu ile gerçekleştirilen kaynak işlemi sonrasında elde edilen sertlik sonuçlarına göre dolgu metali ana metale benzer sertlik değerleri vermiştir.

Numunelerin hepsinde ana metalin sertlik değeri birbirine yakın sonuçlar vermekle birlikte her bir farklı dolgu metali için farklı sertlik değerleri bulunmuştur (Şekil 4.6 ve Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Beş farklı dolgu metalı için ana metal ve dolgu metalinden ölçülen ortalama sertlik değerleri

DOLGU METALİ	TİPİ	ÇAP (mm)	SERTLİK (HB)	
			ANA METAL	DOLGU METALİ
SG 2 Alaşımsız	Gazaltı Teli	1	234	526
Rutil Örtülü	Elektrot	3.25	231	456
660 FC-O Manganlı	Gazaltı Teli	1.6	230	232
SG 312 Paslanmaz	Gazaltı Teli	1.2	225	564
Fox Kronos Ni Manganlı	Elektrot	3.2	224	228



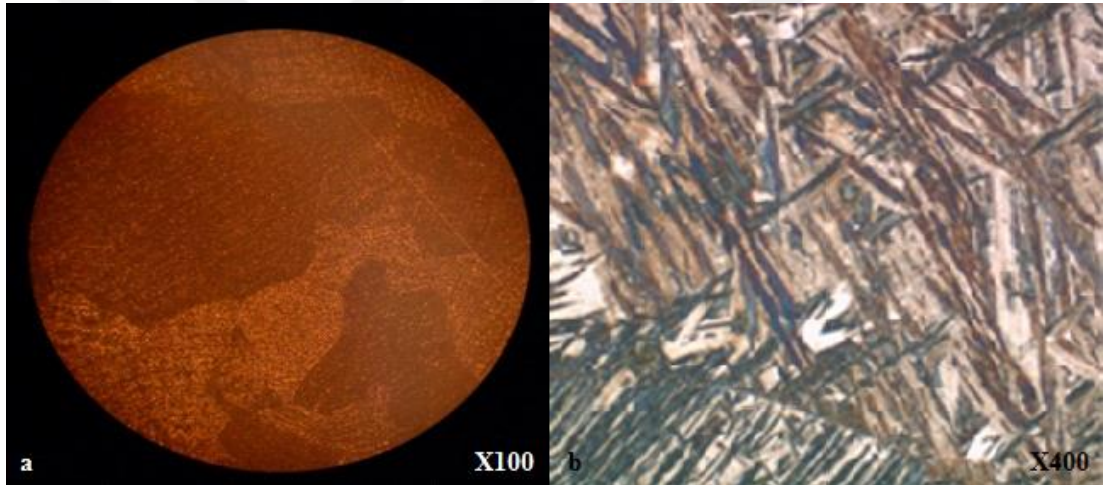
Şekil 4.6. Beş Farklı Dolgu Metalı İçin Ortalama Sertlik Değerleri (HB)

4.4. Optik Mikroskopta Mikroyapı İncelemesi

Numunelere yapılan zımparalama ve dağlama işlemlerinden sonra numunelere mikroyapı incelemesi yapılmıştır. Mikroyapısında ince taneli östenitik yapıyı oluşturan ve tane sınırlarında karbür çökeltileri oluşmamış numuneler hedeflenen mikroyapı özelliklerini sağlamıştır.

4.4.1. SG 2 alaşımsız gazaltı teli

Numuneye uygulanan dolgu kaynağından sonra metalografik kontrol için zımparalama ve dağlama aşamalarına geçilmiş ve sonrasında yapılan mikroyapı incelemesi sonucunda martenzit ve kalıntı östenitten oluşan mikroyapı görüntüsüne ulaşılmıştır (Şekil 4.7).

