

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇELİK DÖKÜMLERİN TAMİR BAKIM KAYNAKLARI
VE ULTRASONİK MUAYENESİ

Müjdat ERBAYIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
METAL EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
METAL EĞİTİMİ PROGRAMI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Memduh KURTULMUŞ

İSTANBUL 2012

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇELİK DÖKÜMLERİN TAMİR BAKIM KAYNAKLARI
VE ULTRASONİK MUAYENESİ

Müjdat ERBAYIK
(522609004)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
METAL EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
METAL EĞİTİMİ PROGRAMI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Memduh KURTULMUŞ

İSTANBUL 2012

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmam sırasında her konuda tecrübelerini esirgemeyen, öğrenciyi mükemmel bir şekilde yönlendiren, araştırmaya sevk eden değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Memduh KURTULMUŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarda katkı sağlayan, bilgi ve tecrübelerini paylaşmaktan çekinmeyen değerli bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. A. İrfan YÜKLER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Deneysel çalışmalarında yardım ve desteklerinden dolayı; Welding Alloys firma çalışanlarına, Schmolz-Bickenbach Çelik A.Ş.'ye, İstanbul Anadolu yakası KOSGEB laboratuvar sorumlusu Sayın Özgür ALPASLAN bey'e ve laboratuvar çalışanlarına, kaynaklı imalat uzmanı Sayın Eren BIYIKLIOĞLU'na, Metal Eğitimi lisans öğrencilerinden Murat ACAR'a ve Erdem ALTIOKLAR'a, Makine Eğitimi lisans öğrencilerinden Abdurrahim KARAGÜCÜK'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca FEN-C-YLP-13011-0169 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na da teşekkür ederim.

Son olarak maddi-manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Haziran, 2012

Müjdat ERBAYIK

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
SEMBOLLER	x
KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xix
BÖLÜM I. GİRİŞ	1
I.1 GİRİŞ	1
BÖLÜM II. GENEL BİLGİLER	2
II.1 ÇELİK DÖKÜM KALIP KUMU	2
II.1.1 Çelik Döküm Kalıp Kumu	2
II.1.2 Çelik Döküm Kalıp Kumu Özellikleri	3
II.1.2.1 Çelik Döküm Kalıp Kumu Yüksek Sıcaklığa Dayanmalıdır	3
II.1.2.2 Kalıp Kumunun Gaz Geçirgenliği Fazla ve Rutubeti Az Olmalıdır	3
II.2 ÇELİK DÖKÜMLER	5
II.2.1 Çelik Dökümlerin Tanıtılması	5
II.2.2 Çelik Dökümlerin Elde Edilmesi	6
II.2.2.1 Konverter	6
II.2.2.2 Oksijen Konverteri	11
II.2.3 Çelik Döküm Çeşitleri ve Kimyasal Bileşimi	14
II.2.3.1 Alaşımsız Çelik Dökümler	14

II.2.3.2 Alaşımli Çelik Dökümler	14
II.2.4 Çelik Dökümlerin Bileşiminde Bulunan Elementler	15
II.2.4.1 Karbon	15
II.2.4.2 Silisyum	15
II.2.4.3 Manganez	15
II.2.4.4 Fosfor	16
II.2.4.5 Kükürt	16
II.2.5 Çelik Dökümlerin Yapı Bileşenleri (Mikroyapısı)	16
II.2.6 Çelik Döküm Hataları	17
II.2.6.1 Kum Düşmesi	17
II.2.6.2 Yüzey Delikleri	18
II.2.6.3 Gaz Boşlukları	19
II.2.6.4 Döküm İçinde Hava Kalması	20
II.2.6.5 Kalıp veya Maça Gazları	20
II.2.6.6 Döküm Boşlukları	21
II.2.6.7 Yanık Kum	24
II.2.6.8 Soğuk Döküm Çatlağı	25
II.2.6.9 Soğuk Birleşme	26
II.2.6.10 Çekme Çatlağı	27
II.2.6.11 Sıcak Yırtılma	28
II.2.6.12 Metal Akış Hatası	29
II.2.6.13 Karıncalanma	30
II.2.6.14 Cüruf ve Kum Düşmeleri	31
II.2.6.15 Dart	32
II.2.6.16 Çekme Boşluğu	33
II.2.7 Çelik Dökümlerin Akıcılığı	34
II.2.8 Çelik Döküme Katılan Maddeler ve Etkileri	34
II.2.8.1 Silisyum	34
II.2.8.2 Manganez	35
II.2.8.3 Alüminyum	35
II.2.8.4 Bakır	35
II.2.8.5 Nikel	36
II.2.8.6 Krom	36
II.2.8.7 Vanadyum	36

II.2.8.8 Molibden	37
II.2.8.9 Volfram (Tungsten)	37
II.2.8.10 Titanyum	37
II.2.9 Özel Çelik Dökümler	38
II.2.9.1 Korozyona Dayanıklı Çelik Dökümler	38
II.2.9.2 Manyetik Olmayan Çelik Dökümler	39
II.2.9.3 Sıcağa Dayanıklı Çelik Dökümler	39
II.2.9.4 Soğuğa Dayanıklı Çelik Dökümler	41
II.2.9.5 Dökme Islah Çelikleri	42
II.2.10 Çelik Dökümlere Uygulanan Isıl İşlemler	42
II.2.10.1 Sertleştirme	43
II.2.10.2 Menevişlenme	43
II.2.10.3 Normalizasyon	44
II.2.10.4 Yumuşatma Tavı	44
II.2.10.5 Gerilim Giderme Tavı	44
II.2.10.6 Islah Etme	44
II.2.11 Çelik Dökümlerin Isıl İşlemlerinde Kullanılan Tav Fırınları	44
II.2.12 Çelik Dökümlerin Kullanım Alanları	46
II.2.13 Çelik Dökümlerin Normlarla Gösterilmesi	47
II.3 HASAR	47
II.3.1 Hasar İncelemesi	47
II.3.2 Hasara Neden Olan Hata Türleri	48
II.3.3 Hasar Tipleri	49
II.3.3.1 Aşınma Hasarı	49
II.3.3.2 Kırılma Hasarı	51
II.3.3.3 Korozyon Hasarı	53
II.3.3.4 Yorulma Hasarı	54
II.4 TAMİR BAKIM KAYNAĞI	57
II.4.1 Tamir Kaynağı ve Önemi	57
II.4.2 Tamir Kaynağı İşlem Adımları	58
II.4.2.1 Hasarlı Bölgeyle İlgili Bilgi Sağlanması	58
II.4.2.2 Elde Edilen Bilgilerin Değerlendirilerek Kaynağın Başarısının Tahmin Edilmesi ve Karar Verilmesi	61
II.4.2.3 Tamir Kaynağı İş Sahasının ve Maliyetinin Tahmini	62

II.4.3	Tamir Kaynağı Teknolojisi	62
II.4.3.1	Kaynak Metodunun Tespiti	62
II.4.3.2	Kaynak İçin İlave Malzemelerin Tespiti	64
II.4.3.3	Uygulanacak Isıl İşlemin Tespiti	65
II.4.3.4	Kaynak Parametrelerinin Tespiti	65
II.4.4	Tamir Kaynağının Uygulanması	66
II.4.4.1	Tamir Kaynağına Başlanılmadan Önceki Tedbirler	66
II.4.4.2	Kaynak Hatalarının Meydana Gelmesi	68
II.4.4.3	Tamir Kaynağı Sonrasında Gerekli İşlemler	70
II.5	ULTRASONİK MUAYENE	71
II.5.1	Kalite ve Güvenilirlik	71
II.5.2	Tahribatsız Malzeme Testi	72
II.5.3	NDT Kullanılmasının Nedenleri	73
II.5.4	Ultrasoniğin Fiziksel Prensipleri, Sesin Özellikleri ve Mekanik Dalgaların Yayılması	73
II.5.4.1	Frekans ve Periyod	76
II.5.4.2	Dalga Boyu	76
II.5.4.3	Hız	76
II.5.4.4	Temel Dalga Denklemi	76
II.5.4.5	Ultrasonik Dalgalar	77
II.5.4.6	Akustik Empedans	78
II.5.4.7	Akustik Basınç ve Şiddet	78
II.5.5	Ultrasonik Dalga Türleri	79
II.5.5.1	Boyuna Dalgalar	79
II.5.5.2	Enine Dalgalar	79
II.5.5.3	Yüzey Dalgaları	80
II.5.5.4	Plaka Dalgaları	81
II.5.6	Normal Geliş Açısında Yansıma ve Transmisyon	82
II.5.6.1	Şiddet Yansıması ve Transmisyon	82
II.5.6.2	Basınç Yansıması ve Transmisyon	82
II.5.6.3	Eğik Geliş Açısında Yansıma, Kırılma, Dalga Dönüşümü ve Snell Kanunu	83
II.5.7	Piezoelektrik	86
II.5.8	Ultrasonik Demet ve Özellikleri	87

II.5.8.1 Yakın Alan	88
II.5.8.2 Uzak Alan	89
II.5.8.3 Demet Genişlemesi	89
II.5.9 Problar	90
II.5.9.1 Prob İç Yapısı	90
II.5.9.2 Prob Çeşitleri	92
II.5.10 Ultrasonik Test Yöntemleri	94
II.5.10.1 Darbe – Yankı Yöntemi	94
II.5.10.2 Transmisyon Yöntemi	95
II.5.10.3 Rezonans Yöntemi	96
II.5.11 Ultrasonik Cihazın Temel Devre Elemanları	97
II.5.11.1 Katot Işını Tüpü (CRT) veya Ekran	97
II.5.11.2 Tarama Devresi	98
II.5.11.3 Darbe Devresi	99
II.5.11.4 Algılama - Yükseltme Devresi	99
II.5.11.5 Zaman Devresi	100
BÖLÜM III ÇALIŞMALAR	101
III.1 MATERYAL VE YÖNTEM	101
III.1.1 Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler	101
III.2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR	102
III.2.1 Plakaların Birleştirilmesi	103
III.2.2 Plakaların 2 Eşit Parçaya Bölünmesi	106
III.2.3 Parçaların Tamiri	109
III.2.3.1 1 No’lu Parçanın Tamiri	109
III.2.3.2 2 No’lu Parçanın Tamiri	116
III.2.3.3 3 No’lu Parçanın Tamiri	122
III.2.3.4 4 No’lu Parçanın Tamiri	128
III.2.4 Mekanik Deneyler	131
III.2.4.1 Çekme Deneyi	131
III.2.4.2 Sertlik Deneyi	133
III.2.5 Metalografik İnceleme	137
BÖLÜM IV SONUÇ VE TARTIŞMA	140
IV.1 AÇISAL DİSTORSİYON SONUÇLARI	140

IV.2 ÇEKME DENEYİ SONUÇLARI	142
IV.3 SERTLİK DENEYİ SONUÇLARI	154
IV.4 METALOGRAFİK İNCELEME SONUÇLARI	166
BÖLÜM V SON DEĞERLENDİRMELER VE ÖNERİLER	185
KAYNAKLAR	187
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

ÇELİK DÖKÜMLERİN TAMİR BAKIM KAYNAKLARI VE ULTRASONİK MUAYENESİ

Büyük maliyetlerle hazırlanan çok amaçlı konstrüksiyonların birçok işlevi yapması sırasında; dinamik, statik yüklere ve korozyona karşı uzun süre dayanması istenir. Buna mukabil zamanla oluşabilecek anormal zorlanmalar sonucunda bir takım hasarlar meydana gelebilmektedir. Bu hasarları gidermek için en etkili ve en ekonomik yöntem kaynaklı tamirattır.

Bu tez çalışmasında; 4 adet St 52 plakalar kullanılmış, bu plakalar V kaynak ağzı açılarak Tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Birleştirilen plakalar 4 eşit parçaya ayrılmıştır. Bu parçalara uygulanan ultrasonik ve radyografik muayeneler sonucunda malzeme kalınlığının % 70, % 80 ve % 100'ü kadar oyuklar açılmıştır. Gazaltı (MAG), Özlü tel ve Elektrik Ark kaynağı olmak üzere üç farklı kaynak yöntemi kullanılarak açılan oyuklar doldurulmuştur. Kaynaklar soğuk (ön tavsız) olarak yapılmıştır. Her parçaya iki defa tamir uygulanmıştır. Tamir öncesi ve sonrası gerekli ölçümlerler yapılmıştır. Her tamir işlemi sonunda parçalardan çekme deneyi, metalografik inceleme ve sertlik deneyi için numuneler alınmıştır. Parçalara uygulanan tamirler sonucunda meydana gelen distorsiyon miktarları, çekme dayanımı ve sertlik gibi mekanik özellikler tespit edilmiş ve metalografik incelemeleri yapılmıştır.

Hazırladığımız bu tezle ve yaptığımız deneysel çalışmalar sonucunda, çeliklerin tamir bakım kaynaklarında, Gazaltı (MAG), Özlü tel ve Elektrik Ark kaynak yöntemlerinden hangisini kullanırsak kullanalım tamir sonrası malzemelerin mekanik özelliklerinde herhangi bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca parçalara açılan oyuk miktarlarına ve soğuk (ön tavsız) uygulanan kaynak yöntemlerine bağlı olarak malzemelerde oluşan açılmal distorsiyonların farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

HAZİRAN, 2012

Müjdat ERBAYIK

ABSTRACT

REPAIR WELDINGS AND ULTRASONIC TESTING OF STEEL CASTINGS

Steel castings and weldments are examined with nondestructive test methods. Ultrasonic test method is usually is applied to steel castings and weldments to detect internal defects. The castings and weldments which containe internal defects can repaired by welding operations.

In this study repair welding effects on cast steel weldments were investigated. 20 mm thick St 52 steel plates were butt welded with the submerged arc welding (SAW) process. The weldments were ultrasonically examined. Although the weldments were defect free, repair welding was applied to them. The welds were cut 60-80 % and then welded. Repair weldings were done with shielded Metal Arc Welding (SMAW), Flux Cored Arc Welding (FCAW) and Gas Metal Arc Welding (MAG) welding processes. The repair welds were done without preheating. After each repair welding the workpiece was ultrasonically examined. Then the angular distortion of the workpiece was measured.

Two successive repair welding operation was applied to each workpiece. Samples were cut from the weldments for tensile testing, hardness testing and metallographic examination.

From the experiments the following results were driven:

- 1) The least angular distortion was obtained with the MAG method.
- 2) SMAW repair welding caused the highest distortion.
- 3) All repair welding methods gave the same machanical properties.

SEMBOLLER

A	: Birim zamanında yer değişimi (m)
a₀	: Genlik
C	: Karbon
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
f	: Frekans (Hertz)
Fe	: Demir
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
Ni	: Nikel
O	: Oksijen
P	: Fosfor
S	: Kükürt
Si	: Silisyum
T	: Periyot (s)
V	: Dalganın yayılma hızı (m/s)
VE	: Enine dalga hızı (m/s)
VB	: Boyuna dalga hızı (m/ s)
V_p	: Plaka dalgasının faz hızı (m/s)
V₁	: Gelen dalganın hızı (m/s)
V₂	: Yansıyan veya kırılan dalganın hızı (m/s)
Z	: Akustik empedans (kg/m ² s)
λ	: Dalga boyu (m)
ρ	: Malzeme yoğunluğu (kg/m ³)
α	: Kritik açı (°)
β	: Yansıma veya kırılma açısı (°)

KISALTMALAR

CRT	: Katot Işın Tüpü
ÇD	: Çelik Döküm
dB	: Desibel
GS	: Alaşimsız Çelik Döküm
Hz	: Hertz
ITAB	: Isı Tesiri Altında Kalan Bölge
kHz	: Kiloherzt
MHz	: Mega Hertz
NDT	: Tahribatsız Test
PI	: Pleksiglas
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UT	: Ultrasonik Test

ŞEKİLLER

	<u>SAYFA NO</u>
Şekil II.1 Alttan Üflemlerli Konverter	8
Şekil II.2 Yatay Üflemlerli Konverter Gövdesi ve Hava Delikleri	8
Şekil II.3 Konverterin Yüklenmesi	11
Şekil II.4 Oksijen Konverteri	13
Şekil II.5 Demir-Karbon Denge Diyagramı	16
Şekil II.6 Kum Düşmesi	17
Şekil II.7 Yüzey Delikleri	18
Şekil II.8 Gaz Boşlukları	19
Şekil II.9 Döküm İçinde Hava Kalması	20
Şekil II.10 Kalıp veya Maça Gazlarından Oluşan Hata	21
Şekil II.11 Yüzey Döküm Boşlukları	22
Şekil II.12 Yüzeye Yakın Döküm Boşlukları	23
Şekil II.13 Yüzey Altı Döküm Boşlukları	24
Şekil II.14 Yanık Kum	25
Şekil II.15 Soğuk Döküm Çatlağı	26
Şekil II.16 Soğuk Birleşme	27
Şekil II.17 Çekme Çatlağı	28
Şekil II.18 Dökümde Oluşan Sıcak Yırtılmalar	29
Şekil II.19 Metal Akış Hatası	30
Şekil II.20 Karıncalanma	30
Şekil II.21 Cüruf ve Kum Düşmeleri	32
Şekil II.22 Dart	33
Şekil II.23 Çekme Boşluğu	33
Şekil II.24 Çeliklere Uygulanan Isıl İşlemlere Ait Sıcaklık Bölgeleri	43
Şekil II.25 Elektrikli Tav Fırını	45
Şekil II.26 Adhesif Aşınma	50

Şekil II.27 Abrasif Aşınma	51
Şekil II.28 Tipik Gerilme-Gerinme Diyagramı	52
Şekil II.29 Sünek Kırılma	52
Şekil II.30 Gevrek Kırılma	53
Şekil II.31 Tipik Bir Korozyon Hücresi	54
Şekil II.32 Yorulma Hasarı	55
Şekil II.33 Yüksek ve Düşük Devirli Yorulma	55
Şekil II.34 Korozyon Çukurunun Gerilme Toplayıcı Etkisi Göstermesi	56
Şekil II.35 Elektrodun Duruş Açısı ile Karışım Oranı Arasındaki Durum	67
Şekil II.36 Alev Sıcaklığının Üfleç Mesafesi ile Değişimi	67
Şekil II.37 Çatlakların Kaynak Edilmesi	68
Şekil II.38 Kaynak Ağzı Hazırlanmaksızın Yapılan Kaynak Sonucu Hasar Oluşumu	69
Şekil II.39 Kaynak Ağzı Hazırlamadan ve Yeni Parça Eklemeden Yapılan Kaynak Sonucu Hasar Oluşumu	69
Şekil II.40 Yükün Zaman ile Yer Değişimi	74
Şekil II.41 Esnek Cisim Modeli	75
Şekil II.42 Mekanik Dalga	77
Şekil II.43 Boyuna Dalga	79
Şekil II.44 Enine Dalga	80
Şekil II.45 Yüzey Dalgaları	81
Şekil II.46 Plaka Dalgaları	82
Şekil II.47 Normal Geliş Açısında Yansıma ve Geçirim	82
Şekil II.48 Eğik Olarak Gelen Boyuna Dalga İçin Yansıma ve Kırılma	83
Şekil II.49 Eğik Olarak Gelen Enine Dalga İçin Yansıma ve Kırılma	84
Şekil II.50 Kritik Açısı	85
Şekil II.51 Doğrudan Piezoelektrik Olayı	87
Şekil II.52 Ters Piezoelektrik Olayı	87
Şekil II.53 Ultrasonik Demet	88
Şekil II.54 Nokta Kaynakların Oluşturduğu Dalga Önü Düzlemleri	88
Şekil II.55 Dairesel Kesitli Bir Transdüserin Akustik Eksen Üzerinde Basınç Değişimi	89
Şekil II.56 Demet Genişlemesi	90
Şekil II.57 Tek Kristalli Normal Prob	92

Şekil II.58 Tek Kristalli Normal Probu'nun Ölöl Bölgesi	92
Şekil II.59 Çift Kristalli Normal Prob	93
Şekil II.60 Açılı Prob	93
Şekil II.61 Darbe – Yankı Yönteminin Prensibi	95
Şekil II.62 Transmisyon Yönteminin Prensibi	95
Şekil II.63 Rezonans Yönteminin Prensibi	96
Şekil II.64 Bir Ultrasonik Cihazın Temel Devre Elemanları	97
Şekil II.65 Katot Işını Tüpü (CRT)	98
Şekil II.66 Zaman Ekseni İçin Gerilim Grafiğı	99
Şekil III.1 Plakaların Ölölöleri	101
Şekil III.2 Deneysel Çalışma İş Akış Şeması	102
Şekil III.3 Plakaların Kaynak Öncesi Ön Hazırlığı	103
Şekil III.4 Plakaların Kaynak Öncesi Ön Hazırlığı	103
Şekil III.5 Plakaların Tozaltı Kaynak Yöntemi ile Birleştirilmesi	104
Şekil III.6 Kaynak Yapımında Kullanılan Kaynak Teli ve Kaynak Tozu	104
Şekil III.6 Plakaların Kaynak Sonrası Ölölöleri	105
Şekil III.7 Plakaların Kaynak Sonrası Ölölöleri	106
Şekil III.8 Kaynaklı Plakaların 2 Eşit Parçaya Bölünmesi	107
Şekil III.9 Kaynaklı Plakaların Numaralandırılması	107
Şekil III.10 Çekme Numuneleri	108
Şekil III.11 Metalografi Numuneleri	108
Şekil III.12 Kaynak Hataları	109
Şekil III.13 Curuf Hattı	110
Şekil III.14 1 No'lu Parçaya 1. Tamir için Oyuk Açılması	111
Şekil III.15 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri	112
Şekil III.16 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler	112
Şekil III.17 1 No'lu Parçanın 1.Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri	113
Şekil III.18 1 No'lu Parçaya 2. Tamir için Oyuk Açılması	113
Şekil III.19 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri	114
Şekil III.20 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler	115
Şekil III.21 1 No'lu Parçanın 1.Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri	115
Şekil III.22 Curuf Hattı	116
Şekil III.23 2 No'lu Parçaya 1. Tamir için Oyuk Açılması	117
Şekil III.24 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri	118

Şekil III.25 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler	118
Şekil III.26 2 No'lu Parçanın 1.Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri	119
Şekil III.27 Gözenek Oluşumu	119
Şekil III.28 2 No'lu Parçaya 2. Tamir için Oyuk Açılması	120
Şekil III.29 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri	121
Şekil III.30 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler	121
Şekil III.31 2 No'lu Parçanın 2.Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri	122
Şekil III.32 Curuf Kalıntısı	123
Şekil III.33 3 No'lu Parçaya 1. Tamir için Oyuk Açılması	123
Şekil III.34 3 No'lu Parçanın 1. Tamir	124
Şekil III.35 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler	125
Şekil III.36 3 No'lu Parçanın 1.Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri	125
Şekil III.37 3 No'lu Parçaya 2. Tamir için Oyuk Açılması	126
Şekil III.38 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri	127
Şekil III.39 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler	127
Şekil III.40 3 No'lu Parçanın 2.Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri	128
Şekil III.41 Curuf Kalıntısı	129
Şekil III.42 4 No'lu Parçaya 1. Tamir için Oyuk Açılması	129
Şekil III.43 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri	130
Şekil III.44 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler	131
Şekil III.45 4 No'lu Parçanın 1.Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri	131
Şekil III.46 TS 138 A Normuna Göre Hazırlanmış Yuvarlak Kesitli Silindirik Başlı Çekme Numunesi	132
Şekil III.47 Çekme Deney Numuneleri	133
Şekil III.49 Sertlik Deneyi için Numune Alma	133
Şekil III.50 Sertlik Deneyi için Numunelerin İki Parçaya Ayrılması	134
Şekil III.51 BMS Marka Microbul Model Vickers Sertlik Cihazı ve İz Görünümü	135
Şekil III.52 Sertlik Okunan Bölgeler	136
Şekil III.53 Metalografi İnceleme için Numune Alma	137
Şekil III.54 Metalografik İnceleme için Numunelerin İki Parçaya Ayrılması	138
Şekil III.55 Numunelerin Soğuk Kalıplanması ve Kalıp Ölçüleri	138
Şekil III.56 Tablası Ters Çevrilmiş (Inverted) Metalografik Mikroskop	139

Şekil IV.1 İlk Birleştirilen Plakalarda Meydana Gelen Açısal Çarpılma	
Miktarı	140
Şekil IV.2 1. Tamiri Yapılan Numunelerde Meydana Gelen Açısal Çarpılma	
Miktarı	141
Şekil IV.3 2. Tamiri Yapılan Numunelerde Meydana Gelen Açısal Çarpılma	
Miktarı	141
Şekil IV.4 2 No'lu Numunenin Çekme Sonrası Görünümü	142
Şekil IV.5 2 No'lu Numunenin Gerilme-Uzama Grafiği	142
Şekil IV.6 3 No'lu Numunenin Çekme Sonrası Görünümü	143
Şekil IV.7 3 No'lu Numunenin Gerilme-Uzama Grafiği	144
Şekil IV.8 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri Çekme Sonrası Görünümü	145
Şekil IV.9 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği	145
Şekil IV.10 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Sonrası Görünümü	146
Şekil IV.11 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği	146
Şekil IV.12 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri Çekme Sonrası Görünümü	147
Şekil IV.13 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği	148
Şekil IV.14 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Sonrası Görünümü	149
Şekil IV.15 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği	149
Şekil IV.16 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri Çekme Sonrası Görünümü	150
Şekil IV.17 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği	150
Şekil IV.18 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Sonrası Görünümü	151
Şekil IV.19 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği	152
Şekil IV.20 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri Çekme Sonrası Görünümü	153
Şekil IV.21 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği	153
Şekil IV.21 1 No'lu Numuneden Sertlik Okunan Noktalar	154
Şekil IV.22 4 No'lu Numuneden Sertlik Okunan Noktalar	155
Şekil IV.23 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar	156
Şekil IV.24 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar	158
Şekil IV.25 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar	159
Şekil IV.26 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar	161
Şekil IV.27 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar	162
Şekil IV.28 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar	164
Şekil IV.29 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar	165
Şekil IV.30 1 No'lu Numuneden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler	166

Şekil IV.31 1 No'lu Numunenin ITAB Mikroyapı Görüntüleri	167
Şekil IV.32 1 No'lu Numunenin Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri	168
Şekil IV.33 1 No'lu Numunenin Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri	168
Şekil IV.34 4 No'lu Numuneden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler	169
Şekil IV.35 4 No'lu Numunenin ITAB Mikroyapı Görüntüleri	169
Şekil IV.36 4 No'lu Numunenin Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri	170
Şekil IV.37 4 No'lu Numunenin Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri	170
Şekil IV.38 1 No'lu Parçanın 1. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler	171
Şekil IV.39 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri	171
Şekil IV.40 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri	172
Şekil IV.41 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri ...	172
Şekil IV.42 1 No'lu Parçanın 2. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler	173
Şekil IV.43 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri	173
Şekil IV.44 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri	174
Şekil IV.45 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri ...	174
Şekil IV.46 2 No'lu Parçanın 1. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler	175
Şekil IV.47 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri	175
Şekil IV.48 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri	176
Şekil IV.49 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri ...	176
Şekil IV.50 2 No'lu Parçanın 2. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler	177
Şekil IV.51 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri	177
Şekil IV.52 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri	178
Şekil IV.53 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri ...	178
Şekil IV.54 3 No'lu Parçanın 1. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler	179
Şekil IV.55 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri	179
Şekil IV.56 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri	180
Şekil IV.57 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri ...	180
Şekil IV.58 3 No'lu Parçanın 2. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler	181