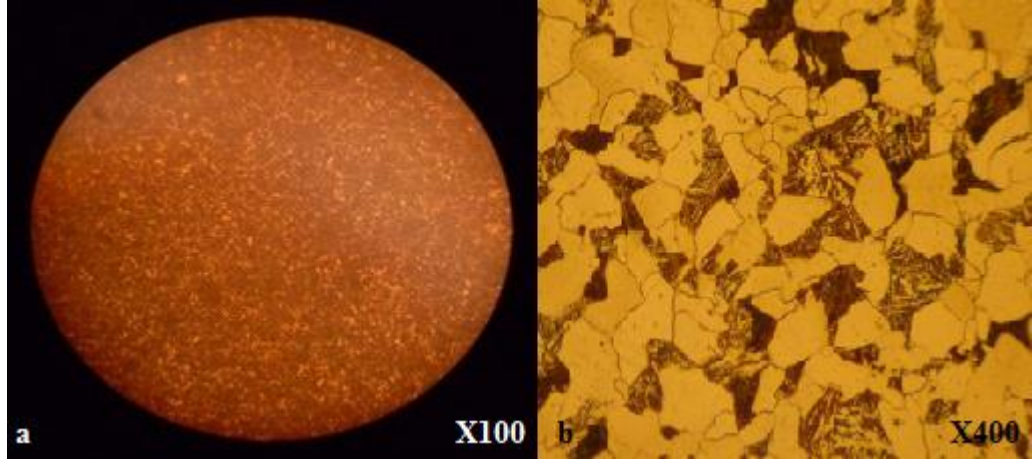


Şekil 4.7. 100 büyütme (a) ve 400 büyütmede (b) martenzit ve kalıntı östenitten oluşan mikroyapı görüntüsü

SG 2 alaşımsız gazaltı teli ile gerçekleştirilen kaynak işlemi sonucunda ince taneli östenitik mikroyapıya ulaşılammıştır.

4.4.2. Rutil örtülü kaynak elektrodu

Numuneye uygulanan dolgu kaynağından sonra metalografik kontrol için zımparalama ve dağlama aşamalarına geçilmiş ve sonrasında yapılan mikroyapı incelemesi sonucunda ferlit ve perlitten oluşan mikroyapı görüntüsüne ulaşılmıştır (Şekil 4.8).

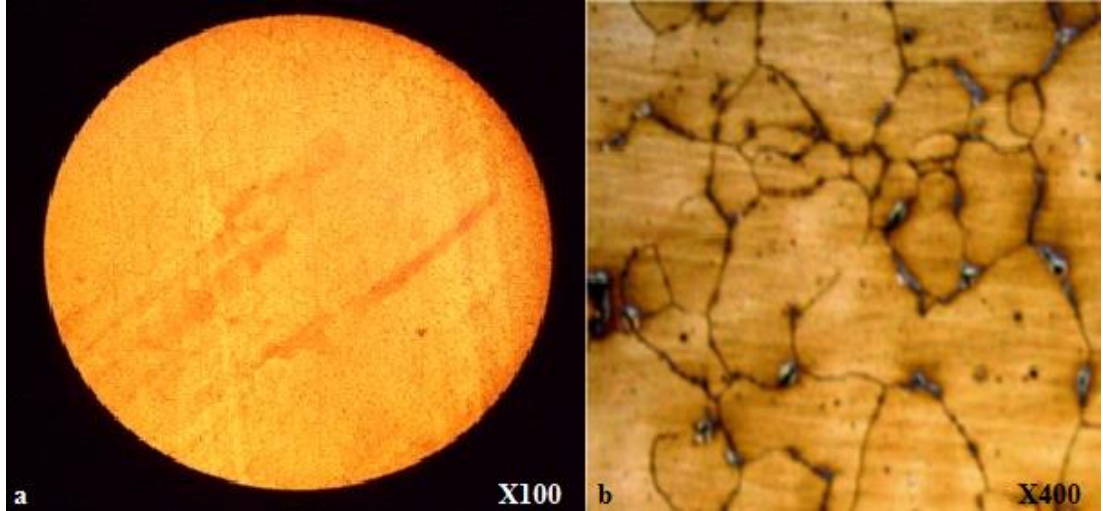


Şekil 4.8. 100 büyütme (a) ve 400 büyütmede (b) ferlit ve perlitten oluşan mikroyapı görüntüsü

Rutil örtülü elektrot ile gerçekleştirilen kaynak işlemi sonucunda ince taneli östenit mikroyapıya ulaşamamıştır.

4.4.3. 660 FC-O manganlı gazaltı teli

Numuneye uygulanan dolgu kaynağından sonra metalografik kontrol için zımparalama ve dağlama aşamalarına geçilmiş ve sonrasında mikroyapı incelemesi sonucunda östenitik mikroyapı görüntüsüne ulaşılmıştır (Şekil 4.9).

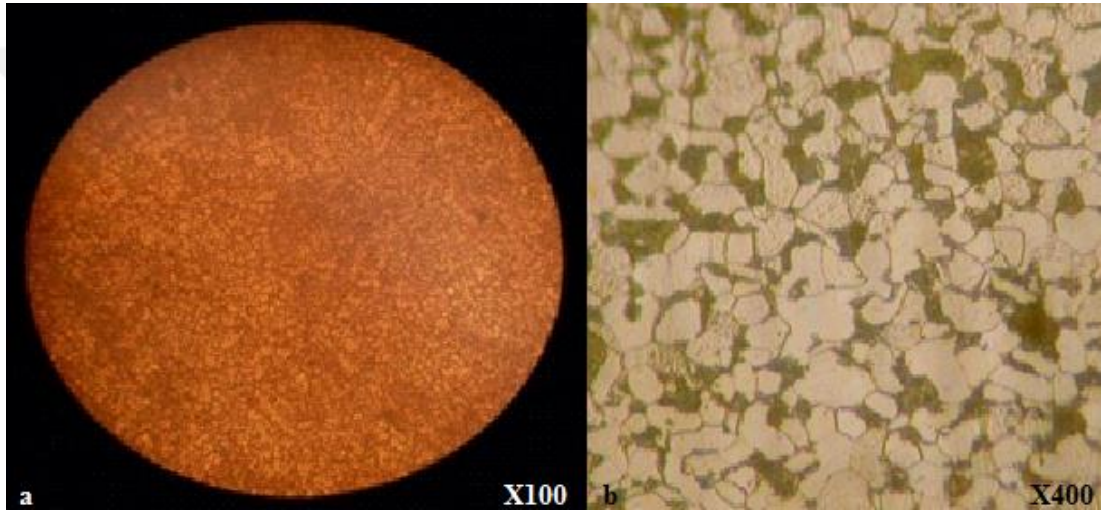


Şekil 4.9. 100 büyütme (a) ve 400 büyütmede (b) ince taneli östenitik mikroyapı görüntüsü

660 FC-O kaynak teli ile gerçekleştirilen kaynak işlemi sonucunda hedeflenen ince taneli östenitik mikroyapı oluşmuş ve tane sınırlarında istenmeyen karbür çökeltileri oluşmamıştır.

4.4.4. SG 312 paslanmaz gazaltı teli

Numuneye uygulanan dolgu kaynağından sonra metalografik kontrol için zımparalama ve dağlama aşamalarına geçilmiş ve sonrasında yapılan mikroyapı incelemesi sonucunda ferlit ve perlitten oluşan mikroyapı görüntüsüne ulaşılmıştır (Şekil 4.10).

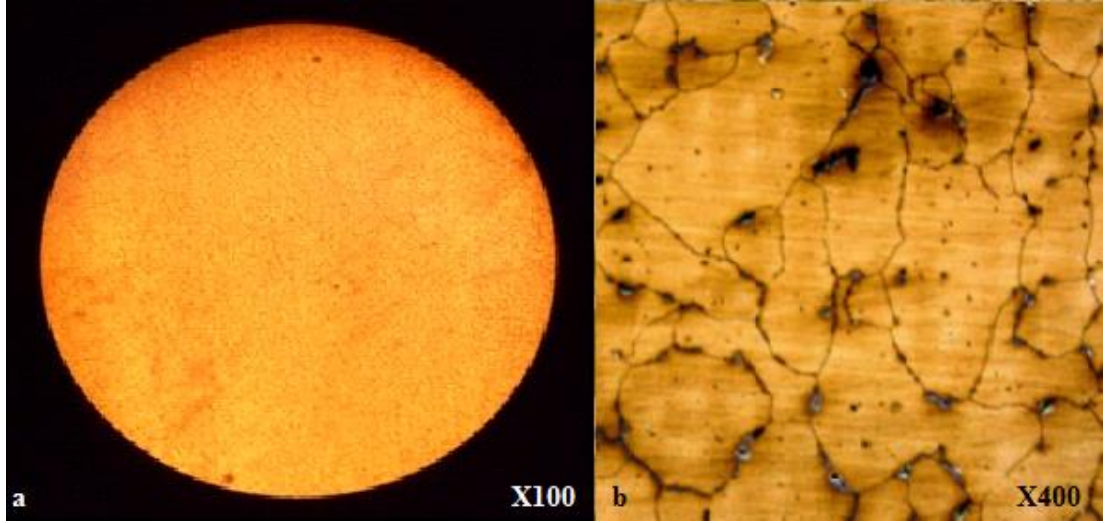


Şekil 4.10. 100 büyütme (a) ve 400 büyütmede (b) ferlit ve perlitten oluşan mikroyapı görüntüsü

SG 312 paslanmaz gazaltı teli ile gerçekleştirilen kaynak işlemi sonucunda ince taneli östenitik mikroyapıya ulaşılamamıştır.