Şekil IV.59	3 No’lu Parçanın 2. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri	181
Şekil IV.60	3 No’lu Parçanın 2. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri	182
Şekil IV.61	3 No’lu Parçanın 2. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri ...	182
Şekil IV.62	4 No’lu Parçanın 1. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler	183
Şekil IV.63	4 No’lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri	183
Şekil IV.64	4 No’lu Parçanın 1. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri	184
Şekil IV.65	4 No’lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri ...	184

TABLolar

SAYFA NO

Tablo II.1 Çeşitli Çelik Dökme Kumları İçin Gerekli Olan Kum Özellikleri	3
Tablo II.2 Çelik Dökümlerin Kimyasal Bileşimi	14
Tablo II.3 Krom-Nikelli Çelik Alaşımlarının Sıcaklığa Dayanımları	41
Tablo II.4 Standartlar TS-4034 Çelik Dökümler / Genel Amaçlar İçin	47
Tablo II.5 Hasarlı Bölge Bilgi Teminiyle İlgili Sorular	60
Tablo III.1 St 52 Kimyasal ve Mekanik Kompozisyonu	102
Tablo III.2 BUF-S Kaynak Telinin Kimyasal ve Mekanik Kompozisyonu	105
Tablo III.3 WAF 325 Kaynak Tozunun Kimyasal Kompozisyonu	105
Tablo III.4 Kaynak Parametreleri	105
Tablo III.5 Kaynak Parametreleri	106
Tablo III.6 SG2 Kaynak Telinin Kimyasal ve Mekanik Kompozisyonu	110
Tablo III.7 Kaynak Parametreleri	111
Tablo III.8 Kaynak Parametreleri	114
Tablo III.9 ELCOR R71T Özlü Kaynak Telinin Kimyasal ve Mekanik Özellikleri	116
Tablo III.10 Kaynak Parametreleri	117
Tablo III.11 Kaynak Parametreleri	120
Tablo III.12 SG2 Kaynak Telinin Kimyasal ve Mekanik Kompozisyonu	122
Tablo III.13 Kaynak Parametreleri	124
Tablo III.14 Kaynak Parametreleri	126
Tablo III.15 AS B 248 Kaynak Elektrodunun Kimyasal ve Mekanik Kompozisyonu	128
Tablo III.16 Kaynak Parametreleri	130
Tablo III.17 Yuvarlak Kesitli Silindirik Başlı Çekme Numunesi Ölçüleri	132
Tablo III.18 Numune Ölçüleri	134
Tablo III.19 Numune Ölçüleri	137

Tablo IV.1 2 No'lu Numunenin Çekme Testi Sonuçları	143
Tablo IV.2 3 No'lu Numunenin Çekme Testi Sonuçları	144
Tablo IV.2 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri Çekme Testi Sonuçları	145
Tablo IV.4 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Testi Sonuçları	147
Tablo IV.5 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri Çekme Testi Sonuçları	148
Tablo IV.6 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Testi Sonuçları	149
Tablo IV.7 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri Çekme Testi Sonuçları	151
Tablo IV.8 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Testi Sonuçları	152
Tablo IV.8 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Testi Sonuçları	153
Tablo IV.9 1 No'lu Numunenin ITAB Sertlik Sonuçları	154
Tablo IV.10 1 No'lu Numunenin Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları	155
Tablo IV.11 4 No'lu Numunenin ITAB Sertlik Sonuçları	156
Tablo IV.12 4 No'lu Numunenin Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları	156
Tablo IV.13 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları	157
Tablo IV.14 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları	157
Tablo IV.15 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları	158
Tablo IV.16 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları	159
Tablo IV.17 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları	160
Tablo IV.18 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları	160
Tablo IV.19 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları	161
Tablo IV.20 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları	162
Tablo IV.21 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları	163
Tablo IV.22 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları	163
Tablo IV.23 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları	164
Tablo IV.24 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları	164
Tablo IV.25 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları	165

Tablo IV.26 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal

Sertlik Sonuçları	166
-------------------------	-----

BÖLÜM I

I.1 GİRİŞ

Çelik döküm endüstrisi bütün dünyada gelişmenin göstergesidir. Kalkınmanın güneşinden yararlanmak isteniyorsa, çelik üretimini ve tüketimini artırmak gereklidir. Aksi hâlde ekonomik kalkınmanın ışığını görmek mümkün olmaz.

Çelik döküm ürünleri ulaştırma, ziraat, inşaat, haberleşme, motorlu araçlar, makine sanayi vb. çok geniş bir uygulama alanında vazgeçilmez unsur teşkil etmektedir. İmalâtın olduğu her yerde çelik döküm imalâtına da ihtiyaç vardır.

Çelik döküm endüstrisi, çelik üretimi ve yan sanayisinde milyonlarca kişiye iş olanağı sağlayan bir endüstridir.

Çelik döküm endüstrisinin en belirgin özelliklerinden biri de çok hızlı gelişme göstermiş olmasıdır. Günümüz ileri teknolojisi ihtiyaçlarına cevap verebilmek için, döküm endüstrisi; ergitme, kalıplama, sıcaklık ve alaşım kontrolünden başka metal makro ve mikro yapısı, katılaşma kinetiği, malzeme özelliklerinin gelişimi vb. konulara eğilen bilimsel bir teknolojiye sahiptir.

Çelik döküm konstrüksiyonlarının çalışması sırasında az veya çok, küçük veya büyük hasarların meydana gelmesi, üretim mekanizmasında verim düşüklüğünden başlayıp devreden çıkmasıyla sonuçlanabilecek olayları yaratabilir. Hasar sebebiyle ortaya çıkan işletme dışı zamanın mümkün olduğunca kısa tutulması ve tamirattan sonra da mekanizmanın hasardan önceki gibi işlem görebilmesi ve konstrüksiyonun kullanım süresinin uzatılması, tamir bakımının hem iş kaybının giderilmesi hemde ekonomik açıdan kazanç sağlaması işletmeler için nedenli önem arz ettiğini göstermektedir.

BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

II.1 ÇELİK DÖKÜM KALIP KUMU

II.1.1 Çelik Döküm Kalıp Kumu

Çelik dökümlerin, diğer metal ve alaşımlara göre özellikleri farklıdır. Bunun için değişik metal ve alaşımlarda kullanılan kalıplar, çelik dökümlerde kullanılamazlar. Çelik dökümlerin kalıplarında kullanılan yapay (sentetik) kalıp kumu bileşimi Tablo II.1’de verilmiştir. [1]

Çelik dökümlerin dökülebileceği kum kalıplar şunlardır: Kurutulmadan dökülen kalıplar, kurutulduktan sonra dökülen kalıplar, yüzeyleri zirkonyum ve grafit ile boyanıp, alkolle yakılarak kurutulan kalıplar, maçalı kum kalıplar ve çimentolu kum kalıplardır. Bu kalıplar, diğer dökümlerin kalıplarından çok, çelik dökümlerin kalıpları olarak yapılırlar. Çünkü çelik dökümler ayrıca bağlayıcı maddesi seramik, etil silikat tozu ve silis tozu olan sulu çimentolu olarak hazırlanmış hassas kalıplara dökülebilir. Çünkü bu gereçlerle hazırlanan kalıplar yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır. Bu arada çelik dökümler, ergimiş çeliğe karbon karışmaması için gerekli önlemleri alınmış grafit kalıplara da dökülebilirler. En iyisi seramik olanlarıdır. [1]

Tablo II.1 Çeşitli Çelik Dökme Kumları İçin Gerekli Olan Kum Özellikleri

Çeşitli Çelik Dökme Kumları İçin Gerekli Olan Kum Özellikleri						
Kalıp Kumu	Kum Tane İriliği	Gaz Geçirgenliği	% Nem	Yaş Basınç Dayanımı Kg/cm ²	% Bentonit	Sinterleşme Sıcaklığı (°C)
Yaş Kum Küçük Parçalar	AFS 45-50	125-200	2-4	530-600	4-10	1427
Yaş Kum Ağır Parçalar	AFS 38-62	130-300	2-4	530-600	4-10	1482
Kuru Kum Ağır Parçalar	AFS 45-60	100-200	4-6	530-600	6-12	1427

II.1.2 Çelik Döküm Kalıp Kumu Özellikleri

II.1.2.1 Çelik Döküm Kalıp Kumu Yüksek Sıcaklığa Dayanmalıdır

Ergimiş çelik yüksek sıcaklığa sahip olduğu için kum bu sıcaklığa dayanmalıdır. Kum taneleri birbirleri ile kaynamamalıdır. Ergimiş metalle temasta olan kum taneleri ile temasta olmayan kısımlardaki taneler arasında sıcaklık farkı oluşur. Bu farklılıklar nedeniyle kum taneleri arasında bağlayıcılık görevi yapan katkı maddeleri oldukça önem kazanır. Genel olarak çelik döküm kalıp kumlarında bağlayıcı madde olarak bentonit kullanılır. Kalıp kumunun yüksek sıcaklığa dayanabilme özelliği dışında aldığı şekli de uzun zaman korumalıdır. Çok yüksek sıcaklıklar kalıp kumunun fiziksel ve kimyasal bağını etkileyeceğinden, astar kumunun mutlaka yeni kumdan olması istenir. Aksi hâlde döküm hatalarının meydana gelmesine sebebiyet verilir. [1]

II.1.2.2 Kalıp Kumunun Gaz Geçirgenliği Fazla ve Rutubeti Az Olmalıdır

Kalıp kumunun gaz geçirgenliği rutubet ile yakın ilişkilidir. Fazla rutubet, yüksek sıcaklıklardaki sıvı metal ile temas edince buhar hâline geçer. Buhar kalıp dışına atılmaz ise kalıp iç boşluğunda, ergimiş metal içinde kalır. Bu nedenle kalıpta

uygun yerlere çıkıcılar açılmalıdır. Çelik döküm kumlarının gaz geçirgenliği, diğer metal ve alaşımların kumlarından daha fazla olmalıdır. Buna bağlı olarak da rutubet miktarı azaltılmalıdır. Örneğin, çelik döküm kalıp kumlarının rutubeti % 3 – 4 arasında olmalıdır. Metalin fazla çekmesinden dolayı kalıbın uygun kısımlarına konulan besleyiciler de birer çıkıcı gibi görev görür ve gazların kalıp dışına çıkmasına yardım eder. [1]

Çelik dökümlerde, bağlayıcı maddesi az olan yapay (sentetik) kumlar kullanıldığı takdirde kabuklanma, şekil bozulması ve yüzeysel şişkinlikler gibi döküm hatalarına rastlanır. Bu, daha fazla ısınan kalıp kumunun hacmin büyümesinden ileri gelir. Kuma katılan bir miktar katkı maddesi, bu gibi döküm hatalarının oluşmasını önler.

Ergimiş çeliğin, rutubetli kumdaki özelliklerini etkileyen bu özel durumlar, değişik metal ve alaşımlar için kullanılan kum karışımlarında görülenlerden değişik özellikler oluşmasına yol açar. Rutubetli kumla hazırlanan kalıpların çoğunda, istenilen karışımlara göre hazırlanan yüzey (model-astar) kumu ile dolgu kumu kullanılır.

Daha ekonomik olması ve üretim kapasitesinin artırılması nedeniyle yaş kalıplar, diğer kalıplara göre daha elverişlidir. Yalnız, hazırlanan kalıbın daha sağlam olmasını veya döküm parçalarda gaz boşluklarının (gözenekler) oluşmasını önlemek gerekir. Bunun için ergimiş metal dökülmeden önce kalıplar kurutulur. Kalıpların yüzeyleri alevle veya sıcak hava akımı ile kurutulabileceği gibi, kalıplar kurutma fırınlarında da kurutulur. Kurutma genellikle 250-300 °C civarında olmaktadır. Kurutulacak kalıpların rutubetleri normalden biraz fazla olabilir.

Bazı çelik döküm kalıp kumlarında, bağlayıcı madde olarak çimento kullanılmaktadır. Bu metot, henüz yaygın bir uygulama alanı bulamamıştır. Çimentolu kum kalıplar, genellikle büyük hacimdeki çelik parçaların dökümlerinde kullanılmaktadır. [1]

Çelik dökümlerinde, kabuk kalıplar belli büyüklüklere kadar başarı ile kullanılmakta ise de bu tip kalıplar döküm yüzeylerinde hatalara sebep olmaktadır. Bu hatalar da kabuk kalıplarda gerekli yerlere çelik veya dökme demirden yapılmış soğutucu parçalar yerleştirilerek önlenmektedir. Çelik dökümlerde seramik kalıplardan da faydalanılmaktadır. Bu kalıplar daha çok ince kesitli ve küçük döküm parçalarda kullanılmaktadır. [1]

II.2 ÇELİK DÖKÜMLER

II.2.1 Çelik Dökümlerin Tanıtılması

Çelik dökümler, dökümden sonra talaş kaldırma dışında başka bir biçimlendirme işlemi görmeyen ve bileşiminde % 2'den az karbon bulunan demir karbon alaşımlarıdır. Çelik dökümlerin makine yapımında kullanımı, dökme demirler ve dövme çelikler kadar yaygın değildir. Bunun nedenleri şöyle sıralanabilir: [1,2]

- a. Çeliklerin ergime sıcaklığı yüksek olduğundan (1500-1600°C) güçlü ergitme ocakları (endüksiyon, ark ocakları) ve yüksek sıcaklığa dayanıklı kalıp malzemeleri gerektirir. Bazı durumlarda kalıp kumu parça yüzeyine yapıştığından, iyi bir yüzey kalitesi elde etmek için parçanın tümüyle işlenmesi gerekebilir.
- b. Metalürjik temizlik (dokusu ve mikro yapısı) dökme demirlerden daha önemli olup kimyasal bileşimin de daha dar sınırlar içinde kontrol edilmesi gereklidir.
- c. Döküm sonrasında malzeme kaba taneli (widmannsaetten) içyapısına sahip olup yeterli tokluk elde edebilmek için ek bir ısıtım işlem yapılması zorunludur.
- d. Çeliğin akıcılığı ve kalıbı doldurma kabiliyeti düşüktür. Kendini çekme % 2-3 gibi yüksek seviyelerde olduğundan, çekme boşluklarının oluşmaması için özel tedbirler almak gerekir.

Çelik dökümlerin tercih edilmesinin nedenleri: [1,2]

- a. Dökme demirlerin dayanım ile süneklik özelliklerinin yetersiz kaldığı,
- b. Parçaların döküm yöntemiyle üretiminin daha ekonomik olduğu (çok büyük parçalar ve karmaşık biçimler),
- c. Dökülen parçanın kaynakla birleştirilmesinin gerekli olduğu,
- d. Seçilen çeliğin plastik şekil vermeye uygun olmadığı durumlarda tercih edilir.

II.2.2 Çelik Dökümlerin Elde Edilmesi

II.2.2.1 Konverter

1.a Tanıtılması

Konverter ham demir ve dökme demirin içindeki karbon, silisyum, mangan, kükürt gibi elementleri oksitleyip gidererek çelik elde etmeye yarayan bir aygıttır. Ergitme yapmaktan çok arıtma işleminde kullanılır. Konvertere doldurulan sıvı metalin içine basınçlı hava gönderilir. Basınçlı havanın etkisi ile sıvı metalin içerisinde bulunan elementler ya tamamen yok olur veya belli bir miktara iner. Bundan sonra gerekli katılımlar yapılarak istenen bileşimde çelik elde edilir. [2]

Bu aygıt 1855 yılında **Bessemer** tarafından yapılmıştır. Bununla çelik elde edilmesine **Bessemer yöntemi** denmiş ve aygıta **Bessemer Konverteri** adı verilmiştir. Önemli bir buluş olan bu yöntem büyük ölçüde kullanılmaya başlanmıştır. Ancak, astarı asidik olduğu için fosfor ve kükürdü çok olan dökme demirlerde iyi sonuç vermediği ortaya çıkmıştır. Fosfor asidinin, asidik astarı çabuk aşındırdığı ve elde edilen çeliğin iyi özellikte olmadığı görülmüştür. Bu yüzden, 1878 yılında konverterin içi **Thomas** tarafından yanmış dolomit ile kaplanmıştır. Dolomit bazik bir gereç olduğu için fosfor ve kükürdü çok olan ham demirin arıtılması sağlanabilmiştir. Bu yönteme **Thomas yöntemi** veya **Bazik yöntem** adı verilir. Bu yöntem Bessemer'in asit yöntemine göre pahalı olmakla beraber kullanılma alanı daha geniştir. [2]

Konvertere basınçlı hava alttan gönderilir. Ancak, yandan hava gönderilen küçük konverterler de yapılmıştır. Bessemer konverteri 5 – 15 tonluk, Thomas konverteri 5 – 80 tonluk yapılır. Bir ton ham demir 0,14 m³ yer tutar. Bunun için asidik konverterde 1 m³, bazik konverterde 1,4 m³ hacim hesaplanır. Bazik konverterde daha fazla cüruf oluşması, daha büyük hacmi gerektirir. Konverter içindeki sıvı metal yüksekliği 40 cm olur. Ender durumlarda 50 cm' yi geçebilir. [2]

1.b Bölümleri

Konverter Şekil II.1'de görüldüğü gibi üst kısmı kesik koni biçiminde olan silindirik bir gövdeden meydana gelir. Isıya dayanıklı (asidik veya bazik) gereçlerle astarlanır. Aşağıdaki gibi bölümlere ayrılabilir. [2]

a. Gövde

Şekil II.2' de silindirik (a) kısımdır. Sıvı metal bu kısımda bulunur. İç kısım ısıya dayanıklı gereçlerle örülmüştür. Dış kısmı çelik sacdır. Sacın kalınlığı 20 – 25 mm olur. Isıya dayanıklı astarın kalınlığı 40–50 cm'dir. Şekilde görüldüğü gibi gövdenin etrafını kuvvetli bir çember sarmaktadır. İki taraftaki yataklar yardımı ile sağlam yataklar üzerine oturtulmuştur. Yatay flemeli konverterlerde hava delikleri gövde üzerinde bulunur. Şekil II.2'de yatay üflemeli bir konverter gövdesi ve üzerindeki hava delikleri görülüyor.

b. Ağız

Gövdenin st kısmıdır. Kesik koni biçiminde olup şekildeki gibi (b) eğik olarak birleştirilmiştir. Sıvı metalin yüklenmesini, elde edilen çeliğın boşaltılmasını ve çalışma sırasında gazların çıkışını sağlar. Çeliğın dışarı çıkmasını önler.

c. Yataklar

Ayaklar zerine oturmuştık iki yatak (c) gövdeyi taşımaktadır. Bunlardan birine aygıtın döndürülmesini sağlayan bir düzen bağlanmıştır. Hareket çeşitli şekillerde (mekanik, hidrolik ve elektrikle) sağlanır. Diğer yatağın içi boştur. Konvertere verilen hava (d) buradan gelmektedir. Dipten flemeli olanlarda, burada alttaki hava kutusuna (e) , yatay flemelilerde gövde üzerindeki hava kuşağına geçer.

d. Hava delikleri

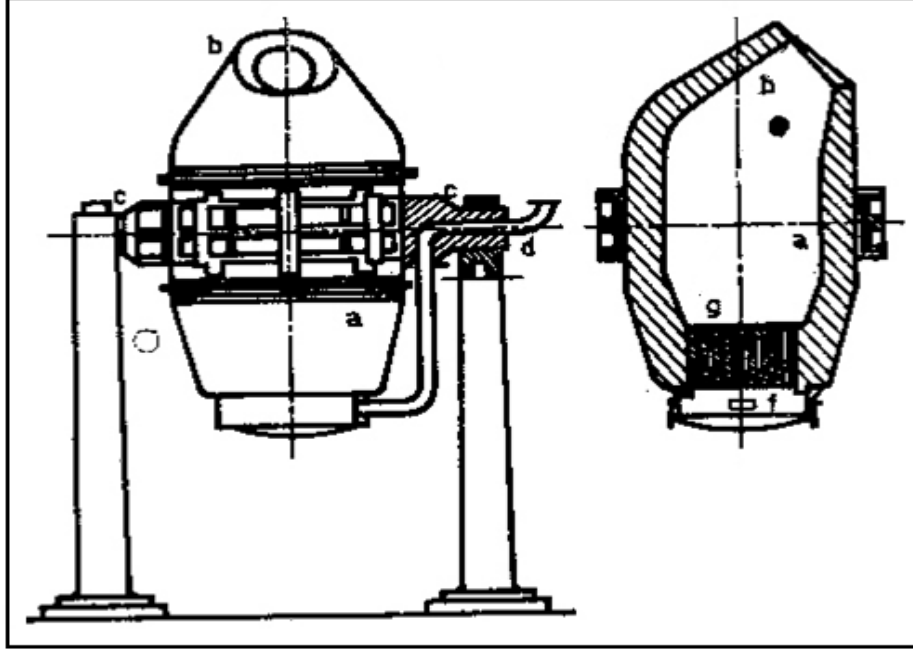
Konverterin dip kısmına, tabanın altına bir hava kutusu (e) konmuştur. Yatağın içinden geçen hava buraya gelir. Aygıtın tabanına açılan hava deliklerinden (f) konverterin içine girer. Hava deliklerinin sayısı 150 – 300, çapları 15 – 25 mm arasındadır. Gelen havanın basıncı 1,5 – 2,5 kg/cm² olur. Hava kutusu açılabilir durumda yapılmıştır.

Yandan, yatay üflemeli konverterlerde hava çevredeki hava kuşağına, buradan yatay delikler yardımı ile aygıtın içine hava girer. Şekil II.2'de yatay üflemeli bir konverter görülmektedir. Bunlarda hava delikleri değışik şekillerde yapılmıştır. Yatay flemeli konverterlerin ısı kayıpları çok fazla olur.

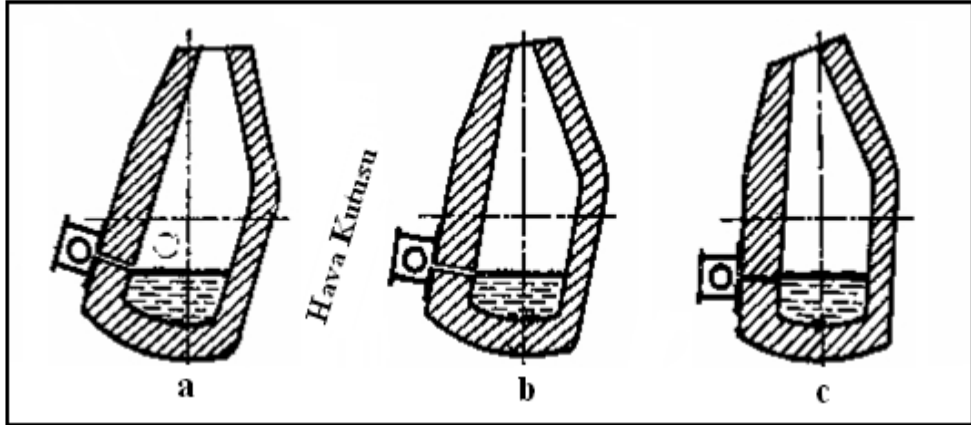
Konvertere gönderilen hava, ton başına ortalama 300 m³ olur. Bazı durumlarda havanın oksijeni %30 oranında artırılır. Bu şekilde işlemlerin gerçekteşmesi kolaylaşır. Elde edilen çeliğın kalitesi daha iyi olur.

e. Taban

Konverterin tabanı kesik koni biçimindedir (g). Isıya dayanıklı gereçlerle örülmüştür. Dipten üflemeli olanlarda hava delikleri bu kısımdadır. Ayrılabilir şekilde yapılır. Taban, gövde kısmının astarına göre daha çabuk yıprandığından, gerekince değiştirilir. Değiştirme genellikle 60 dökümden sonra yapılır.



Şekil II.1 Alttan Üflemeli Konverter



Şekil II.2 Yatay Üflemeli Konverter Gövdesi ve Hava Delikleri

f. Astar

Konverterin iç kısmı ısıya dayanıklı gereçlerle astarlanır. Astarın kalınlığı duvarlarda 0,4 -0,6 m olur. Kullanılan gereç Bessemer yönteminde asidik, Thomas

yönteminde baziktir. Yapımında, uygun ölçülerde hazırlanmış tuğlalar veya istenen bileşimde hazırlanmış harçlar kullanılır. Bu harçların cinsi tuğlanın gerecindendir. Sac ile tuğla arasında bir boşluk bırakılır. Burası yapışma harcı ile doldurulur. Sac üzerine açılan delikler harcın yapışmasını sağlar ve kurutmayı kolaylaştırır. Aradaki boşluk, yüksek sıcaklık nedeniyle meydana gelen genleşmelerin dengelenmesini sağlar. Birçok konverterde, saca yakın kısım tuğla ile örülüp üzeri harçla kaplanır. Bu harcın çok iyi yapıştırılması gerekir. Bu şekilde yapılan astarda onarım kolay olur ve kurutma çabuklaşır. Zaman kazanılmış olur. Konverterlerin taban astarı 30 – 100 defa döküme dayandığı hâlde iç astarı 300-400 defa döküme dayanır.

1.c Kuruluşu

Konvertere ergimiş metal ya yüksek fırından veya kupol ocağından gelmektedir. Büyük kuruluşlarda yüksek fırın ile birlikte çalışır. Ancak yüksek fırının verimi konvertere göre yüksektir. Aynı zamanda çalışma devamlıdır. Konverter ise aralıklı çalışır. Bu yüzden, konverter ile yüksek fırın doğrudan doğruya bağlanamaz. Arada bir veya iki tane, bekletici ve karıştırıcı büyük depo kullanılır. Yüksek fırından alınan sıvı metal bu depolara doldurulur. Bu depoların iyi ısıtılması zorunludur. Yakacak genellikle yüksek fırın gazıdır. Bu depolar yardımı ile konverterin bağımsız çalışması sağlanmış olur. Aynı zamanda depodaki metalin bileşimi homojen duruma gelir. Bununla beraber, çelik döküm atölyelerinde konverterler kupol ocaklarından metal alarak çalışır. Bu yöntem de uygun bir düzenleme gerektirir. [2]

1.d Çalışması ve Yönetimi

Konverter çalışmaya başlamadan önce 1200°C'ye kadar ısıtılmalıdır. Çalışma arasındaki yükleme, elde edilen çeliğin konverterden boşalmasından birkaç dakika sonra hemen yapılmalıdır. Bu şekilde konverterin soğuması önlenmiş olur.