4.4.5. Fox Kronos Ni manganlı elektrodu

Numuneye uygulanan dolgu kaynağından sonra metalografik kontrol için zımparalama ve dağlama aşamalarına geçilmiş ve sonrasında yapılan mikroyapı incelemesi sonucunda östenitik mikroyapı görüntüsüne ulaşılmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. 100 büyütme (a) ve 400 büyütmede (b) ince taneli östenitik mikroyapı görüntüsü

Fox Kronos Ni manganlı elektrodu ile gerçekleştirilen kaynak işlemi sonucunda hedeflenen ince taneli östenitik mikroyapı elde edilmiş ve tane sınırlarında istenmeyen karbür çökeltileri oluşmamıştır.

Benzer kimyasal bileşime sahip numunelere beş farklı dolgu metali ile uygulanan kaynak işlemi sonrasında farklı mikroyapılar ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Farklı dolgu metalleri ile kaynak işlemi sonrasında meydana gelen mikroyapılar

DOLGU METALİ	TİPİ	ÇAP (mm)	MİKROYAPI SONUCU
SG 2 Alaşımsız	Gazaltı Teli	1	MARTENZİT+KALINTI ÖSTENİT
Rutil Örtülü	Elektrot	3.25	FERRİT+PERLİT
660 FC-O Manganlı	Gazaltı Teli	1.6	ÖSTENİT
SG 312 Paslanmaz	Gazaltı Teli	1.2	FERRİT+PERLİT
Fox Kronos Ni Manganlı	Elektrot	3.2	ÖSTENİT

4.5. Sıvı Penetrant Testi Sonuçları ve Değerlendirmesi

Kaynak işlemi sonrasında numunelere uygulanan sıvı penetrant testi sonucunda numunelerin yüzeyinde herhangi bir çatlak, gaz boşluğu gibi uygunsuzlukları olmaması dolayısıyla numunelerin hata içermeyen yüzeylere sahip olarak optimum koşulları sağlaması amaçlanmıştır.

4.5.1. SG 2 alaşımsız gazaltı teli

Sıvı penetrant testi sonucunda SG 2 gazaltı teli ile kaynatılan numunenin yüzeyinde çatlaklara rastlanmıştır (Şekil 4.12).

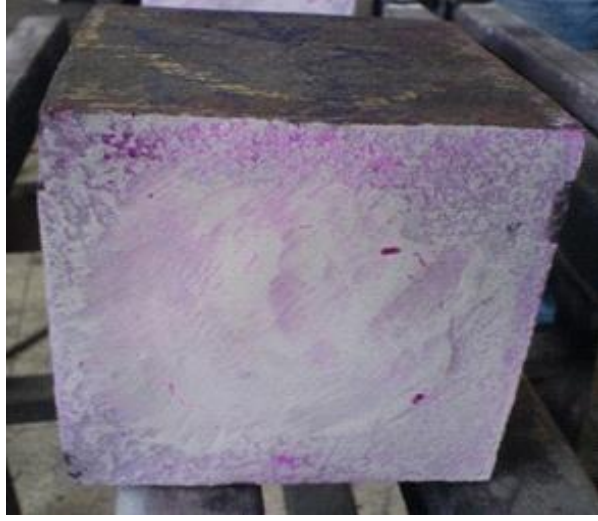


Şekil 4.12. Sıvı penetrant testi sonrasında ortaya çıkan çatlaklar

Numune yüzeyinde görülen bu çatlaklar, dolgu metali ile numunenin uyum sağlamadığını dolayısıyla dolgu metalinin hedeflenen yüzey kusursuzluğunu sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır.

4.5.2. Rutil örtülü kaynak elektrodu

Sıvı penetrant testi sonucunda rutil örtülü elektrot kaynatılan numunenin yüzeyinde gaz boşluklarına rastlanmıştır (Şekil 4.13).

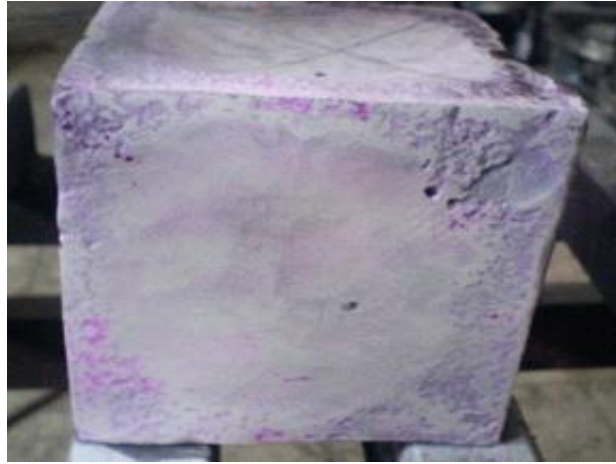


Şekil 4.13. Sıvı penetrant testi sonrasında ortaya çıkan gaz boşluğu

Numune yüzeyinde görülen bu gaz boşluğu dolgu metali ile numunenin uyum sağlamadığı dolayısıyla dolgu metalinin hedeflenen yüzey kusursuzluğunu sağlamadığı sonucunu ulaşılmıştır.

4.5.3. 660 FC-O manganlı gazaltı teli

Sıvı penetrant testi sonucunda manganlı gazaltı teli ile kaynatılan numunenin yüzeyinde herhangi bir hataya rastlanmamıştır (Şekil 4.14).

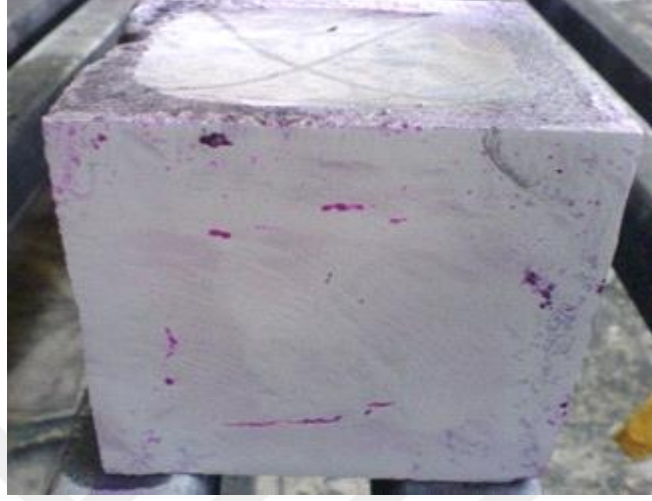


Şekil 4.14. Sıvı penetrant testi sonrasında ortaya çıkan temiz yüzey

Numune yüzeyinde herhangi bir hatanın ortaya çıkmaması dolgu metali ile numunenin uyum sağladığını dolayısıyla dolgu metalinin hedeflenen yüzey kusursuzluğunu sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

4.5.4. SG 312 paslanmaz gazaltı teli

Sıvı penetrant testi sonucunda SG 312 gazaltı teli ile kaynatılan numunenin yüzeyinde çatlaklara rastlanmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Sıvı penetrant testi sonrasında ortaya çıkan çatlaklar

Numune yüzeyinde görülen bu çatlakları dolgu metali ile numune yapısının uyum sağlamadığı dolayısıyla dolgu metalinin hedeflenen yüzey kusursuzluğunu sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır.

4.5.5. Fox Kronos Ni manganlı elektrodu

Sıvı penetrant testi sonucunda manganlı elektrot ile kaynatılan numunenin yüzeyinde herhangi bir hataya rastlanmamıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Sıvı penetrant testi sonucunda ortaya çıkan temiz yüzey

Numune yüzeyinde herhangi bir hatanın ortaya çıkmaması dolgu metali ile numune yapısının uyum sağladığını dolayısıyla istenen optimum koşul olan yüzey kusursuzluğunu sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.10. Farklı dolgu metalleri için sıvı penetrant testi sonuçları

DOLGU METALİ	TİPİ	ÇAP (mm)	TEST SONUCU
SG 2 Alaşımsız	Gazaltı Teli	1	ÇATLAK
Rutil Örtülü	Elektrot	3.25	GAZ BOŞLUĞU
660FC-O Mn lı	Gazaltı Teli	1.6	TEMİZ
SG 312 Paslanmaz	Gazaltı Teli	1.2	ÇATLAK
Fox Kronos Ni Manganlı	Elektrot	3.2	TEMİZ

5. SONUÇ

Döküm yolu ile elde edilen numunelere üretim sonrasında endüstride yaygın olarak kullanılan beş farklı dolgu metali ile kaynak yapılmış ve kaynak sonrasında numunelere sertlik testi, mikroyapı incelemesi ve sıvı penetrant testleri uygulanmıştır.