Sıvı metal doldurulurken konverter Şekil II.3'deki a konuma getirilir. Bu şekilde doldurma kolaylaşır ve hava deliklerinin sıvı metalle kapanmasına engel olunur. [2]

Thomas yönteminde sıvı metalin yüklenmesinden önce, konvertere metalin %12-20'si kadar iri parçalar hâlinde yanmış kireç konur. Kireç, bazik cürufun oluşumunu sağlar. Yükleme işlemi tamamlanınca, hava verilerek konverter düşey duruma getirilir. Çeşitli elementlerin oksitlenmesi ile arıtma işlemleri başlamış olur.

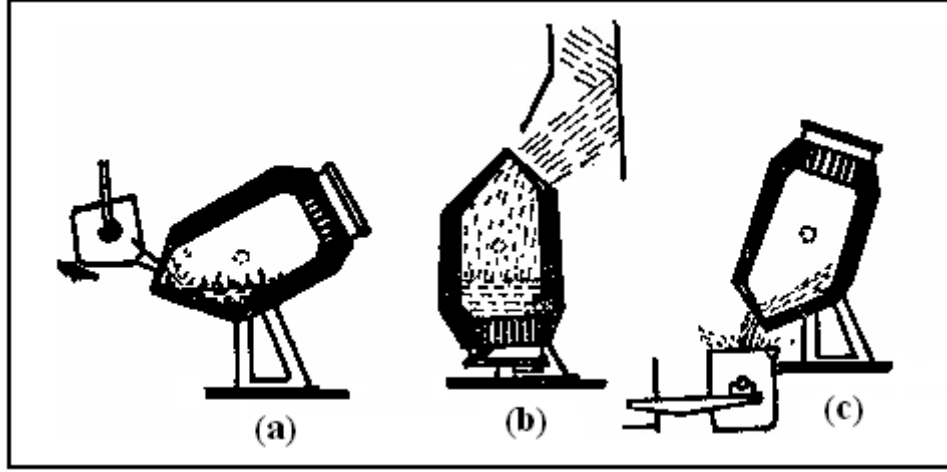
Oksitlenen elementlerin meydana getirmiş olduğu ısı, metalin sıcaklığını yükseltir. 1250°C civarındaki metal 1530°C 'a yükselir. Bu yüzden konvertere yakacak gerekli değildir. Oksitlenen elementlerin etkisi şu şekilde olur: 1200°C'deki metalin sıcaklığı %1 oranında yanan silisyum 203°C, fosfor 156°C, mangan 50°C, demir 30°C, karbon 27°C kadar yükseltir. Ergimiş metalin sıcaklığı artınca, bu sıcaklığın yükselme değerleri azalır. [2]

Arıtma işlemi başlayınca, konverterin ağzından koyu kırmızı (kızıl) kahverengi dumanların çıktığı görülür. Demirin oksitlendiği bu süre 2-3 dakikadır. Sonra kıvılcımlar meydana gelir. Silisyum ve mangan yanmaktadır. Silisyum çabuk, mangan yavaş oksitlenir. Kıvılcımların devam süresi, % 2 silisyum için 8 dakika, % 1,5 silisyum için 6 dakikadır. Meydana gelen oksitler SiO₂, MnO ve bir miktar FeO hâlinde birleşerek cürufu meydana getirir.

Metalin sıcaklığı çok yükselmiştir. Karbon yanmaya başlar. Çok parlak bir alev ortaya çıkar. Konverterde titreşim olur. Sonra alevler kısalarak kaybolur. Süre 6- 10 dakikadır. Karbonun yanması bitip alevler kaybolunca koyu kırmızı kahverengi dumanlar çıkmaya başlar. Demir oksitlenmeye başlamıştır. Bessemer yönteminde hava hemen kesilir. Çünkü arıtma işlemi bitmiştir. Hava verilmesine devamı demirin oksitlenmesine neden olur.

Thomas yönteminde karbonun yakılmasından sonra fosforun uzaklaştırılmasına geçilir. Havanın basıncı artırılarak 2,5-3,5 kg/cm²'ye çıkarılır. Bu şekilde 2 – 3 dakika hava verilir. Fosforun oksitlenmesi sağlanır. Fosfor oksidi, kireçle birleşerek kalsiyum fosfata dönüşerek ayrılır ve cürufa karışır. Bu arada bir miktar kükürt de ayrılarak cürufa karışır.

Fosforun ayrılmasından sonra hava durdurulur. Konverter eğilerek cüruf boşaltılır. Sıvı metalden örnek alınarak analiz yapılır. Analiz sonucu gerekli görülen elementler gerekli miktarlarda katılarak istenen bileşimde çelik yapılır. Aynı zamanda oksitler giderilir, yani redüklenir. Katımlar, potada yapılabilir. Konverterde hazırlanmış olan çelik, boşaltılarak alınır. Şekil II.3'te konverterin yüklenmesi (a), çalışma durumu (b) ve boşaltılması (c) görülmektedir. [2]



Şekil II.3 Konverterin Yüklenmesi (a), çalışması (b) ve boşalma (c) konumları

Konverterin arıtma işlemlerinin toplam süresi 20 dakika civarındadır. Yükleme boşaltma işlemleri ile bu süre 30 dakikaya kadar çıkar.

Bessemer yönteminde fosforu az (% 0,1), silisyumu çok (% 1-2); Thomas yönteminde fosforu çok (% 1,7- 3), silisyum az (% 0,2-0,6) dökme demirler kullanılır. Bessemer yönteminde kükürdün de az olması (% 0,05) istenir.

Bir ton dökme demirden ortalama 900 kg çelik, 200 kg cüruf elde edilir. Thomas curufu öğütölüp elenerek gübre olarak kullanılır.

Thomas çeliklerinin özellikleri, aynı miktardaki karbonlu martin çeliklerine göre düşük ise de, daha ucuza elde edilir. Profil demirleri, çubuk ve tel çekimine elverişlidir. Demiryolu raylarının yapımında kullanılır. [2]

II.2.2.2 Oksijen Konverteri

2.a Tanıtılması

Thomas konverterlerinde değişiklik yapılarak oksijen konverteri ortaya çıkarılmıştır. Şekil II.4'te görüldüğü gibi şu anki kullanılan şekle getirilmiş, ağız kısmın eğikliği kaldırılmıştır. Hava yerine saflığı % 98-99 olan oksijen üflenmektedir. Basınçlı oksijen içice geçmiş ikili boru ile metalin yüzeyine verilmektedir. Boru, su ile soğutulur. Bu yöntemle elde edilen çeliklere oksijen çelikleri denir.

Genellikle 60-200 tonluk olarak kurulur. Konverterlerin dış kısmı çelik sacdır. İç kısmı ısıya dayanıklı gereçlerle astarlanır. Çoğunlukla bazik astar kullanılır.

Oksijen konverterleri diğerlerinde olduğu gibi eğilebilecek şekilde yataklanmıştır. Yükleme ağız kısmından yapılır. Elde edilen çelik yandaki metal

alma deliğinden boşaltılır. Otuz beş tonluk bir konverter için, yükseklik 7,4 m, iç çap 2,7 m, astar kalınlığı 60 cm olur. Bir astar 25-50 bin ton çeliğin elde edilmesinde kullanılabilir.

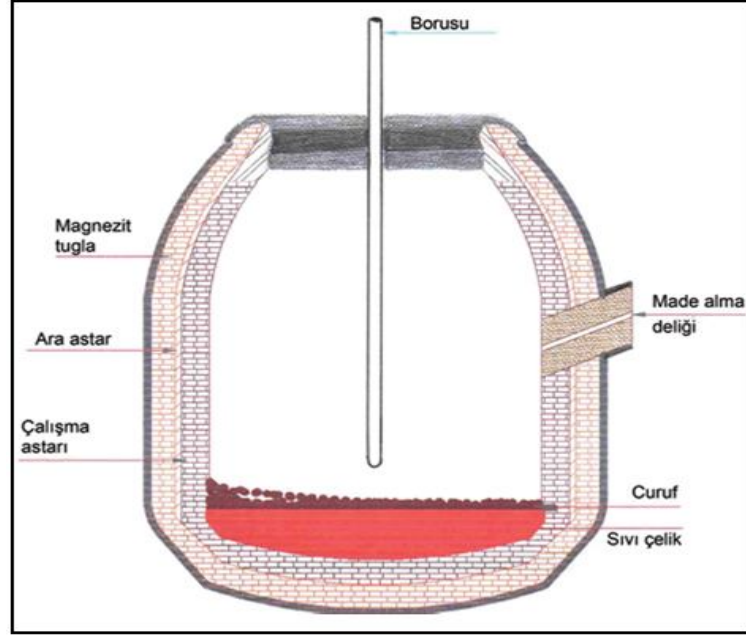
Oksijen konverterleri dik durumda çalıştığı gibi yatık çalışanları da yapılmıştır. Dik olarak doldurulur, yatık olarak çalışır. Çalışma sırasında yatayla 17°'lik açı yapar. Oksijen borusunun eğikliği 23° olur. Otuz tonluk konverterin boyu 5,6 m, dış çapı 5,6 m ve astar kalınlığı 60 cm dir. Ekseni etrafında 30° açı ile döner. Yükleme, çalışma ve boşaltma durumlarına getirmek için, diğer konverterlerde olduğu gibi eğilebilir durumda yataklandırılmıştır. [2]

2.b Çalıştırılması

Döküme hazırlanan konverterlere sıvı metalle beraber hurda yüklenir. Oksijenin üflenmesi ile yanan elementlerin çıkardığı ısı, metalin sıcaklığını çok yükseltir.

Yüklenen hurda bu sıcaklığı uygun dereceye indirir. Hurda miktarı yanan elementlerin ısı verme gücüne bağlıdır. Özellikle silisyum miktarı göz önüne alınır. Sıvı metaldeki silisyum miktarı arttıkça hurda miktarı da artar. Ortalama olarak sıvı metalin %20- 35' i kadar olur. Ayrıca demir filizi de yüklenmektedir.

Konvertere önce hurda konur, sonra sıvı metal doldurulur. Sabit konverterler düşey, döner konverterler yatay duruma getirilir. Oksijen borusu gerekli yüksekliğe ayarlanır, oksijen üfletilmesi başlatılır. Oksijen borusunun metal yüzeyinden yüksekliği aygıtın tipine, yüklenen hurda miktarına, oksijen miktar ve basıncına göre tespit edilir. İşletme denemeleri göz önüne alınır. Genellikle bu yükseklik 30-150 cm arasında olur. Oksijenin basıncı dik konverterlerde 6-15 kg/cm², döner konverterde 3 kg/cm²'dir. Bir ton çelik için oksijen miktarı 60 m³ kabul edilir. 100 tonluk bir konverterde, 64 mm çapında bir borudan 200-225 m³/dak oksijen üflenir. Bazı oksijen konverterlerinde, üflenene oksijene kireç tozları karıştırılır. Bu şekilde fosfor ve kükürdün daha iyi giderilmesine yardımcı olunur. [2]



Şekil II.4 Oksijen Konverteri

Üfleminin başlaması ile yukarıdaki bir depodan yanmış kireç, flüorspatı, demir oksidi yüklenir. Yanmış kireç miktarı cürufun baz derecesi ($\text{CaO} / \text{SiO}_2$) ile artar. Baz derecesinin 3 olması uygun görülür.

Borunun ağzından hızla üflenene oksijenin etkisi ile metal karışır ve elementlerin oksitlenmesi başlar. Demir oksidin bir kısmı ergiyeğin içine dağılır. Karbon yanarak CO ve CO₂ durumuna gelir. Şiddetli bir kaynama olur. Aynı zamanda Si, Mn, P, S'te oksitlenir. Oksitlenmeler Thomas konverterindekine benzer. Meydana gelen oksitler cürufa karışır.

Karbon yanınca, üfleme sırasında yanan tozlu ve kırmızı kahverengi duman azalır. Oksijen üfleme durdurulur, üfleme borusu yukarı çekilir. Konverter eğilerek metalin sıcaklığı daldırma pirometre ile ölçülür. Sıcaklığın, az karbonlu çelikler için 1600-1610 °C olması uygun görülür. Sıcaklık yüksek olduğu zaman hurda katılarak düşürülür az olursa oksijen üflenerek yükseltilir. Sıvı çelikten örnek alınır. Analiz yapılır. Karbon fazla ise oksijen üflenerek yakılır. Çeliğin istenen bileşiminin sağlanması için gerekli ilaveler yapılır. Nikel, molibden, bakır konverterde karıştırılır. Ferrolar (Fe-Mn / Fe-Si) alüminyum ve kok (karbon vermek için) sıvı çelik potaya alındıktan sonra, potada katılır.

Bir döküm 30-50 dakika sürer. Yirmi dört saatte 40-50 döküm yapılabilir. Döküm bitince konverter temizlenerek yeni döküm için hazırlanır. [2]

II.2.3 Çelik Döküm Çeşitleri ve Kimyasal Bileşimi

Çelik döküm demir-karbon alaşımıdır. Çelik döküm özelliklerine en çok bileşiminde bulunan karbon etki eder. Karbon miktarına göre, çelik döküm özelliklerinde büyük değişiklikler görülür. Çelik döküm çeşitleri aşağıdaki gibidir. [1-4]

II.2.3.1 Alaşımsız Çelik Dökümler

Alaşımsız çelik dökümler, sade karbonlu malzemeden dökülmüş çeliklerdir. Sade karbonlu çeliklerin bileşiminde karbondan başka silisyum, manganez, fosfor, kükürt ile arıtma gibi işlemler sonucu bileşimde çok az da olsa kalan alüminyum, bakır vb. elementler bulunabilir. Çelik dökümlerin kimyasal bileşimi Tablo II.2' de görülmektedir.

Tablo II.2 Çelik Dökümlerin Kimyasal Bileşimi

Elementin Adı	% Miktarı
Karbon (C)	0,25-1,7 (2,0)
Manganez (Mn)	0,50-1,00
Silisyum (Si)	0,20-0,80
Fosfor (P)	0,05 en çok
Kükürt (S)	0,06 en çok

II.2.3.2 Alaşımlı Çelik Dökümler

Alaşımlı çelik dökümler, alaşımlı çelik malzemeden dökülmüş çeliklerdir. Alaşımlı çelikler, bileşiminde sade karbonlu çeliklerde belirtilen oranları aşan ve özel maksatla içerisinde diğer alaşım elementlerinden bir veya birden çoğu bulunan çeliklerdir. Alaşımlı çelikler, bileşimindeki alaşım elementinin toplamına göre aşağıdaki gibi olur.

a. Az alaşımlı çelik dökümler:

Bileşimindeki alaşım elementlerinin toplamı % 5'i (bazı kaynaklarda % 8'i) geçmeyen çelikler.

b. Yüksek alaşımlı çelik dökümler:

Bileşimindeki alaşım elementlerinin toplamı % 5'i (bazı kaynaklarda % 8'i) geçen çeliklerdir.

II.2.4 Çelik Dökümlerin Bileşiminde Bulunan Elementler

Çelik dökümlerin bileşiminde, karbon, silisyum, manganez, fosfor ve kükürt bulunur. Esasen bu elementler bütün dökme demir çeşitlerinde bulunmaktadır. Bu elementlerin çelik dökümlere etkileri aşağıda açıklanmıştır. [5]

II.2.4.1 Karbon

Çelik dökümlerin özelliklerine en çok karbon etki eder. Karbon, çelik dökümün sertliğini ve çekme mukavemetini artırır. Buna karşılık esnekliğini, dövülebilme, kaynak edilme ve kesilme özelliğini azaltır.

II.2.4.2 Silisyum

Silisyum, diğer elementler gibi demir filizlerinden ve ocak astarından bileşime karışır. Silisyum, çelik dökümlerin bileşiminde meydana gelen gaz boşluklarını önler ve çelik dökümlerin mekanik dayanımı ile özgül ağırlığını artırır. Ayrıca esnekliğini azaltır fakat çekme dayanımı ile akma sınırını artırır. Bileşiminde % 14 silisyum bulunan çelikler, kimyasal etkilere dayanıklı olur. Ancak silisyumu fazla olan çelikler dövülemez.

II.2.4.3 Manganez

Manganez, kükürt ile birleşerek mangan sülfür (MnS) hâlinde oluşur ve cürufâ karışır. Böylece kükürdün, demirle birleşmesini önler. Kükürt, demirle birleşince alaşım sert ve kırılgan olur. Diğer yandan manganezin fazlası karbonla birleşir ve mangan-karbür (Mn₃S) oluşur. Bu da çeliğin sertliğini dayanımını artırır fakat plastikliğini azaltır. Ancak bu, bileşimdeki karbon miktarına bağlıdır.

Manganez, ayrıca dövme, kaynak yapma özelliğine olumlu yönde etki eder. Manganezin yüksek karbonlu çeliklerde etkisi, az karbonlu çeliklere göre daha fazladır. Manganez su verme derinliğini artırır ve korozyona etkisini geliştirir.

II.2.4.4 Fosfor

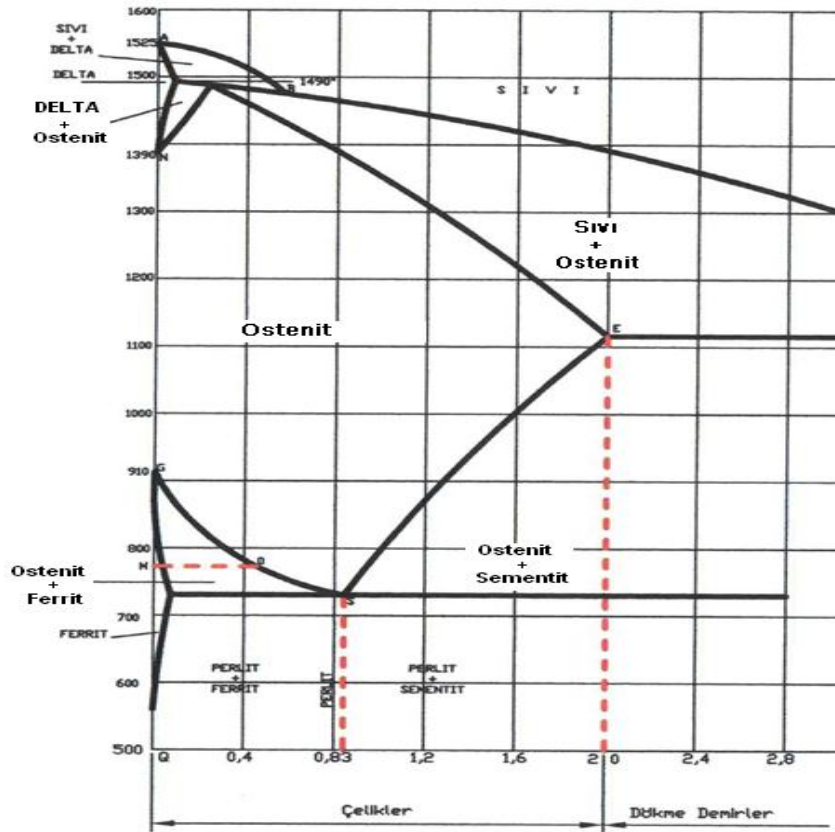
Bileşimde en çok % 0,03–0,05 arasında bulunur. Genel olarak fosfor, çeliklerde zararlı bir element olarak tanınır. Çünkü mikroyapının büyümesine ve çelik dökümün kırılgan olmasına sebep olur.

II.2.4.5 Kükürt

Bu da fosfor gibi bileşimde istenmeyen bir elementtir. Genel olarak bileşimde en çok % 0,025–0,05 arasındadır. Alaşımın kırılgan olmasına sebep olduğu için, bileşimdeki bütün kükürdün, manganezle birleşmesi istenir.

II.2.5 Çelik Dökümlerin Yapı Bileşenleri (Mikroyapısı)

Çelik dökümler ferrit, perlit, sementit, ostenit gibi yapı bileşenlere sahiptir. Çelik dökümlerin yapı bileşenleri topluca Şekil II.5'deki demir-karbon denge diyagramında görülmektedir. Bu yapılar içinde çelik dökümler için en önemlisi ostenit yapıdır. Bu yapının önemi daha çok ısıtım işlem (tavlama, gerginlik giderilmesi, sertleştirme vb. gibi) yönündendir. [5]



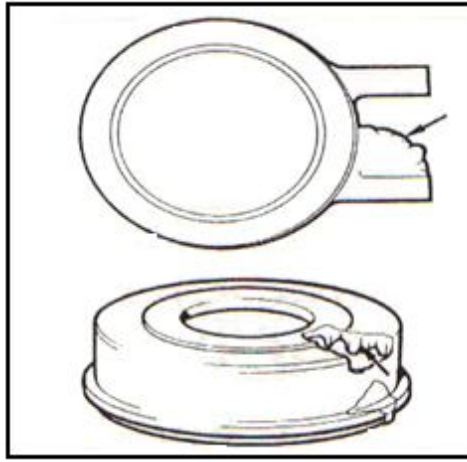
Şekil II.5 Demir-Karbon Denge Diyagramı

II.2.6 Çelik Döküm Hataları

Çelik döküm hataları bazı işlem, kalıpcı ve maça yapımıcısının kontrolü dışında meydana gelmekle beraber; birçok hata doğrudan doğruya insan faktöründen kaynaklanır. Bu hataları en aza indirebilmek amacıyla bu tür döküm hataları ile karşılaşıldığı takdirde muhtemel sebeplerin neler olabileceği ve giderme çareleri aşağıda belirtilmiştir. [6]

II.2.6.1 Kum Düşmesi

Kalıbın üst kısmından veya diğer bir üst kesitten düşen bir kısım kum kütlesi nedeniyle meydana gelen bir döküm hatasıdır.



Şekil II.6 Kum Düşmesi

Muhtemel sebepler;

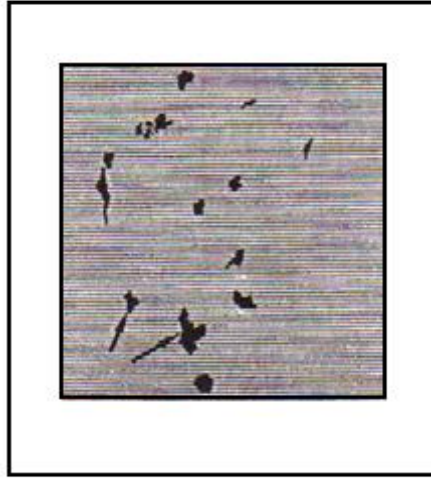
- Kum çok zayıftır veya yeteri kadar sert biçimde sıkıştırılmamıştır.
- Hatalı bölgede çivi veya kamalarla yapılan kalıp takviyesi yetersizdir.
- Derecede mevcut çubuklar (traversler) yeterli değildir veya sulandırılmış kille uygun biçimde astarlanmamıştır.
- Modeller aşınmıştır veya model konikliği yetersizdir.
- Kalıplar yamalıdır. (tamir edilmiştir)
- Titreşim vardır.
- Kalıplama dikkatsizce ve sert (kaba) şekilde yapılmıştır.

Giderme çareleri;

- Malzeme ve ekipman hazırlama işlemlerinin yapılmasında daha dikkatli ve bununla birlikte iyi kalıplama uygulamalarının benimsenmesi gerekir.

II.2.6.2 Yüzey Delikleri

Karbonlu madde ihtiva eden ve düzgün şekilli olmayan boşluklar. Bu hata genelde yüzey işleme sırasında ortaya çıkar.



Şekil II.7 Yüzey Delikleri

Muhtemel sebepler;

- Astar yüzeyi üzerinden metal akışı nedeniyle kalıp ve maçadan taş kömürü astarının çıkması.
- Astarlama yüzeyinin eşit dağılımlı homojen olmayan bir biçimde uygulanması.
- Astar tabakasının çok kalın olması.
- Kuruduktan sonraki mukavemetin yetersiz olması nedeniyle taş kömürü tozunun uçucu olmaması.
- Taş kömürü tozunun çok yüksek çekme (büzülme) değerine sahip olması ve bununla yüzeyde pul bir yapı oluşturmaya yol açması.

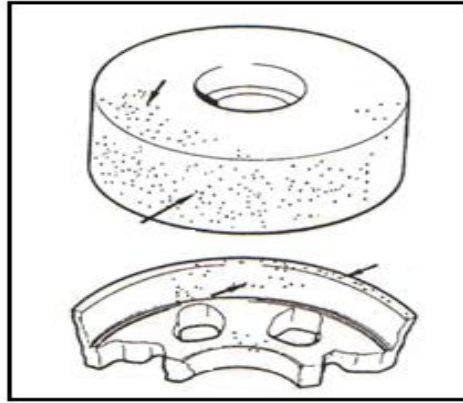
Giderme çareleri;

- Astarlama işlemini dengeli dağılımlı olarak ve çok kalın bir tabaka oluşturmayacak biçimde uygulayınız. Astar malzemesinin uçuculuğu çok

yüksek ise, kil oranını arttırınız veya kurutulduktan sonraki mukavemeti daha yüksek bir kil kullanınız. Eğer bu durum çekme (büzülme) çatlaklarına yol açarsa, az miktarda dekstrin ilave ediniz.

II.2.6.3 Gaz Boşlukları

Genellikle tavlama ve yüzey taşlama işlemlerinden sonra döküm parçası yüzeyi üzerinde ve altında görünen, uzun kesitli ve pürüzsüz cidarlı boşluklardır. Daha çok “karınca” adıyla bilinir.



Şekil II.8 Gaz Boşlukları

Muhtemel sebepler;

- ♠ Bu döküm hatası genellikle, sıvı metal ile kalıp arasındaki kimyasal reaksiyon nedeniyle, katılaşmakta olan çelikten hidrojen açığa çıkmasından kaynaklanır ve kuru kum yerine yaş kum kullanarak yapılan kalıplama yöntemiyle dökülen parçalarda daha çok hakimdir.
- ♠ Usulüne uygun olarak yapılmamış deoksidasyon işlemi ve çeliğin birleşiminde çok yüksek oranda hidrojen mevcut olması da bu gaz boşluklarının oluşumunu etkileyen faktörlerdir.

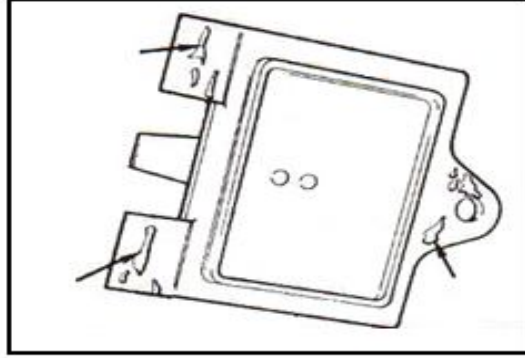
Giderme çareleri;

- ♣ Çelik yapımı sürecinde çeliğin bileşimi içinde hidrojen karışmasına neden olabilecek nemli malzemeler kullanmaktan kaçınınız ve ayrıca, ocak döküş oluşunun ve döküm potalarının tamamen kuru durumda olmalarını sağlayınız.