Yüksek manganlı östenitik çeliklerin ince taneli östenitik mikroyapıya sahip olması ve tane sınırlarında karbür çökeltilerinin oluşmaması beklenmektedir. Sertlik değerinin ısıtılma işlem sonrasında optimum sertlik değeri olan 200-250 Brinell değerleri arasında olması hedeflenmektedir. Numuneye yapılan dolgu kaynağı sonrasında yapılan sıvı penetrant testi sonucunda numune yüzeyinde herhangi bir uygunsuzluğun ortaya çıkmaması gerekmektedir.

Kaynak sonrasında sabit sertlik cihazı ile sertlik testi yapılmıştır. SG 2 alaşımsız gazaltı kaynak teli ortalama 526 HB, rutil örtülü kaynak elektrodu ortalama 456 HB, 660 FC-O manganlı gazaltı teli ortalama 232 HB, SG 312 paslanmaz gazaltı teli ortalama 564 HB ve Fox Kronos Ni manganlı kaynak elektrodu 228 HB ortalama sertlik değerini vermiştir. Bu testlerin sonucunda ana metal numunenin sertlik

değerlerine en yakın sertlik değerlerini 660 FC-O gazaltı kaynak teli (ana metal ortalama 230 HB, dolgu metali ortalama 232 HB) ile Fox Kronos Ni kaynak elektrodunun (ana metal ortalama 224 HB, dolgu metali ortalama 228 HB) verdiği görülmüştür. Diğer dolgu metalleri ile kaynak işlemi sonrasında yapılan sertlik testleri neticesinde ana metalin sahip olduğu sertlik değerlerinden çok yüksek sertlik değerlerine ulaşılmıştır.

Kaynak sonrasında kaynak bölgesine dağlama işlemi uygulanmış ve mikroskop aracılığı ile yapılan mikroyapı incelenmesinde numunelerin optimum koşulları yani mikroyapılarının hedeflenen ince taneli östenitik yapıyı sağlayıp sağlamadığı ve tane sınırlarında karbür çökeltisi oluşup oluşmadığı kontrol edilmiştir. Mikroskop ile alınan görüntüler sonucunda SG 2 alaşımsız gazaltı kaynak telinin martenzit yapı ile birlikte kalıntı östenit, rutil örtülü elektrodun ferrit ve perlit, 660 FC-O manganlı kaynak telinin ince taneli östenit, SG 312 paslanmaz gazaltı telinin ferrit ve perlit, Fox Kronos Ni manganlı elektrodunince taneli östenit mikroyapılarına sahip olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, 660 FC-O gazaltı kaynak teli ve Fox Kronos Ni kaynak elektrodu ile kaynatılan numunelerin hedeflenen ince taneli östenitik yapıya sahip olduğu ve tane sınırlarında karbür çökeltisi oluşmadığı görüntülenmiştir.

Sıvı penetrant testi ile numune yüzeyine uygulanan dolgu kaynağı sonrasında kaynak yüzeyinde çatlak, gaz boşluğu gibi herhangi bir kaynak hatasının meydana gelip gelmediği kontrol edilmiştir. SG 2 gazaltı kaynak metali ve SG 312 paslanmaz gazaltı kaynak teli ile yapılan kaynak sonrasında sıvı penetrant testi yapılmış ve numune yüzeylerinde çatlaklar gözlemlenmiştir. Rutil elektrot ile kaynatılan numunede yapılan sıvı penetrant testi sonrasında gaz boşluğuna rastlanmıştır. Böylece bu dolgu metallerinin ana metal ile dolgu metallerinin birbiri ile uyum sağlamadığını ortaya çıkmıştır. 660 FC-O gazaltı teli ve Fox Kronos Ni kaynak elektrodu temiz bir yüzey görüntüsü vererek aranan optimum koşulları sağladığı görülmüştür.

Deneysel araştırma içeren bu çalışma sonrasında yüksek manganlı östenitik çelikten üretilen numunelere yapılan dolgu kaynağı neticesinde hedeflenen şartlar olan sertlik değeri 220-250 HB aralığını, ince taneye sahip, tane sınırlarında karbür çökeltisi oluşmayan mikroyapıyı ve yüzey kusursuzluğu koşullarını dolgu metalinin ana metal ile benzer kimyasal bileşime sahip TS EN 14700 standardında T Fe 9 (660

FC-O gazaltı teli) ve TS EN 14700 standardında EZ Fe 9 (Fox Kronos Ni elektrot) kaynak dolgu metalleri sağlamıştır.

6. KAYNAKLAR

- Anık, S. 1999. Sertlik Ölçme Deneyi, Birinci Baskı, Birsen Yayınları, 12-20-30, İstanbul.
- Anonim (2017). Repamet. <http://www.repamet.com/oesnumune.htm> (Erişim tarihi: 28.01.2017)
- Anonim (2015). Nodenco Endüstriyel Kontrol ve Mühendislik Hizmetleri. <http://nodesco.com.tr/site/wp-content/uploads/2015/02/2.jpg/> (Erişim tarihi: 12.03.2017).
- Anonymous, 2001. ASM Metals Handbook Desk Edition, Metals Handbook, ASM International, 620, Ohio.
- Anonymous, 2004a. Pyrometer Handbook, IMPAC Infrared GmbH, IMPAC, 21, Frankfurt.
- Anonymous, 2004b. ASM Handbook Volume 9 Metallography And Microstructures, ASM International, 10, Ohio.
- Anonymous, 2006. ASM Handbook Volume 4 Practical Heat Treating, Second edition, International, ASM International, 19, 22, 108, Ohio.
- Anonymous, 1979. ASTM A 128-78a Part 2 Annual Book of ASTM Standards, Basım Yeri, 78, Philadelphia.
- Anonymous, 1992. ASM Handbook Volume 18 Friction, Lubrication, and Wear Technology ASM International, 1332, Ohio.
- Anonymous, 1989a. ASM Handbook Volume 15 Casting, ASM International, 1170, Ohio.
- Anonymous, 1989b. ASM Handbook Volume 8 Mechanical Testing and Evaluation ASM International, 424, Ohio.
- Anonymous, 1989c. ASM Handbook Volume 17 Nondestructive Evaluation and Quality, Control, 151, 1118, 1138, ASM International, Ohio.
- Anonymous, 1998a. ASTM Comparators for the Definition of Surface Quality of Steel Castings, ASM International, 6, 8, 10, 16, Miami.
- Anonymous, 1998b. Welding costs, Navy Wide Advancement, 4-5, California.

- Anonymous, 2012. Basic Welding, Technical Learning College, 72-73, 81, 86, Arizona.
- Aran, A. 2007. Döküm Teknolojisi, İTÜ Makine Fakültesi, 21, 32, 35, İstanbul.
- Aytekin, V. 1958. Yüksek Manganezli Östenitik Çeliklerin Metalurjik Özellikleri, 1-5, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Balogun S.A., Esezobor, D.E., Agunsoye, J.O. 2008. Effect of melting temperature on the wear characteristics of austenitic manganese steel, Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, Volume 7, No. 3, 277-289.
- Blair, M., Stevens, L.T. 1995. Steel Castings Handbook, Sixth edition, ASM International, 13, Ohio.
- Bolanowski, K. 2008. Wear Of Working Elements Elements Made Of Hadfield Cast Steel Under Industrial Conditions, Kielce University of Technology, 29.
- Campbell, J. 2004. Castings Practice The 10 Rules of Castings, First edition, Biddles Ltd., 22-24, Great Britain.
- Colton, J.S 2011. Casting Defects and Design Version 2, 7, 14, Georgia Institute of Technology.
- Koç, T., Demirhan, O. 2007. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. Yıl: 6 Sayı:11 Bahar 2007/1 s. 87, 97.
- Davis, J.R. 1998. Metals Handbook Volume 1, Second edition, ASM International, 301, 308, 363, 436, Miami.
- Eager, W.T. 1993. ASM Metal Handbook Volume 6 Welding, Brazing and Soldering, 599, 2802, ASM International, Miami.
- Robert, E.E. 2007. Implementation of metal Casting Practices, BCS, 16, Incorporated
- Gedik (2017a). Gedik Kaynak. <http://www.gedik kaynak.com.tr/urun/geka-sg-2-gazalti-kaynak-teli>. (Erişim tarihi: 19.03.2017).
- Gedik (2017b). Gedik Kaynak. <http://www.gedik kaynak.com.tr/urun/geka-elit>. (Erişim tarihi: 19.03.2017).
- Gedik (2017c). Gedik Kaynak. <http://www.gedik kaynak.com.tr/urun/hardcor-660-0-sert-dolgu-ozlu-teli>. (Erişim tarihi: 19.03.2017).
- Gedik (2017d). Gedik Kaynak. <http://www.gedik kaynak.com.tr/urun/geka-sg-312-gazalti-kaynak-teli>. (Erişim tarihi: 19.03.2017).
- Groover, P.M. 2010. Fundamentals Of Modern Manufacturing, 4th edition, John