- ♣ Çelik yapım prosesi sırasında kaynama olayının çok kuvvetli olmasını sağlayınız ve doğru oksitlenme tekniğini kullanınız.

II.2.6.4 Döküm İçinde Hava Kalması

Döküm yüzeylerinin veya altında ortaya çıkan pürüzsüz cidarlı, yuvarlak ve uzun şekilli boşluklardır. Bu döküm hatasının şekli Şekil II.9’da gösterilmektedir.



Şekil II.9 Döküm İçinde Hava Kalması

Muhtemel sebepler;

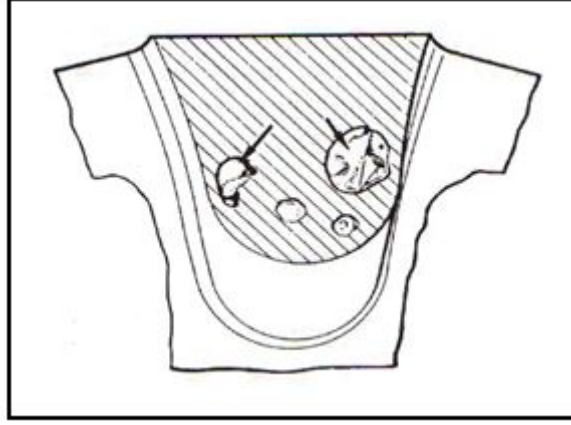
- Sistemde hava kalması.

Giderme çareleri;

- Kumun gaz geçirgenliğini arttırmak için gereken işlemleri yapınız.
- Kalıbın havalandırılmasını arttırınız.
- Metalin kalıp içerisinde türbülanslı veya çok çabuk biçimde akması için gereken önlemleri alınız.

II.2.6.5 Kalıp veya Maça Gazları

Şekil II.10’da gösterildiği gibi, normal olarak döküm parçasının kesitlere ayrıldığı kısımlarda görülen, pürüzsüz ve parlak cidarlı, yuvarlak şekilli boşluklardır. Gaz boşluklarının yoğun kil topaklarından veya kalıp içinde mevcut diğer malzemelerden ileri geldiği bazı belli durumlarda, bu hata döküm parça yüzeylerinde ortaya çıkar.



Şekil II.10 Kalıp veya Maça Gazlarından Oluşan Hata

Muhtemel sebepler;

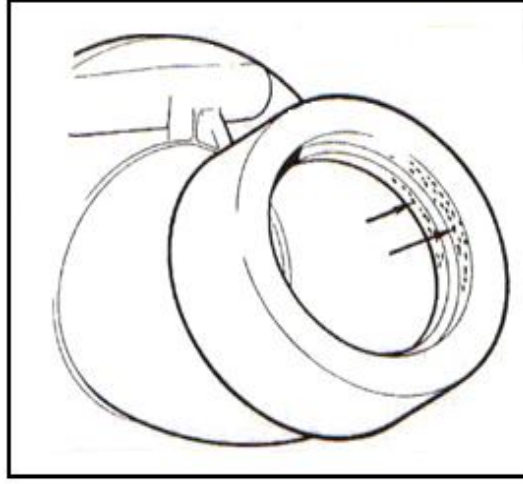
- Kumun düşük değerde gaz geçirgenliğine sahip olması ve kalıp veya maça havalandırmasının yetersizliği nedeniyle kalıp veya maça kumundan gazların çabuk biçimde ve fazla miktarda açığa çıkması.
- Kalıp ve maça kumunun gereği gibi karıştırılmamış olması.

Giderme çareleri;

- ✦ Kumun uygun biçimde karıştırılmış ve öğütülmüş olmasını ve bağlayıcı vs. gibi malzemelerin tüm karışım içinde homojen olarak dağıtılmasını sağlayınız.
- ✦ Maçaların uygun biçimde fırınlanarak kurutulmuş durumda bulunduğundan emin olunuz.
- ✦ Daha az miktarda esaslı bağlayıcı veya organik esaslı katkı malzemesi kullanınız.
- ✦ Kumun gaz geçirgenliğini arttırınız ve maça ve kalıpların gereğine uygun biçimde havalandırıldığından emin olunuz.

II.2.6.6 Döküm Boşlukları

Yüzey döküm boşlukları: Döküm parçası yüzeyinde yer yer meydana gelen küçük boşluklar veya karıncalanmalardır.



Şekil II.11 Yüzey Döküm Boşlukları

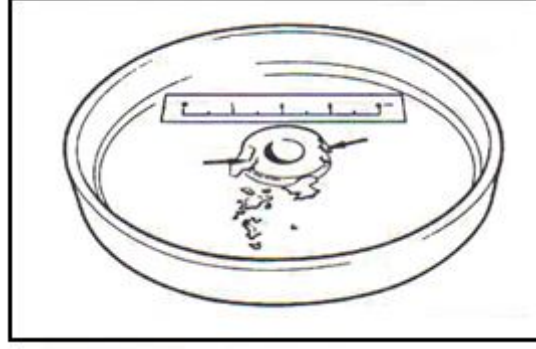
Muhtemel sebepler;

- ◆ Kalıp veya maça yüzeylerinin yer yer aşırı ısınması.

Giderme çareleri;

- + Uygun yolluklandırma yöntemleri kullanmak suretiyle, kalıp veya maça kumlarının aşırı ısınmasını önleyiniz.
- + İyi bir refrakter boyası kullanınız.
- + Sıvı metal dökme sıcaklığını kontrol ediniz.

Yüzeye yakın döküm boşlukları: Döküm yüzeyi üzerinde veya hemen altında ve özellikle üst yüzeylerde ve maça altlarında, döküm yüzeylerinin temizlenmesi sırasında veya işlenmesi sırasında veya işlenmesinden sonra ortaya çıkabilen yuvarlak şekilli veya düzgün olmayan biçimde ve bazen metal granül ihtiva eden küçük deliklerdir. Bu deliklerin yüzeyleri, genellikle cüruf girişleri (nüfuzlu) ve kum taneleri nedeniyle solgun renktedir.



Şekil II.12 Yüzeye Yakın Döküm Boşlukları

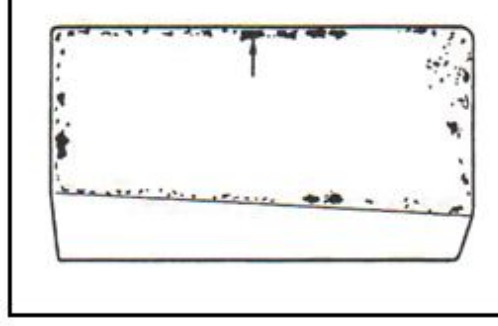
Muhtemel sebepler;

- ♠ Kalıp içine girerek sıvı metalle kimyasal reaksiyon meydana getiren ve akışkan cüruf ihtiva eden demir ve manganez oksitleri.
- ♠ Yüksek oranda manganez ve kükürt içerikleri ile düşük sıvı metal dökme sıcaklıkları bu döküm hatasını artırır.

Giderme çareleri;

- ♣ Döküm potası içindeki sıvı metalin oksitlenmesi nedeniyle veya düşük erime noktasına sahip olan ve refrakter malzemelerden kaynaklanan nedenlerle oluşan akışkan cürufların tümünden kaçınınız.
- ♣ Maden cüruflarının tamamıyla alınmasını sağlayınız. Bunun için süzgeçli maçalar, cüruf tutucular ve iyi döküm teknikleri kullanınız.
- ♣ Yollukların sürekli olarak sıvı metalle dolu durumda olmasını sağlayınız.

Yüzey altı döküm boşlukları: Döküm parçası yüzeyinin hemen altında ortaya çıkan ve hemen hemen tüm yüzeylerde sabit bir yapı gösteren küçük boşluklardır. Birçok durumda döküm yüzeyi normal görünüşte olmakla beraber, bazı durumlarda yüzeyde karıncalanma olabilir.



Şekil II.13 Yüzey Altı Döküm Boşlukları

Muhtemel sebepler;

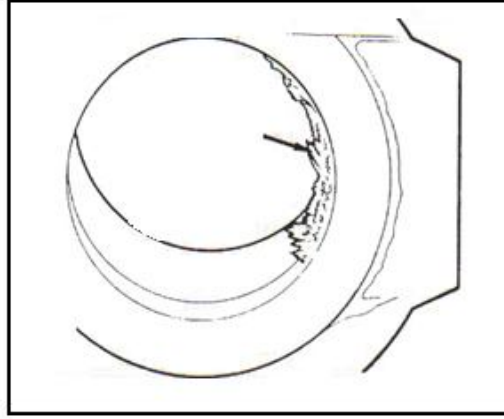
- Bu tip döküm hatası, erimiş metalin kalıp kumu içeriğinde bulunan nem ile kimyasal reaksiyona girmesi sonucunda ortaya çıkar.
- Sıvı metal dökme sıcaklığı çok yüksek olduğu taktirde bu hata çok etkin bir biçimde ortaya çıkar ve yeterli deoksidasyonun eksikliği nedeniyle daha da çok kendisini gösterir. Esasen, kumdaki gaz geçirgenliğinin yetersiz olması ve havalandırmanın gereğine uygun olarak yapılması, bu döküm hatasının ortaya çıkmasına katkıda bulunan faktörlerdir.

Giderme çareleri;

- Kalıp, maça ve kalıp boyaları içinde mevcut uçucu madde miktarını azaltınız.
- Metalin yeterli deoksidasyon geçerek içindeki oksitlerin giderilmiş olmasını sağlayınız.
- Gaz geçirgenliği daha yüksek değerde olan kum kullanınız ve kalıp ve maça havalandırma işleminin uygun biçimde yapılıp yapılmadığını kontrol ediniz.
- Dökme sıcaklığını düşürünüz.

II.2.6.7 Yanık Kum

Normal olarak döküm yüzeyi temizleme yöntemleri vasıtasıyla hemen çıkarılamayan ve döküm parçası yüzeyine yapışık kum ile çelikten oluşan bir karışımdır.



Şekil II.14 Yanık Kum

Muhtemel sebep;

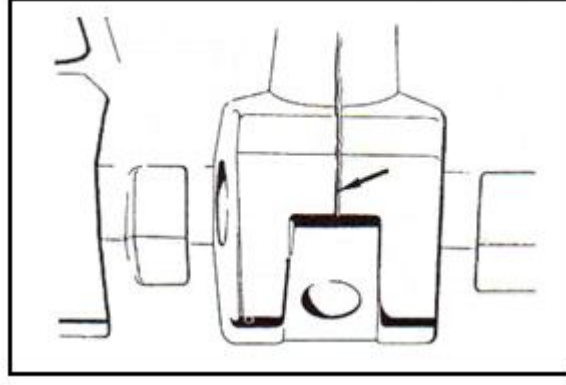
- ♠ Erimiş metalin kalıp veya maça yüzeyinden içeri nüfuz etmesi.

Giderme çareleri;

- ♣ Kalıp ve maça kumlarının eşit dağılımlı olarak ve sert bir biçimde sıkıştırılmasını sağlayınız.
- ♣ Kalıp ve maça kumu karışımını değiştiriniz ve eğer kullanıyorsa, kalıp boyasının istenen bileşime sahip olduğundan ve uygun bir biçimde uygulandığından emin olunuz.
- ♣ Çeliğin dökme sıcaklığını düşürünüz.
- ♣ Kalıp ve maçaların aşırı ısınmasını önlemek üzere, yolluk yöntemlerini uygun bir biçimde değiştiriniz.

II.2.6.8 Soğuk Döküm Çatlağı

Döküm parçalarının yüzeylerinde meydana gelen ve yırtık biçimde olmayan veya düzgün şekilli olup, sıcak yırtığa benzemeyen, devamlı bir çatlaktır. Soğuk döküm çatlakları nispeten düşük sıcaklıklarda (çeliğin katılaşma sıcaklığından çok daha düşük sıcaklıklarda) meydana gelir.



Şekil II.15 Soğuk Döküm Çatlağı

Muhtemel sebepler;

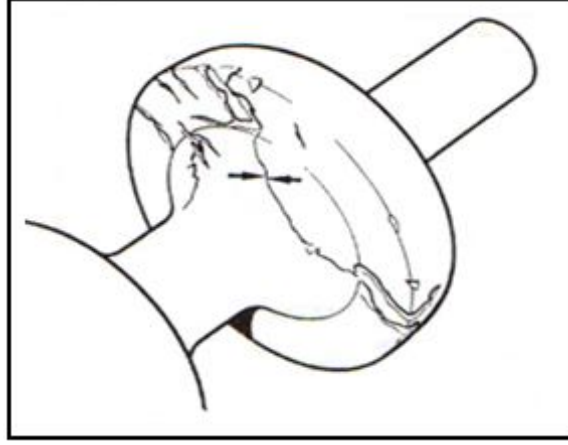
- Çatlama olayı karmaşık şekilli döküm parçalarda daha hâkim olup, döküm parçalarının çeşitli sekilerdeki soğuma hızının farklı olması nedeniyle oluşan yüksek değerde hız gerilimlerin bir sonucu olarak meydana gelir.
- Çatlama olayı, çıkıcıların sarsma işlemine tabi tutulması veya kalıptan çıkarılması sırasındaki yanlış uygulama yapılması sonucunda da meydana gelebilir.

Giderme çareleri;

- Döküm parçalar mümkün olduğu sürece mümkün olduğu kadar yavaş ve eşit olarak soğutulmalı, zamanından önce vurarak kalıptan çıkartılmaya çalışılmalı ve döküm hane zemininde soğuyabilmesi sağlanmalıdır.

II.2.6.9 Soğuk Birleşme

İki veya daha farklı yönden akan sıvı metalin birbiriyle birleştiği fakat birlikte tam bir ergime yapmadığı noktada oluşan bir yüzey kesintisi biçiminde görülen bu döküm hatası, pürüzsüz ve yuvarlak biçimde kenarları olan bir döküm çatlağına benzer. Katmer, soğuk dökümün daha az şiddetli olan bir şeklidir.



Şekil II.16 Soğuk Birleşme

Muhtemel sebepleri;

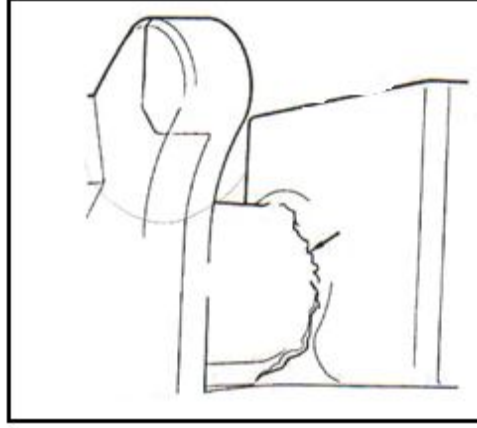
- ♣ Sıvı metal akışkanlığının çok düşük olması ve yolluk yöntemlerinin başarılı olmamasıdır.

Giderme çareleri;

- ♠ Çeliğin döküm sıcaklığını veya döküm hızının veya her ikisini birden yükseltiniz.
- ♠ Yolluk ağızlarının konumunu, ebadını ve sayısını kontrol ediniz.
- ♠ Kum karışımının gaz geçirgenliğini ve havalandırma deliklerinin sayısını arttırınız.

II.2.6.10 Çekme Çatlağı

Metalin kalıp içinde soğuması esnasında veya kalıptan çıkarıldıktan kısa bir süre sonra kendini çekmesi nedeniyle oluşan bir çatlaktır. Bu tür çatlakların cıdarında, çatlama olayının meydana getirdiği andaki döküm parçası sıcaklığına bağlı olarak genellikle renk bozulması olur.



Şekil II.17 Çekme Çatlağı

Muhtemel sebepler;

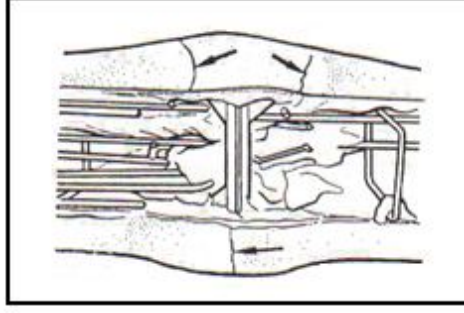
- ◆ Bu döküm hatasının kaynaklandığı ana faktörler; döküm parçasının dizaynı ve bununla birlikte, kalıp, maça ve derece boşlukları vs. nedeniyle metalin normal çekmesinin kısıtlanmasıdır.
- ◆ Yuvarlak köşe parçalarının mevcut olmaması ve uygun yolluk yöntemlerinin kullanılmaması, bu hatanın oluşmasına katkıda bulunabilir.
- ◆ Döküm parçasının kalıptan çok erken çıkartılması nedeniyle (özellikle maçaların henüz çıkarılmamış olduğu durumlarda) artan gerilmelerden dolayı çekme çatlakları meydana gelebilir.

Giderme çareleri;

- ♣ Kalıp ve maça için daha zayıf kum kullanınız ve derecedeki traverslerin veya maça iskeletlerinin çekmeyi kısıtlayıp kısıtlamadığını kontrol ediniz.
- ♣ Katılaşmanın tamamlanmasından sonra, mümkün olan en kısa zamanda kalıpları ve maçaları bozunuz.
- ♣ Büyük parçaların dökümü halinde, bozma işlemini çok erken yapmayınız.

II.2.6.11 Sıcak Yırılma

Sıcak yırılma adı verilen döküm hatası, katılaşma sürecinin son aşamalarında döküm parçası içinde oluşan ve yüzeyleri aşırı derecede oksitlenmiş durumdaki çok düzensiz şekilli çatlaklar olup, bu çatlaklar bazen “çekme” adıyla da bilinir.



Şekil II.18 Dökümde Oluşan Sıcak Yırtılmalar

Muhtemel sebep;

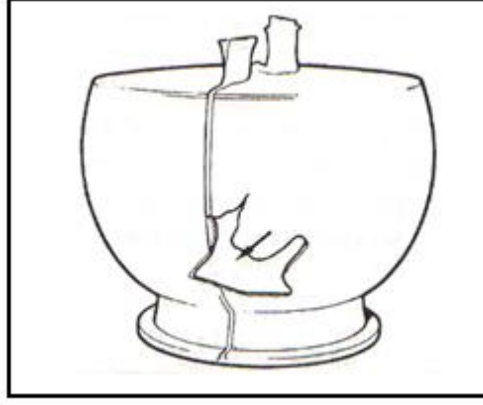
- Döküm parçasının çekme yapmasının engellenmesi ve bunun sonucunda da döküm içinde meydana gelen termik gerilimler nedeniyle çok dik eğimli kesitlerin oluşması ve bununla birlikte iç gerilimlerin artması.

Giderme çareleri;

- ❖ Maça ve kalıpların daha fazla küçülme yapabilmesini sağlayınız.
- ❖ Döküm parçasında ani ve kesin kesit değişimlerinden kaçınınız.
- ❖ Sıcak nokta oluşumuna engel olmak için, döküm dizaynını düzelterek kesitleri homojen hale getiriniz ve uygun soğutucu kullanınız.
- ❖ Karmaşık şekilli dökümleri, parçalara ayırarak basit olarak dizayn ediniz ve sonra kaynatarak tüm parçayı elde ediniz.

II.2.6.12 Metal Akış Hatası

Kalıbın tamamen dolmamış olmasıdır. Döküm parçasının en ince kesitleri tamamlanmış olmayabilir. Diğer durumlarda, döküm yüzeylerinde içinden doğru uzanan, pürüzsüz ve yuvarlak şekilli delikler meydana gelebilir.



Şekil II.19 Metal Akış Hatası

Muhtemel sebepler;

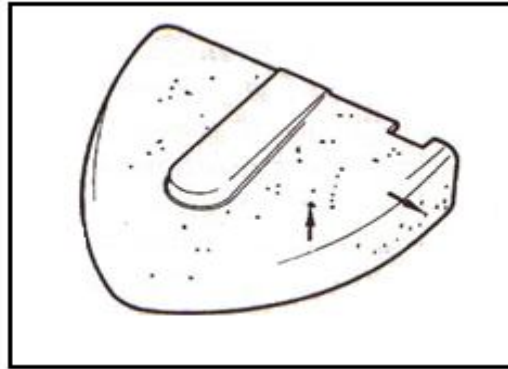
- ❖ Metal çok soğuktur.
- ❖ Yolluk yöntemleri tatmin edici değildir.
- ❖ Kalıp veya maça havalandırması yetersizdir.

Giderme çareleri;

- * Çeliğin döküm sıcaklığını veya döküm hızını yahut her ikisini de yükseltiniz.
- * Yolluk memelerinin komutunu, ebat ve sayısını tekrar kontrol ediniz.
- * Hava deliklerinin sayısını arttırınız.

II.2.6.13 Karıncalanma

Genellikle kum parçacıkları veya yabancı madde ihtiva eden döküm yüzeylerinde küçük çukurlar veya karater biçiminde ortaya çıkan bir döküm hatasıdır. Söz konusu döküm hatası müstakil olarak meydana gelebileceği gibi, döküm yüzeyleri üzerinde dağılmış olarak da mevcut olabilecektir.



Şekil II.20 Karıncalanma

Muhtemel sebepler;

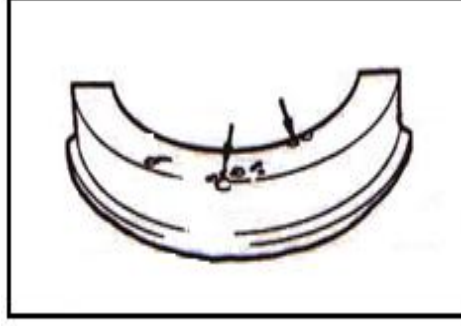
- Bu döküm hatasının müstakil tipi, genellikle, kalıp yüzeyi üzerinde su veya uçucu madde ihtiva eden oldukça büyük miktarda yabancı madde inklüzyonu olması nedeniyle meydana gelir. Erimiş metal bu inklüzyona çarptığında, patlayıcı bir kuvvet etkisiyle aniden buhar veya gaz açığa çıkarak döküm yüzeyinde karakter oluşmasına neden olur.
- Döküm parçası yüzeyinde dağınık olarak ortaya çıkan küçük çukurlar veya kraterler biçimindeki ikinci tip döküm hatası ise, kumun bileşiminde kullanılan kil miktarının kum kütlesinin tamamını kaplayacak şekilde eşit olarak dağılmak yerine bilye biçiminde topaklar halinde toplanmış olduğu, alışılmamış bir durum nedeniyle meydana gelir. Bu kil bilyeleri kalıbın yüzeyinde toplanmış ve üzerleri sıvı metalle örtülmüş durumda iken, aniden açığa çıkan su buharı döküm yüzeyi üzerinde krater meydana getirir. Bu kil bilyeleri daha ziyade yığın halinde kum sistemi kullanan dökümhanelerde karşılaşılan bir döküm hatası olmakla beraber, mekanik bir kum hazırlama tesisi vasıtasıyla karıştırılıp dağıtılan sentetik kumda daha seyrek olarak karşılaşılr.

Giderme çareleri;

- Bu döküm hatasının münferit tipini ortadan kaldırmak için uygulanacak en iyi yöntem, yabancı maddelerin kum içine karışmasını önlemektir.
- Bu döküm hatasının giderilmesi için uygulanabilecek tek alternatif yöntem ise, döküm kumu içindeki yabancı maddeleri bertaraf etmek veya kirlenmiş olan kumu sadece dolgu amacıyla kullanmak üzere, döküm kumunu ince bir elekten geçirerek elemektir.
- Kum içinde oluşan kil topakları, kumun tamamen kurummasını sağlamak ve sonrada bir mekanik işlem uygulayarak bu kil topraklarını çok küçük tanelere dönüşebilecek şekilde kırmak suretiyle ortadan kaldırılabilir.

II.2.6.14 Cüruf ve Kum Düşmeleri

Döküm parça içine gömülü, metal olmayan malzeme parçacıklarıdır. Eğer döküm yüzeyine yakın konumda ise, bu parçacıklar yüzey temizleme işlemi sırasında çıkarılabilir.



Şekil II.21 Cüruf ve Kum Düşmeleri

Muhtemel sebepler;

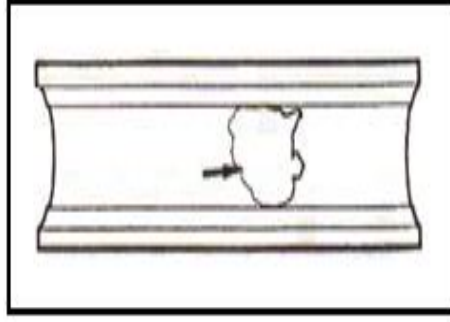
- ❖ Kalıplar kirlidir.
- ❖ Kalıpların kapatılması hatadır ve bu arada kalıp birleşme yüzeyinde birleşme hatasına ve kum dökülmelerine neden olmaktadır.
- ❖ Kalıp veya maça yüzeyi üzerinden akan metal nedeniyle kum aşınması vardır.
- ❖ Kullanılan kum çok uçucudur.
- ❖ Çelikle birlikte dökülmüş olan cüruf miktarı çok fazladır.

Giderme çareleri;

- ★ Kalıpları temizleyiniz, besleyici ve yolluklar için refrakter manşonlar kullanınız.
- ★ Kalıp kumu karışımının mukavemetini arttırınız.
- ★ Kalıp ve maçanın herhangi bir parçası üzerinden aşırı miktarda metal akışı olmasını önlemek amacıyla, yolluk ve besleme sistemine gereken özeni gösteriniz.
- ★ Kalıbın içine cüruf girmesini önleyecek önlemleri alınız.

II.2.6.15 Dart

Genellikle inklüzyon yapmış bir kum kütesini tamamen içine alan ve mutlak surette döküm parçalarının üst yüzeylerinde meydana gelen ince ve pürüzlü bir metal tabakası olup, bazen “kum flambajı” adını alır.



Şekil II.22 Dart

Muhtemel sebep;

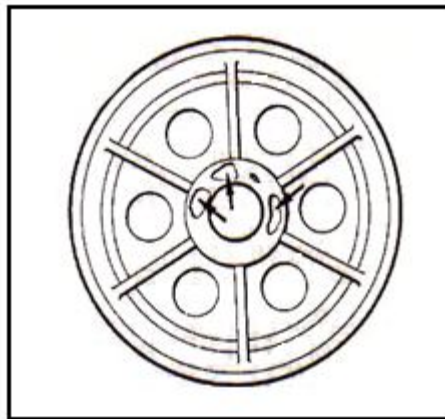
- ♣ Kalıp içinde yükselen erimiş metalden yayılan radyasyon ısısına maruz kaldığında meydana gelen yüksek ısı genleşme ile birlikte, kum karışımının karakteristik deformasyon özelliğinde düşme olması.

Giderme çareleri;

- ◆ Uygun katkı maddeleri ilave edilerek, kumun karakteristik deformasyon özelliğini arttırınız.
- ◆ Kumun bileşiminde daha yüksek oranda kil olması ve kum sıkıştırma işleminin daha yumuşak biçimde yapılması, yüzey kabukları oluşmasının önlenmesinde yardımcı olur.
- ◆ Kalıbı mümkün olan en kısa zamanda doldurunuz.

II.2.6.16 Çekme Boşluğu

Bir döküm parçasının katılaşmasının son aşamaları esnasında oluşan ve geriye kalan sıvı metal havuzun katı hale geçmesi sırasında büzülmesi nedeniyle meydana gelen boşluktur.



Şekil II.23 Çekme Boşluğu

Muhtemel sebep;

- Yanlış besleme.

Giderme çareleri;

- ★ Besleyicilerin ebadını arttırınız ve dağılımını iyileştiriniz. Kokiller kullanarak veya beslemeye yardımcı olacak egzotermik elemanlar uygulamak suretiyle yönsel katılaşmanın gerçekleşmesini sağlayınız.

II.2.7 Çelik Dökümlerin Akıcılığı

Ergitilmiş çelik dökümlerin akıcılığı, akıcılık spirali ile ölçülür. Kullanılan spiral, lamel grafitli dökme demirin akıcılık deneyinde kullanılan spiralin benzeridir. Çelik dökümlerin dökülme sıcaklığı ile bileşimine göre spiral uzunluğu değişir. Bilhassa bileşiminde bulunan karbon, silisyum, manganez, kükürt ile deoksidasyon maddeleri (alüminyum, ferrosilisyum v.b), spiralin uzun ve kısa olmasına etki eder. Bunların yanında, kalıbın yapıldığı gereç ile ergitmede uygulanan işlemler çelik dökümlerin akıcılığına etki eden faktörlerdir.

Çelik dökümlerin akıcılığının iyi olması, kalıpta en ince kesiklere kadar yürümesi için alaşımın bileşimi, kalıpların hazırlanması ve ergitmede uygulanan işlemlere bağlıdır. [4]

II.2.8 Çelik Döküme Katılan Maddeler ve Etkileri

Çelik dökümlerin birçok özelliğini değiştirmek ve geliştirmek için çeşitli maddeler katılır. Bu maddeler ve çelik dökümlerin mikro yapısına etkileri aşağıda açıklandığı gibidir. [5]

II.2.8.1 Silisyum

Silisyum, oksijen alıcı bir temizleyicidir. Silisyum, manganez gibi çeliklerin bileşiminde bulunabilir veya sonradan katılabilir. Çelikte % 0,37'ye kadar silisyum bulunması mekanik özellikler üzerinde fazla etkili olmamakla beraber, deoksidasyonu sağlar ve tam okside edilmiş çelik üretimini kolaylaştırır. Fakat bu miktar artarsa çeliğin dayanım ile sertleşme derinliği artar. Buna karşılık darbelere dayanımı azalır. Bunun için çeliklerdeki silisyum miktarı % 0,357'nin üzerine çıkarılmaz.

Silisyum, demirde çok erir ve katı eriyik meydana getirir. Karbon bu eriyikte sementitten çok grafitik çökme eylemi gösterir. Silisyum, paslanmaz çeliklere % 2 kadar, nikel-krom-wolfram (tungsten) valf çeliğinde ise %1-1,25 arasında bulunur.

II.2.8.2 Manganez

Manganez, karbür yapıcıdır ve çeliklerde oksijen alıcı olarak kullanılır. Ancak bu özelliği, silisyumdan daha azdır. Çeliklerde manganez miktarı % 10'un üzerine çıktığı zaman faz değişimleri azalır. Bileşiminde % 1-1,4 karbon ve % 10-14 manganez bulunan, manganezli çelikler çok kullanılır. Bu çeliklere 1000°C su verildiğinde, yüksek manganez miktarı normal sertleşme değişimini durdurur ve çeliğin yapısı oda sıcaklığında ostenitik olarak kalır. Bu yapıdaki çeliğin çekme dayanımı yüksek olduğu için dayanıklılığı fazladır. Aşınması çok az olduğu için kaya kırıcıları, kırma silindirleri, demiryolu parçaları vb gibi çok yüksek dayanım istenen parçaların yapımında kullanılır.

Otomobil krank milleri ile piston kolu gibi yüksek çekme ve darbe dayanımı gerektiren parçaların yapımında % 0,35 karbon, % 1,5 manganez , % 0,35 molibden kullanılır.

II.2.8.3 Alüminyum

Alüminyum, çelikte oksijen alıcı olarak çok kullanılır. Demiroksidin oksijeni ile birleşerek alümina meydana gelir. Alüminyum, sıvı metaldeki ergimiş olan gazları alarak çelik dökümlerde meydana gelen karınca vb gibi hataları önler.

Alüminyumla deoksidasyon işleminin, çelikteki yabancı sülfürlerin tip ve dağılımı üzerinde etkisi çoktur. Bu amaçla % 0,5'e kadar alüminyum kullanılır.

Çeliklere alüminyum katılması yapının küçük taneli olmasını sağlar. Bunun sonucu olarak da normal karbonlu çeliklerin çekme ve darbe dayanımları yüksek olur.

II.2.8.4 Bakır

Bakır, birçok az alaşımlı yüksek dayanımlı yapı çeliklerinde kullanılır. Bu çeliklerin korozyona dayanımını artırır. Çeliğe az miktarda bakır katılması, atmosferik korozyon tesirlerini en aza indirir. Bu amaçla çeliğe % 0,15-0,25 bakır katılır. Bakır, ayrıca çeliğin sülfürik aside karşı da dayanımını artırır. Bakır demir ile birleşmez ve karbürleştirici değildir.

II.2.8.5 Nikel

Nikel, çeliğin dayanımını artırır. Çelikte, özellikle krom ile birlikte bulunduğu zaman sertliğin derinliklere inmesini sağlar. Krom-nikel çelikler paslanmaz, korozyona ve ısıya dayanıklıdır. Bazı az karbonlu çeliklere dayanım ve sertliğini artırmak için % 5'e kadar nikel katılabilir. % 5'ten fazla nikelli çelikler, martenzit yapı meydana getirdiği için alaşım kırılgan olur. Bileşimde %15 nikel bulunan çeliklerin yapısı tamamen martenzittir. Bu tür çeliklerin sertliği 300 Brinelle kadar çıkar. Nikel miktarı daha fazla olursa, yapıda ostenit görülür ve çeliğin sertliği azalır.

Bileşimlerinde alaşım elemanı olarak yalnız nikel bulunan çelikler çok kullanılmakla beraber fiziksel özelliklerin artırılması için az miktarda krom ve molibden katılması gerekir. Böylece çelikler yüksek aşınma ve darbe dayanımı gerektiren parçaların yapılmasında kullanılır.

II.2.8.6 Krom

Krom, çeliğin dayanma özelliğini artırır. Fakat buna karşılık esnekliğini az da olsa azaltır. Ayrıca çeliğin sıcaklığa dayanımını da artırır. Korozyonu önler. Bilhassa yüksek miktarda krom, çeliğin paslanmaya ve aşınmaya karşı dayanımını artırır.

Kromlu paslanmaz çeliklerde, krom miktarı arttıkça çeliğin kaynak yapılabilme özelliği azalır. Krom çok kullanılan bir alaşım elemanıdır. Çeliklere % 0,30'a kadar krom kullanılabilir. Krom çok kuvvetli karbür yapıcı bir yapı elemanıdır. Krom, yüksek karbonlu çeliklerde aşınma dayanımını artırır.

II.2.8.7 Vanadyum

Vanadyum, çeliklere çok az kullanıldığında bile alaşımın sıcağa dayanımını artırır. Vanadyum, bilhassa makine yapı çeliklerinin kristal yapılarının ince olmasını sağlamak ve mekanik özelliklerini geliştirmek için katılır.

Vanadyum genellikle alaşımlı makine çeliklerinde %0,03–0,25 arasında bulunur. Karbür yapıcı bir katkı elemanıdır. Ayrıca çekme dayanımını artırır. Makine yapı çeliklerinde krom ve volfram ile birlikte kullanılır.

Vanadyum, makine, yapı ve sıcak iş çeliklerinde daha çok krom, hava çeliklerinde wolframla birlikte kullanılır.

II.2.8.8 Molibden

Molibden, çeliğin çekme dayanımını ve ısıya dayanıklılığını artırır. Ayrıca kaynak edilebilme özelliğini artırır. Yalnız çeliğin bileşiminde fazla miktarda molibden bulunursa dövülebilmesini güçleştirir. Molibden, daha çok krom ile birlikte kullanılır ve etkisi volframa benzer.

Çeliklerin krom ve nikel ile birlikte kullanıldığında, akma ve çekme dayanımlarını artırır.

Molibden kuvvetli bir karbürleştirici olduğundan hava ve sıcak iş çelikleriyle korozyona ve ısıya dayanım istenen çeliklerin yapımında kullanılır.

Molibden genellikle % 0,5-1 arasında kullanılır. Bu miktar % 0,3 karbonlu çeliklerde % 8 kadar olabilir. Az ve yüksek alaşımlı çeliklere molibden katılması, bu çeliklerin yüksek sıcaklıkta mekaniksel dayanımını artırır.

II.2.8.9 Volfram (Tungsten)

Kuvvetli bir karbür yapıcıdır. Volfram, çeliğin dayanımını artırır. Takım çeliklerinde kesici ağızların sertliğini, kullanma ömrünün arttırmasını ve yüksek ısıya dayanmasını sağlar. Bunun için takım ve hava çeliklerinde çok kullanılır. Volfram kaynak edilebilme özelliğini geliştirir. Volframın başlıca kullanıldığı yer, yüksek hız takım çelikleridir. Bu çeliklerin en önemli elemanı olan volfram, yüksek hız ve derin pasolarda verimli bir kesme sağlamak için çeliğe gerekli özellikleri verir. En çok kullanılan yüksek hız çeliğinde % 18 volfram, % 4 krom, % 1 vanadyum ve % 0,70 karbon bulunur.

II.2.8.10 Titanyum

Titanyum, çok kuvvetli bir karbür yapıcıdır. Ayrıca temizleyici bir elementtir. Başta oksijen ve azot olmak üzere diğer yabancı maddelerle dengeli bileşikler kurar. Genellikle oksijen alıcı olarak az miktarda kullanılır ve çeliklerin bileşiminde % 0,25'e kadar bulunabilir. Az karbonlu deoksitlenmiş çelikleri deoksitlenmek için, potaya orta veya yüksek karbonlu ferro-titanyum katılır.

II.2.9 Özel Çelik Dökümler

Belli özellikteki bir çelik alaşımından yapılmış araç ve gereçleri asit, korozyon, sıcak, soğuk gibi yerlerin hepsinde kullanmak mümkün olmaz. Çelik dökümden belli amaçlar için üretilen araç ve gereçler, bulundukları ortamın etkilerine dayanabilecek uyum özelliklerini taşımalıdır. Bu nedenle belli etkilerde özelliğini bozmadan kullanılabilecek ve dayanabilecek çelik bileşimi yapmak gerekir. Aşağıda belli yerlerde dayanım gösteren ve istenilen özellikleri taşıyan çelik dökümlerden örnekler verilmiştir. Genel olarak bunları “*Özel Çelik Dökümler* “ diye tanımlamak da mümkündür. [3,4,7]

II.2.9.1 Korozyona Dayanıklı Çelik Dökümler

Bazı kaynaklar korozyonu, kimyasal ve elektrokimyasal tesirlerle katı bir cismin yüzeyinden, iç kısımlarına doğru oluşan tahribat olarak tanımlar. Buna örnek olarak demir ve çeliklerdeki paslanma gösterilebilir. Bu metallerdeki paslanma olayı oksijen ve rutubetin etkileridir. Havadaki oksijen demir, hidrojenle birleşir ve demir oksit (FeO) bileşimini meydana getirir. Bu bileşik için gerekli olan demir miktarı, etkilenen demir parçasının yüzeyinden alır. Bu kimyasal olay ne kadar uzun olursa, o kadar çok demir alınır ve olayın meydana getirdiği tahribat o derece fazla olur.

Biraz rutubetlenmiş iki değişik metalde derhal, beklenilmeyen, hatta arzu edilmeyen gayet küçük paslanma olayları başlar. Bunlardan korozyon dayanımı daha az olan metaller çok etkilenir ve zamanla bozularak özelliğini kaybeder. Bu tesirlere çeliğin dayanımını artırmak için belli metaller katılır. Bu metallerin en çok kullanılanı kromdur.

Krom, demire göre oksijen tarafından daha çok etkilenir. Çünkü oksijen, krom atomları ile birleşir ve krom oksit oluşur. Bu oksit, çeliğin bütün yüzeyini zar gibi sarar. Böylece çelik, oksijenin etkisinden korunmuş olur. Kromun bu görevini yapabilmesi için bileşimde en az %12 krom olması gerekir.

Bileşiminde % 12 krom bulunduran bu tip çeliklere paslanmaz çelik denir. Bu çelik dökümler bilhassa kimyasal etkilere karşı çok dayanıklıdır.

Paslanmaz çelik dökümlerin değişik kullanma alanları vardır. Su türbinlerinin korozyon ve aşınmasının fazla olabilecek kısımlarında, kimya endüstrisinde asitlere dayanım istenen parçalarda, tıp alanında pek çok araç ve gereç yapımında, ayrıca supaplar, pompa gövdeleri ile dişliler ve daha birçok parçaların yapımında paslanmaz çelik dökümler kullanılır.

Paslanmaz çelik dökümlerin ergitilmesi ancak az miktarda asitli endüksiyon ocaklarında mümkündür. Daha büyük miktarlar için yalnız bazik astarlı ocaklar kullanılır. Krom-nikelli çelikler her zaman bazik astarlı endüksiyon ocaklarında ergitilir.

Paslanmaz çelik dökümler üç gruba ayrılır.

- a. Ferritik-Karbürlü çelik dökümler (% 25-30 krom, % 0,5-1 karbon)
- b. Perlitik-Martenzitik çelik dökümler (en az %13-17 krom, % 0,1-0,25 karbon)
- c. Ostenit-Krom-Nikel çelik dökümler (en az %18 krom, % 8 nikel ve en fazla % 0,1 karbon)

%14 kromlu çelik dökümün çekme dayanımı 60- 110 kg/mm² arasında değişir. Akma sınırı ise 40-80 kg/mm²'dir.

II.2.9.2 Manyetik Olmayan Çelik Dökümler

Manyetik olmayan çelik dökümlerin, düşük elektrik geçirgenliği ve çok iyi işlenme özelliklerinin olması gerekir. Ayrıca korozyona da dayanabilmelidir. Bu çeliklerde manganez ve nikel öncelikle belirtilecek elemanlardır. Yukarıda belirtilen özelliklerin olabilmesi için, karbon miktarının iyi seçilmesi, katılan alaşım elementlerinden krom, molibden, vanadyumun alaşımda bulunması gerekir.

Manyetik olmayan belli başlı çelik dökümler şunlardır: Çok manganezli çelik dökümler, krom-nikel manganezli çelik dökümler. Bunlardan krom-nikel-manganezli çelik dökümlerin bileşiminde; % 8 krom, % 5 nikel, % 8 manganez veya % 5 krom,% 8 nikel, % 8 manganez ve % 1 vanadyum bulunur. Bu çelik dökümlerin iyi dökülme ve yeterli işlenebilme özelliği vardır. % 12 manganezli, çelik dökümden ayrılır. Vanadyumlu alaşım, 60 kg/mm²'ye dayanır. Buna karşılık dökme özelliği bakımından vanadyumsuz alaşımdan daha kötüdür.

Krom-nikelli çelik dökümler ise, % 18 krom ve % 8 nikelli alaşımdır. Bilinen paslanmaz çelik döküm çeşitleri alaşımı meydana getiren elementlerin ayarlanması ile elektrik iletme değerlerine getirilebilir. Bunun için nikel katılması ile krom, molibden miktarının sınırlandırılması ve ferrit miktarının azalması gerekir.

II.2.9.3 Sıcağa Dayanıklı Çelik Dökümler

Sıcağa dayanıklı çelik dökümler gazların, bilhassa 600°C'den daha fazla sıcaklıklardaki oksitleyici özelliklerine dayanıklı alaşımlardır. Sıcağa dayanıklı çelik

dökümler, belli sıcaklıkta ve belli soğutma işlemlerine dayanabilen yapıda olmalıdır. Ayrıca sıcak durumda iyi bir dayanım ve yanmış yağın oluşturduğu korozyona karşı dayanımı da aranan özelliklerdir.

Sıcağa dayanıklı çelik dökümler, birçok yerde kullanılır. Devamlı çalışan ve sıcağa dayanıklı çelik dökümlerden yapılmış konveyör, ızgara, kutu ve zincirlerle, içine tav gereci gönderilen ısıtma işlem fırınlarının yapımı bu çelikler sayesinde mümkün olmuştur. Sıcağa dayanıklı savurma dökümden yapılan borular, ocakların ve döküm potalarının ısıtılmasında kullanılır.

Kükürtlü filizlerin tavlama fırınlarındaki işlemlerinde kullanılan kromlu çelik dökümden karıştırıcılar ve ızgara çubukları diğer bütün gereçlerden daha ekonomiktir. Çimento endüstrisi döner fırınlarında, sıcaklığa dayanıklı gereçler kullanılır. Petrol endüstrisinde ve petro-kimya fırınlarında, sıcağa dayanıklı, savurma dökümden yapılmış borular, dirsekler ve boru askıları kullanılır. Krom-nikelli çeliklerden yapılmış ızgaralar, parçaların tavlama sırasında kullanılır. Dizel motorlarında motor kapağı, aynı şekilde sıcağa dayanıklı çelik dökümden yapılan bir başka örnektir.

Sıcağa dayanıklı yüksek alaşımlı çelik döküm çeşitlerinin karbon miktarı, dövme gereçlere göre biraz fazladır. Karbonun fazlalığı, döküm özelliğini artırır. Östenitik krom-nikel çeliklerinin sıcaklığa dayanımlarını artırır. Bileşimlerine göre bunları iki sınıfa ayırabiliriz.

Kromlu çelik dökümler: Sahip oldukları krom miktarına göre 600-1200°C arasında oksidasyona dayanıklıdır. Fakat dayanımları azalır.

Krom-Nikelli çelik dökümler: Bu östenitik çelik dökümler, oksidasyona karşı iyi bir dayanıklılık yanında, artan nikel miktarı ile sıcak durumda dayanımı artar. Isıl zorlamaların yanında, mekanik zorlamaların da bulunduğu durumlar için çok elverişlidir.

Nikelli çeliklerin kükürtlü gazlarla temasta bulunması uygun değildir. Bilhassa gazlar, indirgeyici olarak etki yapar ve kükürt bulunursa çok kötü durum yaratır. Düşük sıcaklıklarda ergiyen nikel sülfidlerin oluşması yapıyı çok bozar.

Sıcaklığı 900°C'ye kadar çıkabildiği ve çok miktarda alkali bulunduran yakacakların kullanıldığı durumlarda, takriben % 50 krom, % 50 nikel, aynı şekilde % 60 krom, % 40 nikel tavsiye edilen değerlerdir. Bu çelik alaşımları soğuk

durumlarda kırılığandır fakat 600°C'nin üstünde iyi esneklik kazanırlar. Tablo II.3'de Krom-Nikelli çelik alaşımlarının üst sıcaklık sınırları verilmiştir.

Tablo II.3 Krom-Nikelli Çelik Alaşımlarının Sıcaklığa Dayanımları

Alaşımların cinsi	Dayandığı sıcaklık (°C)
%50 Krom - %50 Nikel	750 – 850
%60 Krom - %40 Nikel	850' den fazla

Krom % 35 ve nikel % 65 olan çelik döküm alaşımları soğuk durumda, yukarıdaki iki alaşımdan daha esnektir. Buna rağmen küllerin korozyonuna dayanıklı değildir. Ancak 750 °C'ye kadar kullanılabilir.

II.2.9.4 Soğuğa Dayanıklı Çelik Dökümler

Soğuğa dayanıklı çelik dökümlerin, sıfırın altında -10 °C'den daha aşağı sıcaklıklarda dahi yeteri kadar çekme dayanımı ve esneklik gösterdiği söylenebilir.

Soğuğa dayanıklı çelik dökümler kutuplarda, çok düşük soğuklarda kullanılmakta olan taşıtlarda, ayrıca -70 °C dolaylarındaki stratosfer sıcaklıklarında değişen durumlarda uçan uçaklarda kullanılır. Bununla birlikte ana uygulama yeri, son yıllarda çok ekonomik alan olarak gelişmiş olan, endüstriyel soğutma tekniğidir.

Çelik elde etme metotlarındaki fazla oksijen sarfıyatı, oksijene olan ihtiyacı oldukça artırmıştır. Petro-kimya sanayinde organik ürünlerin ayrıştırılması dondurulmakla yapılmaktadır. Bunlar arasında bilhassa plastiklerin ana maddesini teşkil eden etilenin elde edilişi ve parçalanışı önemlidir. Yüksek soğutma tekniğinde yer gazının sıvılaştırılması, yeni bir kullanma sahası ortaya çıkarmıştır. Bu sahada çelik döküm, esas olarak soğuğa dayanıklı donanımlarda kullanılır.

Soğuğa dayanıklı belli başlı çelik dökümler şunlardır:

- a. Alaşımsız, ferritik-perlitlik yapıdaki çelik dökümler. Çekme dayanımları 45-60 kg/mm² ve kullanma sıcaklığı -40 °C'ye kadar.

- b. Islah edilmiş çelik dökümler. (Krom- molibden veya nikel alaşımlı çelik dökümler) 65 kg/mm²'ye kadar çekme dayanımı kazandırılır. Kullanma sıcaklığı -120 °C'ye kadar.
- c. Ostenitik çelik dökümler. Ergiyik halde tavlanmış ve su verilmiş, kullanma sıcaklığı - 196 °C'ye kadardır.

II.2.9.5 Dökme Islah Çelikleri

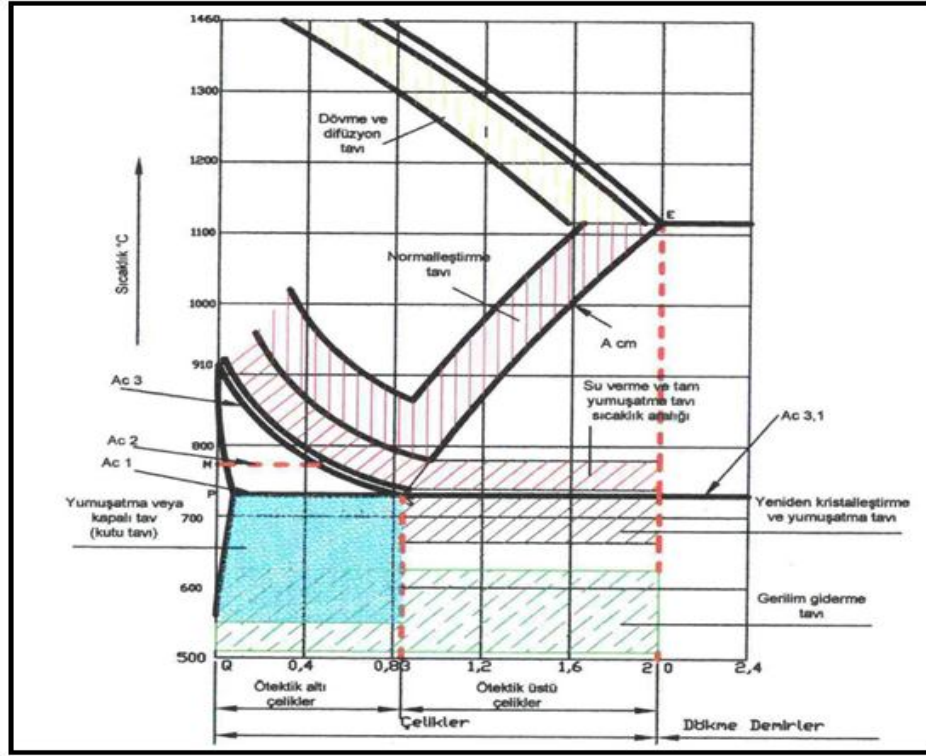
% 5 alaşımlı, 70-120 kg/mm² çekme dayanımı olan çelik döküme, az alaşımlı dökme ıslah çelik denir. Yüksek çekme dayanımı, yüksek zorlanma büyük yüklere karşı ıslah çelikleri kullanılır. Bileşimdeki karbon oranı %0,025–0,46 arasında değişir. Karbon miktarı fazla olduğu takdirde, kaynak esnasında bazı sorunlar doğar. Silisyum %0,3–0,5, manganez %0,5-0,9 arasında değişir. Darbelere dayanabilmesi için fosfor ve kükürt miktarı mümkün olduğu kadar az olmalıdır.

Alaşım elementleri olarak molibden, krom-molibden-vanadyum veya krom-nikel-molibden kullanılır. İyi sertleştirme için, alaşım elementlerinin uygun ve yeterli miktarda seçilmesi gerekir. Islah çelikleri için, en iyi ekonomik alaşım elementi kromdur. Krom miktarı yükseldikçe, kritik soğuma hızı çok çabuk düşer. Krom miktarı %3,5'e kadar uygundur. Islah işlemi 70 Kg/mm² ye kadar olur. Az karbonlu iken suda sertleştirmemeye çok iyi darbe dayanımı sağlanır. Molibdenli alaşımlarda sertleştirme iyi sonuç vermez. Darbe dayanımı düşüktür. %0,20–0,50'ye kadar molibdenli alaşım yapılabilir. Krom-molibden çelik dökümlerde 100 kg/mm² çekme dayanımı ve üstü tokluk sağlanabilir. Eğer iyi bir çekme dayanımı ve iyi dayanıklılık istenirse, krom-nikel- molibdenli çelikler seçilmelidir.

II.2.10 Çelik Dökümlere Uygulanan Isıl İşlemler

Isıl işlem; katı durumdaki metal veya alaşımlarına kimyasal bileşimine göre belirli özellikler kazandırmak amacıyla uygulanan bir ya da daha çok sayıda ısıtma ve soğutma işlemidir. Sıcak biçimlendirme veya sıcak işleme, yüzey korunması amacıyla yapılan ısıtmalar, ısıl işlemi sayılmaz.

Çeliklere uygulanan ısıl işlemleri aşağıdaki gibi belirtmek mümkündür. Bu işlemler için kullanılan diyagram Şekil II.24'de görülmektedir. [8]



Şekil II.24 Çeliklere Uygulanan Isıl İşlemlere Ait Sıcaklık Bölgeleri

II.2.10.1 Sertleştirme

Malzemeye sertlik, diğer bir deyimle mukavemet kazandırmak için yapılır. Malzeme ostenit bölgesinde ısıtılır. Burada bir müddet tutulur sonra hızla soğutulur. Bu soğutma, çeliğin cinsine göre su veya yağda olabilir. Hava çeliklerinde havada soğutma yeterli olur. Elde edilen yapı martenzittir. Bu yapı çok kırılgandır. Bu vaziyette kullanılmaz. Menevişlenmesi gerekir.