- Wiley&Sons, 214, 216, 702, United States of America.
- Jenney, L.C., O'Brien, A. 1993. Welding Handbook, Ninth edition, Welding Handbook Committee, 712, American Welding Society, Miami.
- Khan, F.A. 2001. Microstructural Changes of Hadfield Steel, Pakistan Journal of Applied Sciences, Multan, 317, 320.
- Kou, S. 2003. Welding metallurgy, Second ed., John Wiley&Sons, 14, New Jersey.
- Kotecki, D.J. 1992. Hardfacing Benefits Maintenance and Repair Welding, Welding Journal, Vol :71 No: 11, 51-53.
- Larry, F.J., Harold, V.J. 1993. Welding Principles and Applications, Cengage Learning, Eighth edition, Delmar Publisher, 40, New York.
- Mahlami, C. 2014. An Overview On High Manganese Steel Casting, University of Johannesburg, 6, 10, 12, 21, Johannesburg .
- Maratray, F. 1995. High Carbon Mn Austenitic Steels, International Manganese Institute, 541-544, Paris.
- Murat, Ç., Döküm Endüstrisinde Ergitme, Endüksiyon Ocakları ve Spektral Analiz Hesaplamaları, Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, <http://www.demircelik.com.tr/-1-3842-dokum-endustrisinde-ergitme-ocaklari-ve-spektral-analiz-hesaplamalari.html> (Erişim tarihi: 18.03.2017).
- MTS (2017). MTS Kaynak. <http://www.mtskaynak.com/Home/Urun/FOX%20KRONOS%20Ni>. (Erişim tarihi: 19.03.2017).
- Oğuz B. 1985. Alaşım Elementlerinin Çeliklerin Kaynak Kabiliyetlerine Etkisi, Birinci Baskı, OERLİKON Yayınları, 5-6, İstanbul.
- Eryürek, B. 2007. Gazaltı Ark Kaynağı, ASKAYNAK Yayınları, Birinci Baskı, 31, İstanbul.
- Streuers, 2009. Portable microscope instruction manual, Streuers A/S, 4, Ballerup.
- Tepe, E. 2009. Yüzey Tahribatsız Muayene Yöntemleri, Mühendis ve Makine, Cilt 50, 24-25.
- Totten, E. G. 2006. Steel Heat Treatment Handbook, Second edition, CRC Press, 309-314, United Kingdom.
- Turgut G. İmal Usülleri, İTÜ Makine Fakültesi, web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI/ch11-Dokum%20Yontemleri.ppt/ (Erişim tarihi: 04.02.2017).
- Wahab, M.A. 2014. Manual Metal Arc Welding and Gas Metal Arc Welding,

Seventh edition, Elsevier ltd., 52, 62, 64, 68, Los Angeles.

Weman, C. 2003. Welding Processes Handbook, Second edition, Woodhead Publishing, 12-26-27, Cambridge.

Vural, M. 2003. Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 426 - 2003/4, 47, 48.

&

Yau, M., Pearce, J. 2009. Some Features Of High Mn Steel Wear Resistant Castings, Metal Casting Technologies, 32, 38, Michigan.



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Orkun KARAAHMETOĞLU
Doğum Yeri : Borçka
Doğum Tarihi : 26.04.1982
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Sivas Fen Lisesi (1999)
Lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği (2005)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Çarşamba, Metal Teknoloji Alanı (2015 - ...)

Yeşilyurt Demir Çelik Fabrikası, Samsun, Çelikhane Kalite Kontrol Şefi (2014 - 2015)

As Çelik Demir Döküm A.Ş., Samsun, Kalite Kontrol ve Kaynak Mühendisi (2009 - 2014)

Terme Tersanesi A.Ş., Samsun, Kalite Kontrol ve Kaynak Mühendisi (2008 - 2009)