II.2.10.2 Menevişlenme

Kırılgan olan martenzitin gerilmelerini almak için menevişleme yapılır. Su verilen malzeme 100-600°C arasında ısıtılır. Belirli bir süre havada tutulduktan sonra soğutulur. Soğutma hava, su veya yağda yapılabilir. Fakat çok ince karbürler çökmeye başlar, sertlik biraz düşer. Meneviş sıcaklığı yükseldikçe, meneviş süresi de uzadıkça karbürler belirginleşir. Ferrit ana doku görünmeye başlar. Daha sonra karbürler yuvarlaklaşır ve ferrit ana dokusu hâkim olur. Dolayısı ile sertlik de gittikçe düşer. Süneklik artar.

II.2.10.3 Normalizasyon

Herhangi bir nedenle yapısı bozulmuş malzemenin bu yapısını normalleştirmek için yapılır. Sıcak dövülmüş ve döküm malzemeler bu sınıfa girer. Malzeme ostenit bölgesinde ısıtılır. Belirli bir süre burada tutulur. Tavlama tamamlandıca havada soğutulur. Dokuda anormal taneler yoktur. İri taneler ufalır. Yapı itibarıyla ferrit perlitten ibarettir. Normalize edilmiş doku, sertleştirmeden önce en uygun dokudur. Bu sebeple sıcak dövülmüş çelikler sertleştirme öncesi normalize edilir.

II.2.10.4 Yumuşatma Tavı

Yumuşatma tavı, genellikle çeliğe perlit dönüşüm noktası Ac_1 civarında, fırında veya özel kapalı bir yerde tavlama ve sonra yavaş soğutma işlemidir.

Ötektoit altı çelikler, soğuk biçimlendirmenin devam etmesi gerektiği hâllerde, 550-723 °C arasında bir sıcaklıkta ısıtılarak yavaş soğutulur. Buna ara tavı denir.

Ötektoit üstü çelikler, sert lamel sementitleri küresel sementit hâline dönüşerek talaş kaldırmak için Ac_1 noktası civarında tavlansak yavaş soğutulur.

II.2.10.5 Gerilim Giderme Tavı

Herhangi bir nedenle gerilim altında kalmış yapıda gerilimleri alıp malzemeyi rahatlatmak için yapılır. Kaynak edilmiş, doğrultulmuş, dökülmüş, sıcak dövülmüş, taşlanmış veya benzeri işlem görmüş malzemeler gerilim giderme tavına tutulur. Malzeme 400-600 °C’de tavlansak ve genellikle tavlama sonrası bir müddet fırında soğutulur. Daha sonra açık havaya bırakılır. Gerilim gidermeye tutulan iş parçasında istenmeyen gerilimler ortadan kalkar, malzeme rahatlar ve kendi kendine çalışmaz.

II.2.10.6 Islah Etme

Malzemeye yüksek tokluk kazandırmak için yapılır. Malzeme su verildikten sonra yüksek sıcaklıklarda menevişlenir. Bu sıcaklık 500–700 °C kadardır. Malzeme taneleri sementit yapıya sahiptir. Ana doku ferrittir.

II.2.11 Çelik Dökümlerin Isıl İşlemlerinde Kullanılan Tav Fırınları

Çelik dökümlerin ısıl işlemlerinde kullanılan tav fırınları çok çeşitlidir. Çelik döküm atölyesinin şekline ve döküm parçaların durumlarına göre değişik biçim ve büyüklüklerde yapılır.

Tav fırınlarının iç kısımları ısıya dayanıklı ateş tuğlaları veya seramik yünü ile örülür. Tavanları düz veya kavisli yapılıdır. Döküm parçalar fırınlara elle ya da vinçle konulur.

Tav fırınları, arabalı veya arabasız olarak kullanılabilir. Arabalı olanları, kalıpların ve maçaların kurutulmasında kullanılan kurutma fırınlarına benzer. Büyük ve ağır döküm parçalar, araba üzerine vinç ile konulur. Sonra da araba raylar üzerinde, fırın içine itilerek yerleştirilir.

Arabasız olanlarda döküm parçalar elle, büyük döküm parçalar ise fırın üstü açılarak vinç ile fırın içine yerleştirilir. Ancak böyle tav fırınları genellikle az kullanılır.

Tav fırınlarının içi, istenilen sıcaklıkta olmalıdır. Tav fırınlarında istenilen tavlama sıcaklıkları gerektiğinde azaltılabilmeli veya artırabilmelidir. Bunun için fırın iç sıcaklığını ayarlayan ve bu sıcaklıkları gösteren sistemler bulunmalıdır.



Şekil II.25 Elektrikli Tav Fırını

Tav fırınlarının iç sıcaklığı tavlancak döküm parçalar için çok önemlidir. Fırın içindeki sıcaklığın dışarıya sızmasını önlemek amacıyla fırın kapıları çok iyi izole edilmelidir. Ayrıca diğer kısımların da sıcaklığın sızmaması için iyi izole edilmesi

gerekir. Böylece fırın iç sıcaklığı sabit tutulduğu gibi enerjiden de tasarruf edilmiş olur.

Tav fırınlarının ısıtılmasında katı, sıvı ve gaz yakacaklardan yararlanılır. Özel hâllerde veya küçük tipteki tav fırınlarında elektrik de kullanılır. Katı ve sıvı yakacaklarla yapılan tavlamalarda, yakacağın alevi döküm parçaların üzerine doğrudan gelmemelidir. Bu durumdaki döküm parçanın yakacak alevinin doğrudan etkisinde kalan kısımları çok fazla, diğer kısımları ise az ısınır. Bu şekilde tavlama ile döküm parçanın her tarafı istenilen şekilde tavlammamış olur. Sonuç olarak döküm parçanın mikro yapı değişimi de tam olmaz.

Yakacak alevinin, döküm parça üzerine doğrudan teması önlenmelidir. Bunun için, yakacak alevi ile döküm parçaların bulunduğu kısımlar arasına ateş tuğlasından ince duvar örülür.

Tav fırını ısıtılmasında kullanılan sıvı veya gaz yakacağın ısısı, fırın büyüklüğüne ve şekline göre, değişik kısımlardan fırın içine gönderilir. Katı yakacak ile ısıtılan tav fırınlarında ise yakacak, fırının uygun bir kısmına konulan ocak kısmında yakılır. Burada meydana gelen sıcaklık, fırın içine özel olarak gönderilerek tavlama sıcaklığı sağlanır. Bütün bu sistem ve fırın şekilleri döküm atölyesinde yapılan döküm parçaların özelliklerine bağlıdır.

Tavlammış döküm parçaların gerektiğinde soğutulabilmesi için, tav fırınlarının ön veya yakın kısmında yapılmış su havuzları bulunur. Bu havuzlar, tavlammış döküm parçaların soğutulması için kullanılır. Fırından tavlammış döküm parça alınır ve su havuzunda hızla soğutulur. Bu havuzun suyu, gerektiğinde değiştirilebilecek şekilde bir sistemle donatılmış olmalıdır. [8]

II.2.12 Çelik Dökümlerin Kullanım Alanları

Çelik dökümler döküm sanayi, diğer sanayi dallarının temel üretim sektörü olup mamulleri motor, makine ve hizmet üreten, sanayileşmenin ve kalkınmanın temelini oluşturan aşağıdaki sanayi gruplarının ilk yarı mamullerini teşkil eder.

- Genel otomotiv sanayi
- Genel makine sanayi
- Motor redüktör ve aktarma organları sanayi
- Metal cevheri hazırlama sanayi
- Kimya ve petrokimya sanayi

- Çimento ve tuğla sanayi
- Demiryolları ve genel ulaşım sanayi
- Demir ve çelik sanayi
- Elektrik motorları sanayi
- Dayanıklı tüketim malları sanayi
- Şehir alt yapı sanayi

II.2.13 Çelik Dökümlerin Normlarla Gösterilmesi

Çelik dökümlerin normlarla gösterimi aşağıdaki tabloda verilmiştir. [9]

Tablo II.4 Standartlar TS-4034 Çelik Dökümler / Genel Amaçlar İçin

TS-4034	DIN 1681	Mat.No	Çekme Dayanımı min.Kgf/mm2 (N/mm2)	Akma Sınırı min.Kgf/mm2 (N/mm2)	Kopma Uzama % min.	Kesit Daralm.% min.	Çentik Dayanımı min. kgf/cm2	Katlama Deneyi min.
ÇD-38	GS-38	1.0416	38 (372)	19 (186)	25	35	- 1.9	- d=2a
ÇD38.3	GS-38.3	1.0420						
ÇD-45	GS-45	1.0443	45 (441)	23 (225)	22	30	- 1.4	- d=3a
ÇD-45.3	GS-45.3	1.0446						
ÇD-52	GS-52	1.0551	52 (509)	26 (254)	18	25	- 1.0	- d=4a
ÇD-52.3	GS-52.3	1.0552						
ÇD-60	GS-60	1.0553	60 (588)	30 (294)	15	-	- 0.6	- -
ÇD-60.3	GS-60.3	1.0558						
ÇD-62	GS-62	1.0555	62 (602)	35 (343)	15	-	- 0.6	- -
ÇD-62.3	GS-62.3	1.0559						
ÇD-70	GS-70	1.0554	70 (686)	42 (412)	12	-	- -	- -

II.3 HASAR

II.3.1 Hasar İncelemesi

Malzemelerin kullanım imkânları parçaların şekil değişimi veya kırılma riskleri sebebiyle sınırlanmıştır. Verilen bir malzeme için bu malzemenin hem üretimi aşamasında kırılmaya eğilimi olduğu şartları ve hem de kırılmanın fiziksel sebeplerini anlamak önemlidir. Hasarın incelenmesi metalurjistlerce ortaya konan en önemli problemlerden birisidir ve bu araştırma laboratuvarlarında neden mekanik

deneylerin çok büyük bir yer tuttuğunu açıklar. Buna rağmen deney makinelerince verilen neticeler bir çatlağın nasıl doğduğunu ve yapısı bilinen bir metal içinde nasıl ilerlediğini belirlemek için yeterli değildir zira bu sonuçlar aynı zamanda kırılma denemelerinin neticeleriyle de karşılaştırılmaktadır.

Göz ve büyüteç, uzun süre fiziksel nedenlerle, yüzeysel ve fazla derin olmamak şartıyla, kırılmaların incelenmesinde temel araçlar oldular. Kırık yüzeyinin incelemesi yani makroskobik inceleme; metal ve alaşımlarının birleştirilmeleri, homojenitesi, kırık pozisyonu, geometrisi, parlaklığı, renklenmesi, kırılma tipleri, kırılmaların oluşum şartları ile ilgili enteresan sonuçlar vermektedir. Bu konuda uzman olan bir kişi, çalışma sırasında kırılmış metalik bir parçanın kırığından, oluşan hasarı; mekanik, ısı ve kimyasal ortamına göre değerlendirir ve hasara zorlayan şiddeti, kalıntı gerilme dağılımını, mikrografik incelemeler ve kırığın civarından çıkartılmış metalin üzerinde mekanik deneylerin gerçekleştirilmesi sırasında rastlantı olarak malzemeyi etkilemiş olabilen gevrekleştirici faktörleri araştırır ve belirlemeye çalışır. Kırılma incelemesine yardımcı olan elde edilen bu bilgiler; tasarım, imalat veya kullanım hatalarının belirlenmesine büyük oranda izin verir.

Kırılma, statik bir yükleme sırasında veya bir hatanın kritik bir boyuta kadar ilerlemesinden sonra da görülebilir. Kırılma mekaniğinden, makine endüstrisinde, içinde hata bulunan bir parçanın veya konstrüksiyonun, gevrek kırılma riskinin belirlenmesinde veya ani kırılma sebeplerinin analizinde istifade edilir. [10]

II.3.2 Hasara Neden Olan Hata Türleri

Hasara sebep veren birçok hatanın oluşumu değişik zamanlar ve değişik nedenlerdir. Bunlar;

- a. Dökümle üretim veya ham maddenin işlenmesi sırasında neden olunabilen hatalar;
 - ♣ Kum düşmesi
 - ♣ Yüzey delikleri
 - ♣ Gaz boşlukları
 - ♣ Döküm içinde hava kalması
 - ♣ Kalıp veya maça gazları
 - ♣ Döküm boşlukları
 - ♣ Yanık kum

- ♣ Soğuk döküm çatlağı
- ♣ Soğuk birleşme
- ♣ Çekme çatlağı
- ♣ Gerilme çatlakları
- ♣ Cüruf ve kum düşmeleri
- ♣ Dart

b. Mamulün üretimi sırasında oluşabilen hatalar;

- ★ İşleme hataları
- ★ Isıl işlem hataları
- ★ Kalıntı gerilme çatlakları
- ★ Kaynak hataları

c. Parçaların montajları sırasında oluşabilecek hatalar;

- ◆ Unutulan parçalar
- ◆ Uygun olmayan parçalar
- ◆ İlave kaynak hataları
- ◆ İlave gerilme çatlakları

d. Çalışma süresince çeşitli ortamların neden olduğu hatalar;

- Yorulma
- Korozyon
- Sürtünme
- Sünme

şeklinde gruplanabilirler. [10]

II.3.3 Hasar Tipleri

Hasarları; kırılma, aşınma, korozyon ve yorulma olmak üzere dört ana grupta toplamak mümkündür. [10]

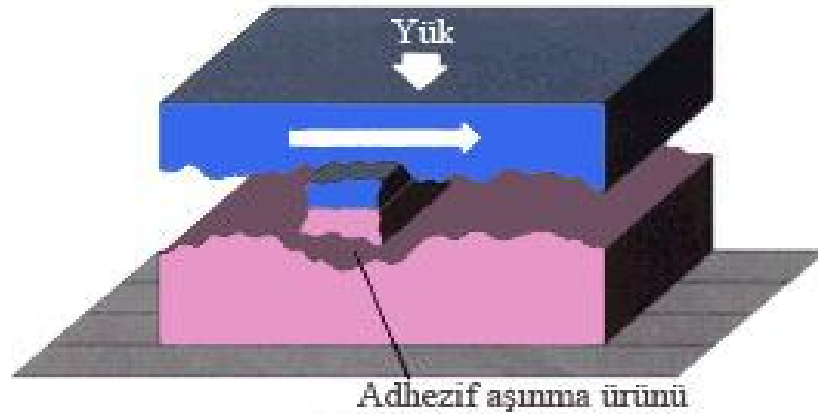
II.3.3.1 Aşınma Hasarı

Aşınma, sürtünme halinde bulunan yüzeylerde malzemenin, istenilmediği halde kopup ayrılmasıdır. Bu şekilde, yüzeyler ilk şekillerini kaybederler; parçalar

arasındaki boşluklar büyür ve buna bağlı olarak; maksimum hassasiyet azalır, dinamik kuvvetler büyür, gürültü ve titreşimler meydana gelir, verim azalır. Genel olarak aşınma, dış etkiler altında, temas yüzeylerinde oluşan fiziksel ve kimyasal değişmelerin sonucudur. [11]

Aşınma çeşitlerini en genel anlamda iki kısımda inceliyoruz. Bunlar adhesif aşınma ve abrasif aşınmadır.

Adhesif aşınma: Metal yüzeyleri basınç altında birbirlerine sürtündüğünde temas yüzeylerinde bulunan karşılıklı pürüzler (çıkıntılar) birbirleriyle kaynaklanır. Hareketin devam etmesi kaynaklanmış olan pürüzlerden daha düşük mukavemetli olanının kopmasına ve karşı yüzeye yapışmasına sebep olur. Bu prosesin çalışma koşullarında birçok kere tekrarlanmasıyla, aşınma kendisini hissettirecek boyutlara ulaşır. Yapışma aşınması olarak da adlandırılan adhesif aşınma, genellikle hasarları hızlandırıcı etkide bulunmaz. [11]

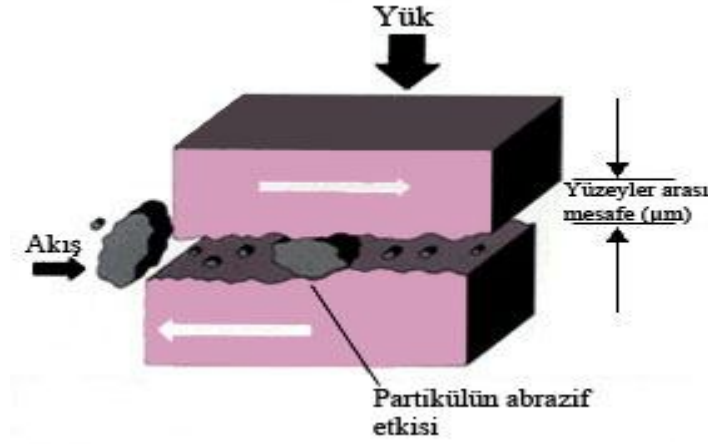


Şekil II.26 Adhesif Aşınma

Abrasif Aşınma: Abrasif aşınma, yırtılma veya çizilme aşınması olarak da isimlendirilir. Adhesif aşınmaya kıyasla çok daha hızlı gelişir. Gelişim mekanizması plastik deformasyon ve gevrek kırılmadır. [11]

Basınç altında malzeme yüzeylerinin kendisinden daha sert olan partiküllerle etkileşmesiyle neticesinde sert partiküllerin malzeme yüzeylerinden parçalar koparması şeklinde gelişir. Bu tip aşınmada sert ve keskin partiküller, malzeme yüzeyinden mikron boyutlu talaş kaldırma etkisi gösterirler. Metal - metal sürtünmelerinde aşınma adhesif karakterli başlayıp, abrasif karakterli olarak devam

eder. Bu durumda, yüzeyler arasına parçacıklar (toz, mineral taneleri, aşınma ürünleri mikro talaşlar ve oksit parçacıkları) aşındırıcı etkide bulunur. Ara yüzeyde serbest hale geçen mikro talaş parçacıkları, genellikle malzemeden daha sert olduklarından dolayı aşınmayı hızlandırır. [11]

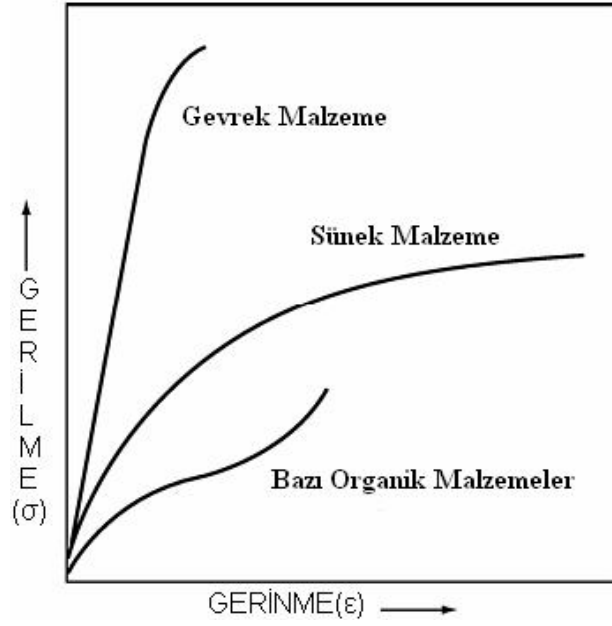


Şekil II.27 Abrasif Aşınma

II.3.3.2 Kırılma Hasarı

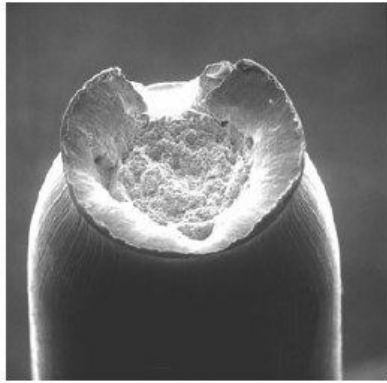
Kırılma genelde malzemenin ayrılması olarak tanımlanır. Daha geniş bir tanımlama yapılırsa bir cismin mevcut olan veya sonradan oluşan bir çatlak, cismin uygulanan gerilmelerin etkisi altında, ilerleyerek cismi iki veya daha çok parçaya ayırmasına kırılma adı verilir. Kırılma çatlak oluşması ve ilerlemesi olarak iki aşamadan oluşur. Malzemede oluşan çatlak ilerlemesi kararsız veya kararlı olabilir. Kararlı çatlak ilerlemesi daha sonra kararsız hal alabilir. Kararlı çatlak ilerlemesinde çatlak boyunu artırmak için yükü belirli miktar artırmak gerekirken, kararsız çatlak ilerlemesinde böyle bir yük artışına gerek kalmadan çatlak ilerler. [12,13]

Yük altındaki malzemelerin davranışların anlaşılması kırılma şeklinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Malzemelerin yük altındaki makroskobik davranışları çekme deneyi ile belirlenir. Şekil II.28’de farklı malzemelerin gerilme gerinme diyagramları gösterilmektedir. Eğrilerden biri yumuşak çeliğe diğerleri ise değişik malzemelere aittir. Sünek malzemeler gevrek malzemelere göre daha büyük gerinme değerlerine sahiptir. Sünek malzemelerde görülen, üniform olmayan ve kararsız enine çekilme sonucu ortaya çıkan boyun verme olayı bu malzemelerin aşırı yüklendiğinin bir kanıtıdır. Gerilme hesaplanırken ilk enine kesit bölgesinin göz önünde tutulması gerilme değerini azaltır ve gerçek gerilme-gerinme diyagramı ile mühendislik gerilme-gerinme diyagramlarının farklılaşmasına neden olur. [13]



Şekil II.28 Tipik Gerilme-Gerinme Diyagramı

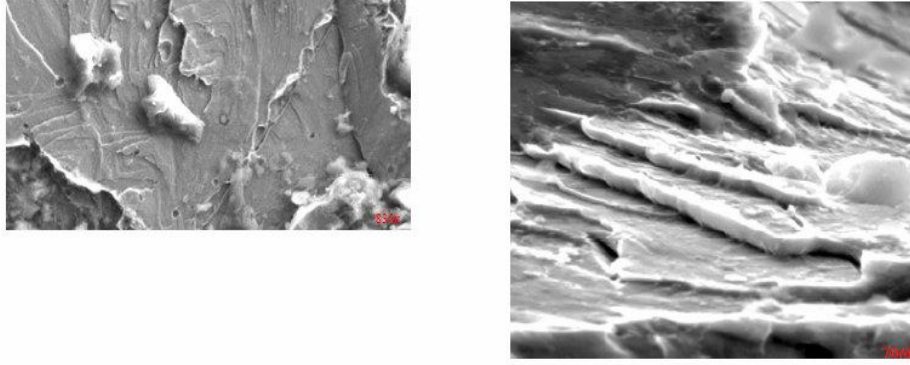
Kırılma gevrek kırılma ve sünnek kırılma olarak iki gruba ayrılır: Sünnek Kırılma; Çatlağın bulunduğu kesitin tamamı plastik şekil değiştirdikten sonra kararsız çatlak ilerlemesi oluşuyorsa bu tip kırılmaya sünnek kırılma adı verilir.



Şekil II.29 Sünnek Kırılma

Sünnek kırılmada, kırılma öncesinde büyük miktarda plastik deformasyon vardır, malzemenin tokluğu (kırılmadan önce plastik deformasyonla enerji absorbe etme yeteneği) büyüktür, kırılma genel akma gerilmesinden büyük gerilme değerinde oluşur. Yani, parça kırılmadan önce eğilir. [13]

Gevrek Kırılma; Sünek kırılmanın aksine kesidin tamamı plastik şekil değiştirdikten sonra kararsız çatlak ilerlemesi oluşmuyorsa bu tip kırılmaya gevrek kırılma adı verilir. [13]



Şekil II.30 Gevrek Kırılma

Gevrek kırılmada, kırılma öncesinde çok az plastik deformasyon vardır, malzemenin tokluğu düşüktür, kırılma, parçanın genel akma gerilmesinden küçük gerilme değerinde oluşur. Yani, parça eğilmeden önce kırılır. Gevrek olarak kırılan bir elemanın kırılan parçaları bir araya getirildiğinde elemanın kırılmadan önceki boyut ve şeklin aynısı ortaya çıkar. Ancak sünek kırılmada böyle bir şeyle karşılaşmak mümkün değildir. [13]

II.3.3.3 Korozyon Hasarı

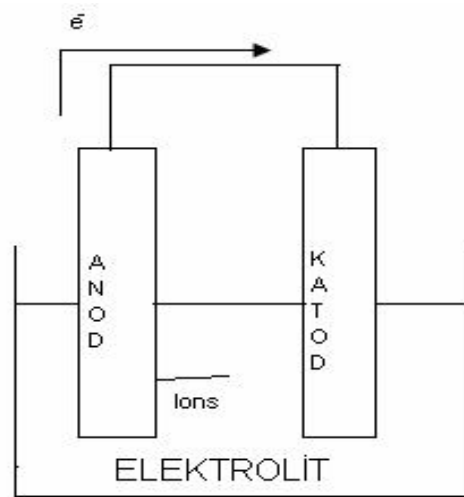
Korozyon, malzemenin kimyasal olarak hasar uğraması sonucu malzemede ve özelliklerinde oluşan bozulma olarak tanımlanabilir. Korozyon malzemeyi hasara uğratar veya diğer hasar yöntemlerine karşı malzemeyi hassaslaştırır. Bir hasarda korozyon etkisini incelerken çeşitli faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu faktörler; korozyonun çeşidi, korozyonun oranı, korozyonun kapsamı (büyüklüğü), korozyon ve diğer hasar mekanizmaları arasındaki etkileşim olarak belirtilebilir. [13,14]

Korozyon doğal bir olay olup tamamen önlenmesi nadir görülen bir olaydır. Fakat uygun malzeme seçimi, uygun tasarım, kaplama veya çevre şartlarını iyileştirme gibi yöntemlerle korozyonun etkisi azaltılabilir. Metal veya metal olmayan kaplama çeşitleri metalleri korozyondan korumak amacıyla sık sık kullanılan yöntemlerdir. Metalin veya metallerin tanımlanması, metalin maruz kaldığı

çevrenin belirlenmesi, yabancı madde ve/veya metalin yüzey tabakası hasar tespiti yapılırken dikkat edilmesi gereken önemli parametrelerdir. Korozyon kimyasal korozyon ve elektrokimyasal korozyon olmak üzere iki ana gruba ayrılır. [12,13]

Kimyasal Korozyon: Bir metal arada her hangi bir aracı olmadan, kimyasal bileşikler meydana getirerek aşınırsa buna kimyasal korozyon denir. Kimyasal korozyonun meydana gelebilmesi için yüksek sıcaklıklara gereksinim vardır. Bu nedenle kimyasal korozyon, iş parçalarının dövülmesi, tavlama ya da sertleştirilmesi sırasında oluşur. Etkilerini metal yüzeyinden kabuk halinde parçalar kalkmasıyla gösterir.

Elektrokimyasal Korozyon: Bir metal elektriği ileten bir ortamda bulunuyorsa ve korozyon hücresi oluşuyorsa elektrokimyasal korozyon meydana gelir. Elektrokimyasal korozyonun meydana gelmesi için gerekli olan korozyon hücresi birbirine elektriksel temas halinde bulunan anot ve katot ismindeki iki elektrot ve bu elektrotların içinde bulunduğu iletken bir sıvı ortamdan oluşmaktadır. Tipik bir korozyon hücresi Şekil II.31’de verilmektedir.



Şekil II.31 Tipik Bir Korozyon Hücresi

II.3.3.4 Yorulma Hasarı

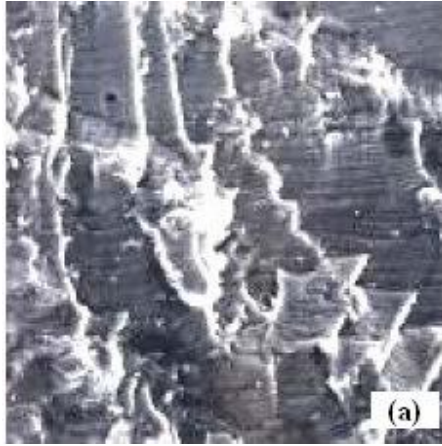
Yorulma şekil değiştirmeler veya tekrarlı gerilmeler sonucu malzemede oluşan kırılma olarak tanımlanabilir. Yorulma hasarı ise tekrarlanan yükleme sonucu

meydana gelir ve malzeme üzerindeki değişen gerilme ve gerinmelere bağlı olarak aşamalı biçimde oluşur. Tipik bir yorulma hasarı Şekil II.32’de verilmiştir. [13,14]

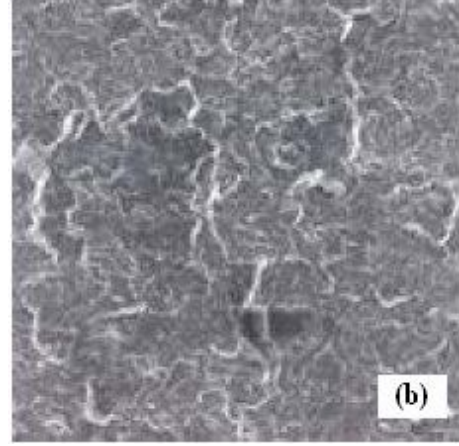


Şekil II.32 Yorulma Hasarı

Yorulma çatlakları; takım izleri, çizikler, çentikler, yüksek gerilme bölgeleri ve korozyon çukurları gibi etkenlerle oluşabilir. Çatlak uçlarında malzeme plastik özellik gösterirken, çatlak uçlarına yakın mesafelerde ise malzeme elastik özellik göstermektedir. Yüksek devirli yorulma çatlakları geniş yük dalgalanmalarıyla oluşan ve düşük gerilme genliklerinde meydana gelir Şekil II.33a. Düşük devirli yorulma çatlakları; yüksek gerilme genliklerinde oluşur Şekil II.33b. Termal yorulma çatlakları ise parçadaki sıcaklık gradyanları sonucu oluşur.



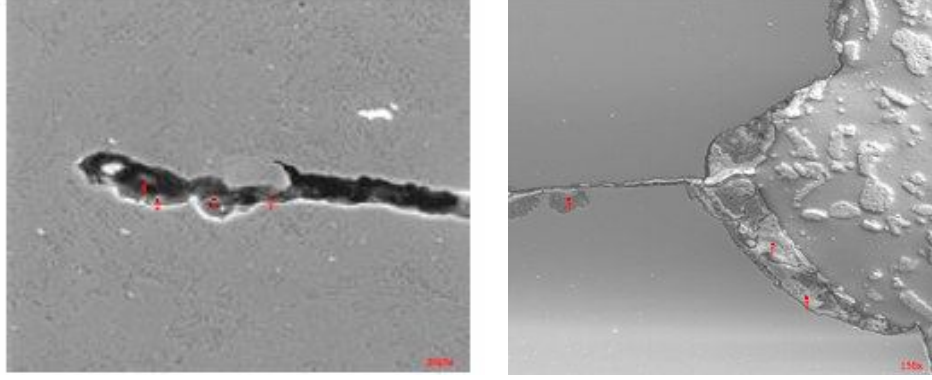
Şekil II.33 (a) Yüksek Devirli Yorulma



(b) Düşük Devirli Yorulma

Korozyon yorulması, dalgalı veya tekrarlanan gerilme ve hasara neden olan bir çevreden dolayı meydana gelir. Genelde korozyon yorulması yüzeyde korozyon çukurlarına neden olur Şekil II.34. Çevre; çatlağın büyümesine veya çatlağın

oluşmasına veya her iki durumun oluşmasında önemli etkiye sahiptir. Örneğin tuzlu suda yüksek dayanımlı çeliklerin devir sayısı 10 milyon devir iken kuru havada bu değer %10 daha fazladır. [13]



Şekil II.34 Korozyon Çukurunun Gerilme Toplayıcı Etkisi Göstermesi

Yorulma 3 aşamadan meydana gelir; ilk çatlağın oluşumu (çekirdeklenme), Parça boyunca çatlağın ilerlemesi ve kırılma. Yorulma hasarında çatlağın oluşumu ve çatlağın ilerlemesi aşamaları plastik deformasyon sonucu meydana gelen yorulma aşamalarıdır. Kırılma safhası ise ömrün en son tekrarında meydana gelir. Değişik uygulamalarda yorulma aşamalarının önem derecesi değişeceğinden her bir yorulma aşaması detaylı biçimde incelenmelidir. [12,13]

Yorulma çatlağı genellikle malzeme yüzeyinde oluşur. Bunun nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- a. Bazı yükleme hallerinde (burulma, eğilme), gerilmeler yüzeyde en büyük değeri alır.
- b. Yüzey pürüzlülüğü gerilme yığılmalarına neden olur.
- c. Yüzeyler dış ortamdan etkilenir.
- d. Yüzeyde düzlem gerilme halinin olması nedeniyle burada plastik şekil değişimi daha kolaydır.

II.4 TAMİR BAKIM KAYNAĞI

Büyük maliyetlerle hazırlanan çok amaçlı konstrüksiyonların birçok fonksiyonu birden yapması sırasında; dinamik, statik yüklere ve korozyona karşı uzun süre dayanması istenir. Buna mukabil zaman içerisinde oluşabilecek anormal zorlanmalar sonucunda bir takım hasarlar meydana gelebilmektedir. Bu hasarların giderilmesinde en etkili ve en ekonomik yöntemin hasara uğrayan elemanın değiştirilmesi yerine kaynak yapmak olduğu görülmektedir. Bu tip hasarlarda, bu metodun kullanılmasında, konstrüksiyonların gene eskisi gibi fonksiyonlarını aynı verimle görebilmeleri için, bir takım ön araştırmaların yapılması ve bunlara göre kaynak ekipmanlarının sağlanıp en uygun kaynak metodunun seçilmesi gereklidir.

Konstrüksiyonun hasara uğrayan elemanının kaynak ile tamirine başlanılmadan önce tamiratı gerektiren hasar türünün belirlenmesi, bu elemanın konstrüksiyon içindeki konumunun, malzemesinin içyapı ve makroskobik analizinin, ısıtılma işlemi görüp görmediğinin, elemandan beklenen statik, dinamik yüklere ve korozyona karşı dayanım özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bunların değerlendirilmesinden sonra; kaynak ilave malzemeleri, kaynak ağzının şekli, kaynak dikişinin uzunluğu, kaynak şartları, kaynaktan önce ve sonra uygulanabilecek ısıtılma işlemleri gibi çeşitli kaynak parametrelerinin ışığı altında uygun ve etkili olabilecek tamir kaynağı metodu seçilmelidir. [10]

II.4.1 Tamir Kaynağı ve Önemi

Tamir kaynağı; konstrüksiyonların çalışması sırasında elemanlarda oluşan çatlakları, kırıkları veya korozyon hasarlarını gidermek üzere birleştirilen veya lokal olarak aşınan kısımların doldurulmasında kullanılan yöntemdir.

Az veya çok, küçük veya büyük hasarların meydana gelmesi, üretim mekanizmasında verim düşüklüğünden başlayıp devreden çıkmasıyla sonuçlanabilecek olayları yaratabilir. Bu nedenle hasar sebebiyle ortaya çıkan işletme dışı zamanın mümkün olduğunca kısa tutulması ve tamirattan sonra da hasardan önceki performansını mekanizmaya kazandırıp kullanım süresinin uzatılması, işletmeye önemli ölçüde ekonomi sağlanması demektir. [15]

II.4.2 Tamir Kaynağı İşlem Adımları

Hasarın ortaya çıkacağı anlaşıldığında veya hasar ortaya çıktığında; tamir kaynağından sorumlu olan teknik elemanın tecrübelerinin ışığı altında aşağıdaki;

- a.** Hasarlı elemanın kaynak ile tamir edilip edilemeyeceği,
- b.** Hasarlı elemanın kaynak ile tamiratından başka kolay, hızlı ve daha ekonomik bir tamirat yönteminin bulunup bulunmadığının,
- c.** Hasarlı elemanın bulunduğu yerden sökülerek mi yoksa sökülmeden mi kaynak yapılabileceği,
- d.** Hasarlı elemanın, kaynak yapıldıktan sonra kullanılabilirlik veriminin ne olacağı,

sorularına cevap bulması gereklidir. Ancak bu soruların cevapları alındıktan sonra tamirat kaynağının süresi ve kalitesi hakkında kesin karara varılabilecektir. [16,17]

Tamirat kaynağında uygulama aşamasına gelinebilmesi için temel adımları tamamlamak gereklidir. Bunlar:

- 1.** Tahribatlı veya aşınmış olan bölge ile ilgili olarak gerekli bilgilerin sağlanması;
- 2.** Tamirat kaynağının teknolojik ve ekonomik maliyeti ile hasarlı elemanın kaynaktan sonra kazanacağı kullanılabilirliği hakkında tahmin yapılması;
- 3.** Yukardan gelen bilgilerden istifade ederek gerekli kaynak tedbirlerinin tasarlanıp böylece kaynağın nasıl yapılabileceğinin parametrelerle birlikte tespit edilmesi;
- 4.** Tespit edilen bilgi ve kaynak parametrelerinin yardımıyla tamirat kaynağının teknik elemanlar gözetiminde, deneyimli kaynakçılar tarafından uygulanmasıdır.

II.4.2.1 Hasarlı Bölgeyle İlgili Bilgi Sağlanması

Hasarlı olan elemanın konstrüksiyondaki yeri, büyüklüğü ve şekli bu bölgeye kaynak tatbik edilebilmesi açısından önemlidir. İyi bir kaynak işlemi için gerekli pozisyonda belirli bir çalışma serbestliği esastır. [16,17]

Hasarın büyüklüğüne, parça kalınlığına bağlı olarak tamirat kaynağının maliyeti ve süresi yaklaşık olarak tahmin edilebilir.

1.a Bilgi Sağlama Yöntemleri

Soruların cevaplandırılmasıyla sağlanmış olacak bilgi toplama işleminde adımlar; soruşturma, inceleme ve kontrol etme şeklindedir. Bu işlemlerden sonra hasarlı bölge ile ilgili tüm bilgiler elde edilmiş olur.

Soruşturma sırasında; hasarlı bölge ile ilgili sorular ve başka kullanılabilecek iddia ve esaslar değerlendirilir. İnceleme sonucunda tamirat kaynağı ile ilgili ilk bilgilerin akışı sağlanacaktır. Bu işlem sırasında, hasara uğrayan elemanın malzemesi, kırık yüzeyinin incelenmesinden örneğin yüzey beyaz ve mat ise çelik veya yüzey gri ise dökme demir olduğu şeklinde anlaşılabilecektir. Kırık yüzeyindeki ince taneli oluşum bize hasara uğrayan malzemenin imalatı sırasında uygun bir ısıl işleme tabi tutulduğunu böylece malzeme cinsinin yanı sıra geçirilen ısıl işlem durumunu da ortaya çıkarmaktadır. Bunun için yüzeyin temiz ve hasarlı bölgeye el sürülmemiş olması gereklidir.

Kontrol işlemleri sırasında bilgi akışını sağlayacak yöntemlerden istifade etmek gerekir. Hasara uğrayan bölgede sertlik ölçümü oldukça önemlidir yalnız burada parçanın üst yüzeyinin işlenmiş olabileceğinin göz önünde tutulması gereklidir zira bu takdirde iç kısımlarda büyük bir sertlik olabileceği düşünülmelidir. Kontrol işlemleri arasında olan magnetik muayene metoduyla malzemenin niteliği hakkında önemli bilgiler beklenemez, örneğin alaşımsız, düşük alaşımlı ve yüksek alaşımlı ferritik, perlitik, martenzitik, Cr-Ni esaslı çelikler magnetiktir. Kontrol işlemlerinde oldukça önemli bir yeri mekanik ve metalografik işlemler alır. Mekanik kontroller uzun süre görev yapmış konstrüksiyon elemanlarına uygulanır.

Tahribatlı bölge ile ilgili olarak sağlanan bilgilerin doğru ve çok olması kaynağın kalitesine tesir etmesi yönünden önemlidir. Bilgi akışı için tecrübelerden istifade edilerek hazırlanan soru listesinin bir önemli avantajının da soru içeriğiyle birlikte sıralarının aynı olması böylece hasarlı bölge ile ilgili bilgilerin kolayca elde edilmesinin yanı sıra soru listesinin her yere uygulanabilecek türde universal olmasıdır Tablo II.5. [16,17]

Tablo II.5 Hasarlı Bölge Bilgi Teminiyle İlgili Sorular

1	Siparişi verenin kimliği,
2	Hasar gören eleman hangi makinaya aittir?
3	Hasar gören elemanın adı nedir?
4	Hasar gören elemanın büyüklüğü ve şekli nedir?
5	Hasar gören elemana etkiyen zorlanmalar ne türdendir?
6	Hasar oluşuncaya kadar geçen süre miktarı nedir?
7	Hasarın veya aşınmanın türü nedir?
8	Hasarın veya aşınmanın, konstrüksiyondaki konumu nedir?
9	Hasara uğramış veya aşınmış bölgenin parça kalınlığı nedir?
10	Hasara uğramış veya aşınmış bölgenin malzemesi nedir?
11	Hasara uğramış veya aşınmış bölgenin malzeme yapısı nasıldır?
12	Kullanılacak ilave metalin cinsi ne olmalıdır?
13	Hasara uğramış veya aşınmış kısım daha önce kaynak ile onarıldı mı?

1.b Hasarlı Kısımın Malzeme Türü ile İlgili Bilgiler

Hasarlı kısma tatbik edilecek olan tamirat kaynağının yapılabirliği, bu bölgenin malzemesi ile yakından ilgilidir. Eğer malzeme türüyle ilgili bilgi veren doküman yoksa kimyasal analiz metodu ile yapıyı belirlemek gereklidir. Örneğin çelik malzemenin alaşım elementlerinin bilinmesi kullanılacak kaynak ekipmanları ve metodu yönünden gereklidir. [16,17]

1.c Hasarlı Kısımın Isıl İşlem Durumu ile İlgili Bilgileri

Konstrüksiyonda kullanılan parçalara özelliklerinin iyileştirilmesi gayesiyle bir takım ısı işlemleri tatbik edilmektedir. Örneğin, mekanik özelliklerini iyileştirmek için normalleştirme tavlı, ısıl dengesizliklerin yarattığı büzülme gerilmelerini gidermek için gerilme giderme tavlı, yüksek zorlanmalara maruz kalan alaşımsız veya az alaşımlı çelikten yapılmış yapı elemanlarına ıslah etme tavlı, yüksek sıcaklıkta çalışması gereken ve aşınmaya dayanıklı olması istenen parçalara nitrürasyon gibi ısı işlemleri uygulanmıştır. Bu ısı işlemlerinin tamirat kaynağı uygulanacak hasar bölgesine tatbik edilip edilmeyeceğinin bilinmesi gereklidir. Eğer hasar gören eleman kaynaklı imalat işlemi görmüşse ve hasar bölgesi kaynak dikişine yakın değilse bu durumda kullanılan ilave malzemenin hasarla herhangi bir ilgisi yoktur ancak kaynak bölgesinde hasar oluşmuşsa bu defa uygun olamayan ilave malzeme kullanılmış demektir. Uygun ilave malzeme ve metot için hem parçanın türünün hem de ilave kaynak malzemesinin türünün bilinmesi gereklidir. Bilinmediği

takdirde kaynak metaline olumsuz etki yapmayacak kimyasal, mikroyapı ve sertlik deneyleri yapılarak bu konunun açıklığa kavuşturulması gereklidir. [16,17]

II.4.2.2 Elde Edilen Bilgilerin Değerlendirilerek Kaynağın Başarısının Tahmin Edilmesi ve Karar Verilmesi

Tamirat kaynağının amacı; konstrüksiyonun hasarlı elemanına, bu hasara uğramadan önceki kullanılabilirliğini kazandırabilmektir. Tamirat kaynağına girişilmeden önce elde edilen tüm bilgiler değerlendirilip eğer elde edilemeyen bilgi varsa bunlarda dikkate alınarak tatbik edilecek kaynak konusunda tahmin ve değerlendirme yapılır. [16,17]

2.a Tamir Kaynağının Sınırlamasız Yapılabilirliği

Değerlendirmeler neticesinde hasarlı parçanın tamirat kaynağı ile onarıldıktan sonra daha önce tasarlandığı gibi kullanılabilirliğine karar verilir ve bundan sonra öngörülen yöntemlerle tamirat kaynağı tatbik edilir. [16,17]

2.b Tamir Kaynağının Sınırlamalı Yapılabilirliği

Elde edilen bilgiler sonucu yapılan değerlendirmeler hasarlı parçanın tamirat kaynağı ile onarıldıktan sonra eski kullanılabilirliğine erişilemeyeceği tahmini yapılabilir. Bu durumda kaynak ile tamir edilme durumunda kalınan eleman sınırlı kullanılabilirliğe sahip olacaktır. [16,17]

2.c Tamir Kaynağı Tatbikinin İmkânsızlığı

İlgili bilgilerin değerlendirilmesi neticesi hasara uğrayan elemanın tamirat kaynağı ile onarıldıktan sonra eski kullanılabilirliğine erişemeyeceği sonucuna varılır. Hasara uğrayan elemanın, malzemesinin kaynağa uygun olmaması neticesi özellikle ısının tesiri altındaki bölgede (ITAB) çatlak oluşumu önlemeyebilir.

Yukarıdaki 3 durumda da siparişi veren müşterinin tamirle ilgili hususlarda bilgilendirilmesi gereklidir. [16,17]

II.4.2.3 Tamir Kaynağı İş Sahasının ve Maliyetinin Tahmini

Hasara uğrayan elemanın tamiratının ne kadar süreceğinin bilinmesi önemli bir konudur. Böylece makinanın veya tesisatın ne zaman çalışmaya başlayacağı belirlenmiş olacaktır. Tamirat kaynağı işlemi görecektir olan hasarlı parça ile ilgili bilgiler eksiksiz olarak tespit edilebilmiş ise onarımın yapım süresi hakkında tahmin, ilgili teknik adam tarafından isabetli olarak belirlenebilecektir. Tamirat süresinin saptanmasının yanı sıra edinilen bu bilgiler, maliyetin çerçevesinin bilinmesine yardım edecektir. Tamirat kaynağına girilmeden önce, kaynağı uygulayacak teknik elemanca aşağıdaki sorulara da cevap alınması gereklidir.

I. İşletme, uygun şekilde kaynak yapabilmek için gerekli tüm şartları sağlayabiliyor mu?

II. Tamirat kaynağı için gerekli olan ihtiyaçlar yeterli miktarda ve hazır mıdır?

Yukarıdaki sorulardan I. soruya verilecek cevap hayır ise tamirat kaynağının uygulanabilme imkânı yoktur. Eğer I. soruya verilen cevap evet ve II. soruya verilen cevap hayır ise eksik olan ihtiyaçların tamirat kaynağına başlanılmadan önce temin edilmesi gereklidir, bunun mümkün olmadığı takdirde tamirat kaynağının uygulanma imkânı yok demektir. Olumsuzluklara rağmen tamirat kaynağı yapılmaya çalışılırsa sorumsuzca davranılmış ve böylece işletmeye zarar verebilecek daha büyük hasarlar davet edilmiş olur. [16,17]

II.4.3 Tamir Kaynağı Teknolojisi

Çatlayan, kırılan veya aşınan elemanın bu hasar görmüş kısımlarıyla ilgili tamiratı sırasında neyin, nasıl, nerede ve ne zaman yapılabileceğiyle ilgili tespitler yapılır. Bu tespitler yapılırken tahribatlı kısım ile ilgili bilgilerin göz önünde tutulması gereklidir. [18-20]

II.4.3.1 Kaynak Metodunun Tespiti

İmalatta olduğu gibi tamirat kaynağında da en uygun kaynak yönteminin seçilmesine özen gösterilmesi gereklidir. Tamirat kaynağında çoğu zaman kaynak uygulanacak yapı elemanının;

- Konumu,
- Ulaşılabilirliği,
- Kalınlığı

mekanik veya otomatik kaynak metotlarının kullanılmasına izin vermez bunun yanı sıra hasarlı elemanın imalatında kullanılan çelik türüne göre seçilecek olan ilave kaynak malzemelerinin cinside ne tür bir kaynak metodu kullanılabileceğine ışık tutar. Kaynak metodunun belirlenmesinde, mevcut tüm kaynak yöntemleri göz önünde bulundurulmalı ayrıca mekanik ve otomatik kaynak usullerinin sadece özel durumlarda kullanılabileceği hatırdan çıkarılmamalıdır.

Birleştirme ve doldurma kaynaklarında kaynak metodunun tespitinde bilinmesi gerekli bilgiler;

a. Hasarlı eleman ile ilgili olanlar

- ❖ Malzeme türü,
- ❖ Kaynak yapılacak bölgede parça kalınlığı,
- ❖ Kaynak bölgesinin konumu,
- ❖ Kaynak bölgesine ulaşılabilirlik,
- ❖ Hasarlı elemanın büyüklüğü, şekli ve kütlesi.

b. Kaynak teknolojisi ile ilgili olanlar

- Kaynak pozisyonu,
- Kaynak ağız şekli,
- Ön tavlama sıcaklığı,
- İlave malzemeler.

Yukarıdaki bilgilere göre tespit edilen kaynak yönteminin uygunluğu ayrıca aşağıdaki sorulara alınacak cevaplarla da kontrol edilebilir.

- ◆ Tespit edilen kaynak yöntemi hasarın tamiri için uygun mudur?
- ◆ İki ayrı kaynak yönteminin birden kullanılması, belirgin bir avantaj sağlar mı?
- ◆ Uygulanacak kaynak yöntemi için gerekli hareket serbestliği mevcut mudur?

- ◆ Hasarlı elemanın imal edildiği çelik türüne bağlı olarak seçilen ilave malzeme, kaynak yöntemi için uygun mudur?

Tamirat kaynağında; Gaz kaynağı, Ark kaynağı, MAG, MIG ve TIG gibi kaynak yöntemleri uygulanır. Bu yöntemlerin; avantajları, dezavantajları ve kullanım alanları incelenerek en uygun olan kaynak usulü seçilir. [18-20]

II.4.3.2 Kaynak İçin İlave Malzemelerin Tespiti

Hasar gören elemanın kaynak ile onarılması sırasında istifade edilecek çok sayıda kaynak ilave malzemeleri vardır. Tamirat kaynağının, kaynak ilave malzemesi seçiminde hata yapmamak için hasarlı eleman ile ilgili aşağıdaki bilgilerin ve teknolojik durumun ele alınıp birlikte değerlendirilmesi gereklidir. [18-20]

a) Hasarlı malzeme ile ilgili bilgiler

- Malzeme türü,
- Isıl işlem türü,
- İşletme sırasındaki zorlanma.

b) Kaynak teknolojisi ile ilgili bilgiler

- ▶ Kaynak pozisyonu,
- ▶ Kaynak metodu,
- ▶ Tatbik edilecek ısı işlem.

Ayrıca; kaynak ilave malzemesi seçiminde aşağıdaki hususların da göz önünde bulundurulması gereklidir:

- ★ Kaynak uygulanacak hasarlı elemanın malzemesi yeterli şekil değiştirme kabiliyetine sahip ise; Alaşımsız çelikler için; aynı mukavemete sahip ve aynı zamanda iyi bir şekil değiştirme kabiliyetine sahip düşük miktarda karbon içeren ferritik-perlitik kaynak metali oluşturacak ilave malzemeler seçilir.
- ★ Çalışma şartlarından dolayı kaynak metalinin, esas malzeme ile aynı yapıya ve aynı mekanik değerlere sahip olması gerekiyorsa esas malzemeye benzer alaşımlı veya alaşımsız ilave malzemeler kullanılır.

II.4.3.3 Uygulanacak Isıl İşlemin Tespiti

Tamirat kaynağında, teknik sorumlu kişi ısıt işlemin gerekli olup olmadığına geliş güzel karar veremez. Isıl işlemin nasıl ve ne zaman yapılacağı, hasar gören elemana göre belirlenir. Bunun için de ısıt işlem; hasar gören eleman ile ilgili bilgiler ve kaynak yapıldıktan sonra bağlantıdan beklenecek özellikler de göz önünde tutularak belirlenir. Birleştirme ve doldurma kaynağında tatbik edilecek ısıt işlemin tespitinde hatalardan kaçınmak için hasar gören elemanlarla ilgili bilgiler ve kaynak teknolojik bilgileri arasında bağlantı kurulması gereklidir. [18-20]

a. Hasar gören eleman ile ilgili bilgiler;

- ❖ Elemanın büyüklüğü şekli ve kütlesi,
- ❖ Hasarın konumu,
- ❖ Hasarlı bölgenin parça kalınlığı,
- ❖ Uygulanmış olan ısıt işlem,

b. Kaynak teknolojik bilgileri;

- Kaynak yöntemi,
- İlave malzeme,
- Kaynak pozisyonu.

II.4.3.4 Kaynak Parametrelerinin Tespiti

Kaynak parametreleri; kaynak usulüne ve dolayısıyla kaynak bağlantısının kalitesine direkt olarak etkirler. Kaliteli bir kaynak bağlantısından bahsetmek için kaynak parametrelerinin iyi seçilmiş olması ve bu seçimde hata yapılmaması için aşağıda belirtilen hasar gören eleman ile ilgili ve kaynak teknolojik bilgilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. [18-20]

a) Hasar gören eleman ile ilgili bilgiler;

- ♣ Malzeme türü,
- ♣ Kaynak bölgesindeki parça kalınlığı,
- ♣ Isıl işlem durumu.

b) Kaynak teknolojik bilgileri;

- ★ Kaynak ağzı şekli,
- ★ Kaynak pozisyonu,
- ★ Kaynak yöntemi,
- ★ İlave malzemeler ve bu malzemelerin çapı.

Bu bilgilerin tespitinin doğruluğu ayrıca aşağıdaki sorularla da kontrol edilmelidir.

- Kaynak parametrelerinin tespitinde, hasar gören elemanın kimyasal bileşimi ve ısıtılma durumu yeterince dikkate alındımı?
- Tespit edilmiş parametrelerle; kaynak bağlantısında esas malzeme ile aynı mekanik değerleri elde edebiliyor muyuz?
- Tespit edilen parametrelerle hatasız bir kaynak bağlantısı sağlanabiliyor mu?

II.4.4 Tamir Kaynağının Uygulanması

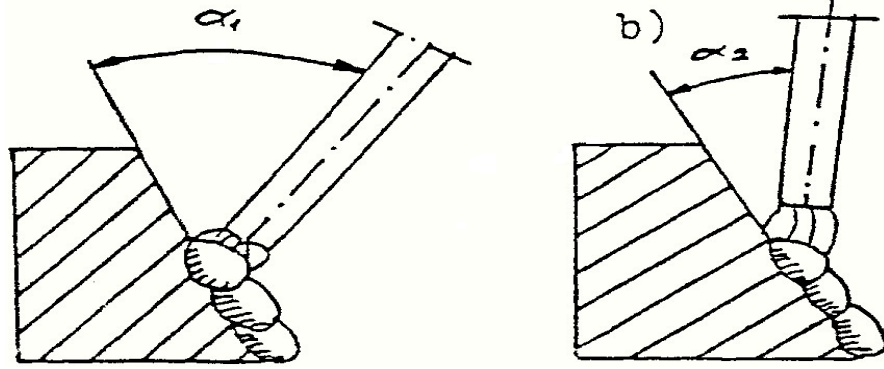
Tamirat kaynağını yapan kaynakçı, kaynak eğitimi sırasında almış olduğu bilgileri birleştirme ve doldurma kaynağında kullanmak durumundadır. Kaynakçı, hasar gören eleman için tespit edilmiş teknolojik kaynak tedbirlerini değiştirmeye yetkili değildir. Ancak bununla beraber işin akışında veya tamirat kaynağının kalitesinde iyileşme sağlanacaksa sorumlu kişinin onayıyla, teknolojik olan kaynak handikaplarını yenmek için gerekli değişiklikler yapabilir. [18-20]

II.4.4.1 Tamirat Kaynağına Başlanılmadan Önceki Tedbirler

Tamirat kaynağının uygulanmasına geçmeden önce alınması gerekli bazı tedbirleri gözden kaçırmamak gereklidir; [21,22]

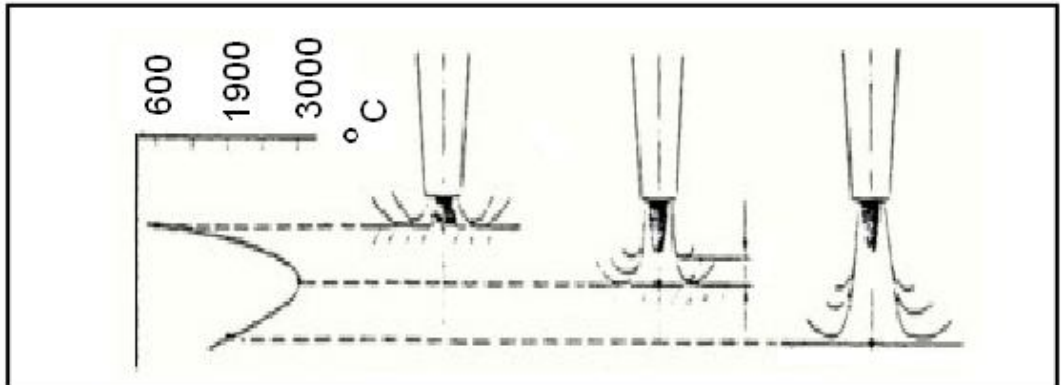
- ▶ Eşit ölçüde olmayan hava boşlukları ve yan açılar birleştirme kaynağından önce doldurma kaynağı ile giderilmelidir. Böylece, lokal olarak büyük farklılık gösteren kaynak metali yığılmalarından kaçınılarak kaynak iç gerilmelerinden sakınılır.
- ▶ Kök hatalarının neden olduğu kenar kaymaları öncelikle giderilir.
- ▶ Tampon tabakalarının kaynağında, esas malzeme ile kaynak metalinin karışımı, elektrodun duruş açısıyla belirlenmektedir. Bu açının küçük olması

karişım oranının da küçük olmasına sebeptir şekil II.35. Daha sonra yapılacak bağlantı kaynağının emniyetli ve kaynak metalinin etkili olabilmesi için tampon tabakanın en az 3 katlı yapılması lazımdır.



Şekil II.35 Elektrodun Duruş Açısı ile Karişım Oranı Arasındaki Durum

- Kaynak ağızlarının yan yüzeylerinde bulunan buhar damlacıklarının kaynak işleminde önce özellikle de el ile ark kaynağı yapılıyorsa, kaynak dikişlerine hidrojen difüze olmaması için gaz kaynak üfleleriyle giderilmesi gereklidir.
- Kaynak dikişine hidrojen difüzyonundan olabildiğince sakınabilmek için kaynak elektrodlarının, işlemden kısa bir süre önce uygun şekilde kurutulması gereklidir.
- Hasar gören elemanın veya kaynak bölgesinin ön tavlaması eğer gaz kaynağı üfleci ile yapılıyorsa alevin şiddetinin üfleç ucu ile bölgenin üst yüzeyi arasındaki mesafeyle değiştiğini göz önünde tutmak gereklidir Şekil II.36.

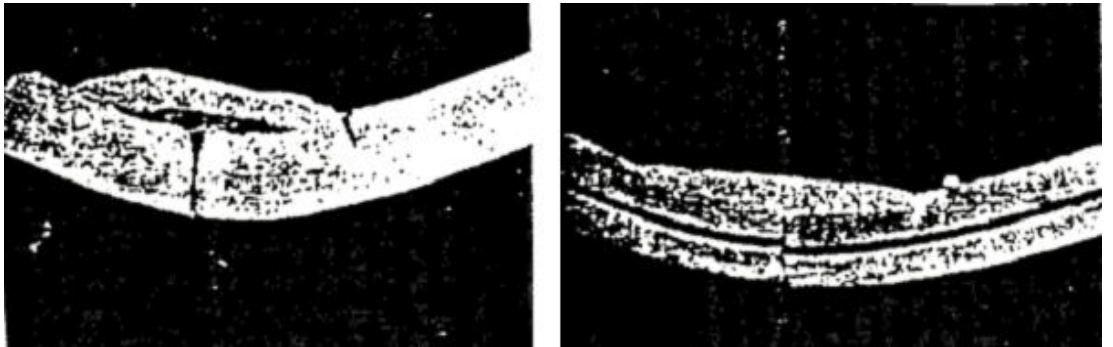


Şekil II.36 Alev Sıcaklığının Üfleç Mesafesi ile Değişimi

- Dikişin genişliği kaynakçı tarafından değil bağlantı yerinin açıklığı ile belirlenmektedir. Dikiş genişliğinin çok büyük olduğu durumlarda esas metale ısı çok çabuk geçmekte böylece sertleşmeye duyarlı çeliklerin ITAB'ın da sertlik artışları meydana gelmektedir.
- Kaynak bölgesindeki büzülme gerilmelerini ortadan kaldırmak için dövme işlemi tatbik edilecekse, dövme kuvveti ile tamirat işlemi gören elemanın yoğunluğu, parça kalınlığı ve kaynak metali kalınlığı gibi parametrelere dikkat etmek gereklidir. Kaynak bölgesine uygulanan zayıf darbeler, büzülme gerilmelerini yok etmez, yapı elemanı yeterli mukavemete sahip değilse ve oluşturulan kaynak metali de henüz az ise uygulanan darbeler dikişte çatlaklar meydana getirir.

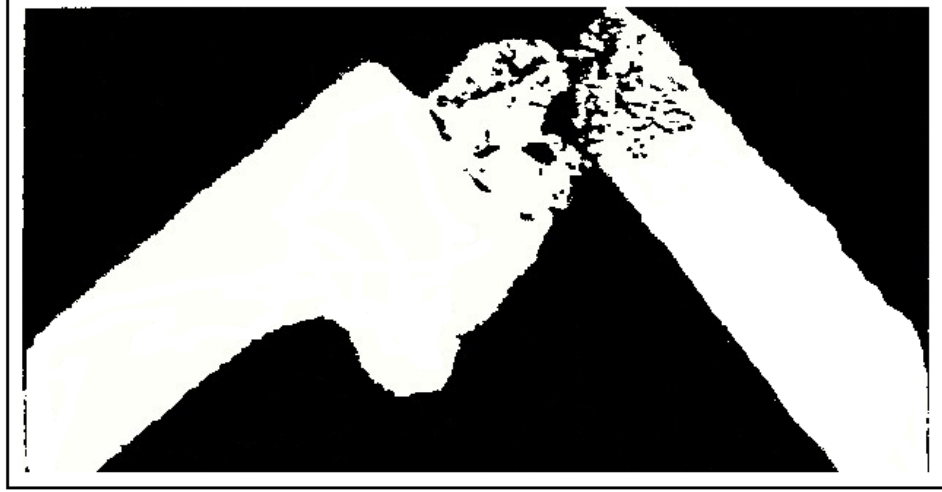
II.4.4.2 Kaynak Hatalarının Meydana Gelmesi

Kaynakçılar her ne kadar hatasız birleştirme kaynağı ve doldurma kaynağı için neler yapılması gerektiğini, kaynak eğitimi sırasında öğreniyorlarsa da, özen göstermeden, önemsemeden yapılan uygulamalar kaynak hata oluşum sebeplerinin büyük bir kısmını kapsamaktadırlar. Hatalar, kaynakçı tarafından hemen ve yerinde bertaraf edilmişse zararsızdır. Kaynak dikişinin genişliği ne kadar fazla olursa mevcut çatlaklar kaynak ile giderilmiş gibi görünürler Şekil II.37. Eğer bu çatlaklar tam olarak kapatılamazsa yeni çatlaklar oluşur ve onarılan elemanın ömrü beklenen süre kadar olamaz. [21,22]



Şekil II.37 Çatlakların Kaynak Edilmesi

Hasarlı bölgeyi kesip çıkarmak yerine, mevcut deformasyonu gidermeden ve gerekli kaynak ağzını hazırlamadan yapılan çok pasolu birleştirme kaynağı sonucu, daha büyük hasarlar ortaya çıkacak yeni çatlaklar meydana gelecektir Şekil II.38.



Şekil II.38 Kaynak Ağzı Hazırlamaksızın Yapılan Kaynak Sonucu Hasar Oluşumu

Hasarlı kısmı keserek, yerine yeni bir parça eklemekten ve kaynak ağzı hazırlamadan yapılan alın kaynağı ile mevcut çatlaklar giderilememekte ve yeni çatlamlar, kırılmalar oluşması sonucu onarılacak eleman tamamen hasara uğrayıp hurdaya atılmasına neden olmaktadır Şekil II.39.



Şekil II.39 Kaynak Ağzı Hazırlamadan ve Yeni Bir Parça Eklemekten Yapılan Kaynak Sonucu Hasar Oluşumu.

II.4.4.3 Tamir Kaynağı Sonrasında Gerekli İşlemler

Tamirat kaynağı sonrasında yapılması gerekli işlemlerin yanı sıra taşlama gibi sadece kaynak dikişinin iyi görünmesini sağlayan gereksiz işlemler bazen kaynak sırasında yapılan hataları gizleyebilmektedirler, bu hususa dikkat etmek gerekir.

Kaynaktan sonra yapılacak işlemler, onarılmış elemanın mevcut işletme zorlanmaları altında kullanılabilirliğe erişebilmesi için tatbik edilmektedir; bununla ilgili ayrıntılar müşteri ile konuşulmalıdır. Yapı elemanı dinamik olarak zorlanıyorsa, işletme zorlanmasına bağlı olarak gerekli yüzey kalitesinin sağlanabilmesi için kaynak dikişinin çatlak oluşturulmadan taşlanarak düzeltilmesi gereklidir. [18,20]

Korozyona karşı dayanıklı çelik malzemeli onarılan elemanların, kaynak bölgesindeki renk değişikliği ve kökün alt kısmının hava alması, korozyon dayanımı için önlenmelidir. Onarılan eleman üzerindeki kaynak bölgesine yaklaşmak kolay olursa, renk değişikliğinin giderilmesi fırçalama veya taşlama işlemleri ile yapılabilir. Kaynak bölgesine yaklaşmak imkânı yoksa dağlama işlemi yapılabilir ancak kökün alt kısmının hava almasının önlenmesi mümkün olmaz. [21]

Belirli bir kaynak sırası ve paso düzeni takip edilmesine rağmen istenmeyen çarpılma ve çeşitli deformasyonlar ortaya çıkabilir. Bu durumda şekillendirme sıcaklığı ve parça kalınlığına bağlı olarak sıcak veya soğuk düzeltme işlemlerine başvurulur. Soğuk düzeltme işleminde, onarılan elemanın küçük bir bölümünde dövme veya basma işlemleriyle gerilmeler oluşturulur ve böylece plastik şekil değişimi elde edilir. Sıcak düzeltme işleminde ise onarılan elemanın geniş bir bölümünün hızlı şekilde ısıtılması ve hemen arkasından hızlı şekilde soğutulması ile plastik şekil değişimi meydana gelir. Sıcak düzeltmede, çekiç darbeleriyle yapılan soğuk düzeltmede olduğu gibi aynı düzeltme etkisi sağlanır. Bu yöntemde sıcaklık artışı ile ilave kuvvet kullanılmaksızın büyük kalınlığa sahip parçalar düzeltilebilmektedir oysa soğuk düzeltmede belirli bir kalınlık limiti söz konusudur. [21]

Noktasal olarak yapılan ısıtma işlemi sonucunda saclardaki kabarıklıklar giderilir, ayrıca dalgalanmalar ve kıvrılmalar da düzeltilebilir. Tatbik edilecek ısı noktalarının mümkün olduğu kadar küçük olması iyidir, büyük bir noktanın düzeltme etkisine göre küçük noktalar daha etkilidir. Parça kalınlığına göre ısı noktası çapı aşağıda verilmektedir;

- İnce saclarda..... 10-20 mm.
- Orta kalınlıktaki saclarda..... 20-30 mm.
- Kalın saclarda..... 50 mm.

Düzeltilme işlemi sırasında alevin çekirdeği ile parça arasındaki mesafenin de 5 mm olması gereklidir.

Çizgisel olarak yapılan ısıtma işlemi, açısal distorsiyona uğramış parçalara tatbik edilir, bunun için parça kalınlığının yaklaşık olarak 1/3'ü gerekli sıcaklığa kadar ısıtılmalıdır.

Kama şeklinde yapılan ısıtmalarla, bükülmeler düzeltilir. Isı kaması metodunda da birçok küçük kamanın etkisi büyük kamanın etkisinden daha fazladır.

Yukarıdaki ısı düzeltme metotları uygulanırken tavlama sıcaklığı 650°- 850°C (koyu kırmızıdan kiraz kırmızısına kadar) arasında bulunmalıdır. Ayrıca aşağıdaki hususlarda göz önünde bulundurulmalıdır. [18,21]

- ◆ Onarılan eleman 200°- 350°C arasında bir sıcaklıkta iken kırılma ve çatlama tehlikesi nedeniyle çekiçle vurularak düzeltilmemelidir,
- ◆ 850°C'nin üzerine çıkarak tavlanan kısımda istenmeyen içyapı dönüşümlerine neden olmamak gereklidir,
- ◆ Aşırı tavlama daha sonra soğuma hızının fazla olmasından dolayı yapıda martenzit oluşturabilir, bundan dolayı tavlanan kısmın sıcaklığı sürekli olarak kontrol altında bulundurulmalı ve 5°C'nin altında bulunan hava veya çalışma sıcaklıklarında düzeltme yapılmamalıdır.

II.5 ULTRASONİK MUAYENE

II.5.1 Kalite ve Güvenilirlik

Bir endüstriyel ürün, birtakım görevleri yerine getirecek şekilde dizayn edilir. Kullanıcı ürünü satın alırken, onun, görevlerini tam olarak yerine getirmesinin ve uzun süre kazasız bir şekilde kullanılabilmenin beklentisi içersindedir. Bir ürünün kazasız bir şekilde kullanılabilme garantisi, onun güvenilirlik derecesi olarak ifade edilmektedir. Çok sayıda bileşenden oluşan bir makinenin veya donanımın güvenilirliği, o bileşenlerin her birinin güvenilirlik faktörlerine bağlıdır. Günümüzde demir yolları, otomobiller, uçaklar, gemiler, güç santralleri, kimyasal veya diğer

tesisler ile sistem ve makinelerin çoğu oldukça karmaşık olup, binlerce bileşenden oluşmakta ve çalışabilmeleri de bu bileşenlere bağlıdır. Bu makinelerin güvenilirliğinin temininde, her bir bileşenin güvenilir olmasının ve görevini tam olarak yerine getirmesinin önemi büyüktür.

Güvenilirlik, ürünlerin veya bileşenlerin kalite seviyelerinin yükseltilmesiyle sağlanır. Dolayısıyla iyi kaliteli bir ürün, yeterli bir süre işlevini yerine getirebilen ürün olarak ifade edilir. Diğer yandan, kriterlere uymayan ve beklenen süreden önce devre dışı kalan veya bozulan ürünler de kötü veya düşük kaliteli ürün olarak ifade edilir. Bu her iki tip ürün, güvenilirlik faktörü veya kalite seviyesi yönünden birbirinden farklıdır.

Ürünlerin, bileşenlerin veya parçaların kalitesi birçok faktöre bağlı olup bunlardan dizayn, malzeme özellikleri, üretim şekli ve fabrikasyon teknikleri büyük önem taşımaktadır. Kalite, ürünün yapılmasında kullanılan malzemelerdeki veya mamül ürünlerdeki hata ve bozukluklarla açıklanabilir. Ürünlerdeki birçok hata işletme şartlarında da oluşabilmektedir. Bu hataların özellikleri, dizayn ve fabrikasyon özellikleri ile malzemenin maruz kaldığı işletme şartlarına göre değişmektedir. Bir üründe bu hataların belirlenmesi ve minimuma indirilmesi, daha iyi veya kabul edilebilir bir kalite seviyesi elde etmenin temelini oluşturmaktadır.

Yeterli bir kalite seviyesine ulaşılmasında, ürün kalitesinin iyileştirilmesi birçok yönden önemlidir. Kalitenin yükselmesi sonucunda ürünlerin güvenilirliği ile makine ve donanımların emniyeti artmakta, hurdaya giden malzeme azalmakta ve üreticiye ekonomik katkı sağlanmaktadır. [23]

II.5.2 Tahribatsız Malzeme Testi

Tahribatsız test (NDT) terimi, bir malzemeye veya bileşene zarar vermeksizin veya onun kullanımını etkilemeksizin, malzeme özellikleri hakkında bilgi veren malzeme test yöntemlerini tanımlamak için kullanılmaktadır. NDT'nin amacı, test edilen bir parçadaki hataları ortaya çıkarmaktır. Ancak dizaynın kendisinden kaynaklanan hataların nerede oluşacağı NDT ile tahmin edilemez.

Tahribatsız test sadece mamül ürünlerin değil, aynı zamanda yarı - mamul ve hatta hiç işlem görmemiş malzemelerin kalite kontrolünde önemli rol oynamaktadır. NDT üretim işlemlerinin her aşamasında, ürün kalitesinin izlenmesinde ve yeni bir ürünün geliştirilmesi sırasında kullanılabilir. Üretim dışında, NDT, işletme

sırasında malzemenin kullanılmasından dolayı kalitesinin bozulup bozulmadığının takibinde rutin ve periyodik kontrol amacıyla da yaygın olarak kullanılmaktadır. [23]

II.5.3 NDT Kullanılmasının Nedenleri

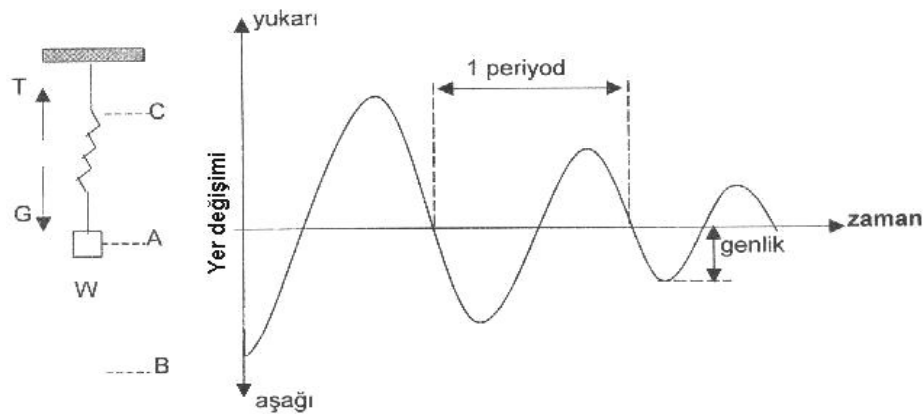
Tahribatsız test teknikleri hemen hemen üretim işlemlerinin her aşamasında, işletme sırasında, periyodik bakımlarda ve yeni ürünlerin geliştirilmesi sırasında kalite kontrol aracı olarak kullanılmaktadır. Tahribatsız, hızlı ve hassas olmaları, genellikle anında sonuç alınabilmesi ve günümüz şartlarında tüm verilerin ve sonuçların bilgi-işlem sistemlerinde korunabilmesi bu tekniklerin kullanılmasının en önemli nedenlerindendir. NDT teknikleri sayesinde bileşenlerin, sistemlerin ve tesislerin güvenilir ve emniyetli bir şekilde çalışmaları sağlanmaktadır. NDT ayrıca aşağıdaki avantajları da sağlamaktadır:

- Bir malzemenin veya bileşenin üretiminde uygulanan prosedürlerdeki yanlışlıkların düzeltilmesi.
- Eş kalitede malzeme üretilmesinin sağlanması.
- Dizayn mühendisinin gözden kaçırdığı dizayn hatalarının tespit edilerek, yeni ve doğru dizaynların yapılması.
- Testlerde elde edilen verilerin depolanması ve periyodik testler sırasında hatalarda meydana gelebilecek gelişmelerin takip edilmesi, dolayısıyla malzeme veya bileşen ömrünün tayin edilmesi ve olası kazaların önceden önlenmesi. [23,24]

II.5.4 Ultrasoniğin Fiziksel Prensipleri, Sesin Özellikleri ve Mekanik Dalgaların Yayılması

Ultrasonik test, yüksek frekanslı ses dalgaları ile gerçekleştirilen bir NDT yöntemidir. İnsan kulağının algılayacağı ses frekansı aralığı 16 - 20.000 Hz olup, çoğu ultrasonik testler 0,5 - 20 MHz arası frekanslarda gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemde, bir ses kaynağı (genellikle piezoelektrik kristal) tarafından üretilen ses dalgaları malzeme içinde yayılarak malzeme hakkında çeşitli bilgiler verir. Bu bilgiler, dalgaların malzeme içinde enerji kaybetmesinden (zayıflama), hareket hızlarından, ara yüzeylerden veya hatalardan yansımalarından (darbe - yankı) veya karşı yüzeye geçiş şeklinden (transmisyon) elde edilebilir. Yansıyan veya geçiş

Fiziksel olarak ses, esnek (elastik) ortamların mekanik titreşimlerinden meydana gelmektedir. Bu titreşimler, esnek bir maddenin parçacıklarının moleküllerinin veya atomlarının sükûnet halinden dışarıdan bir kuvvetin etkisiyle hareket haline geçirilmesi sonucu oluşmaktadır. Bir ortamda ses dalgalarının hareket mekanizmasını anlayabilmek için, o ortamda iki nokta arasındaki enerji transferini incelemek gerekmektedir. Olay, Şekil II.40’da gösterildiği gibi, bir yay ucuna asılmış bir yükün oluşturduğu hareketlerle açıklanabilir. [25,26]



Şekil II.40 A- Yaya Asılmış Yük, B- W Yükünün A Konumuna Göre Zaman ile Yer Değişimi

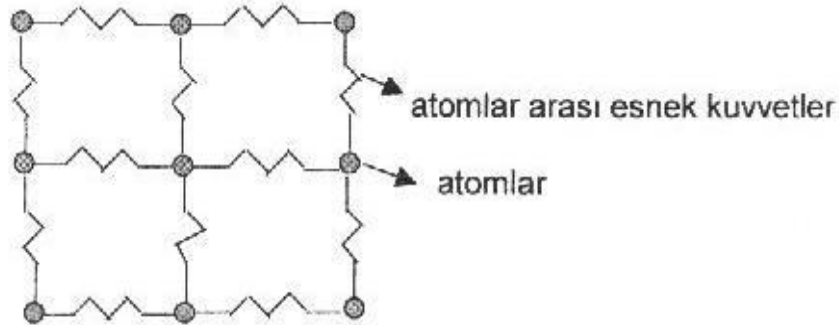
74

çekmesi azalır ve G'deki nispi artış W'yi kinetik enerjisi bitinceye kadar yavaşlatır ve C'de durdurur. C konumunda G, T'den daha büyüktür ve W tekrar A'ya doğru düşer. Yük, A'da kinetik enerjiye sahiptir ve bir daha A'dan aşağı doğru hareket eder. W, A ve B arasında hareket ederken T kademeli olarak artar ve W, B'de duruncaya değin onu yavaşlatır. B'de T, G'den daha büyüktür ve tüm hareket yeniden başlar. W yükünün, A'dan B'ye, B'den A'ya, A'dan C ye ve C'den A'ya doğru olan bu yer değişim hareketine bir çevrim denir. Bir saniyedeki çevrim sayısına titreşimin frekansı (f) denir. Bir çevrimi tamamlamak için geçen zamana titreşimin zaman periyodu (T) denir ve

$$T=1/f \quad (II.1)$$

olarak ifade edilir. W yükünün A'dan B'ye veya A'dan C'ye olan maksimum yer değişimine titreşimin genliği (a) denir. [25,26]

Bütün maddeler, birbirine atomlar arası kuvvetlerle bağlanmış atomlardan oluşmaktadır. Bu atomik kuvvetler esnektir; yani atomlar birbirine yaylarla bağlanmış gibi düşünülebilir. Böyle basitleştirilmiş bir malzeme modeli Şekil II.41' de gösterilmiştir.



Şekil II.41 Esnek Cisim Modeli

Atomlar arası bağlantıdan dolayı, bir atomun titreşimi yanındaki atomun da titreşmesine neden olacaktır. Titreşim hareketi atomdan atoma geçerek tüm malzeme içine yayılacaktır. Eğer tüm atomlar birbirine esnek olmayacak şekilde bağlı olsaydı, hepsi de aynı anda hareket ederler ve aynı hareket konumunda sabit kalırlardı; yani, hepsi de aynı fazda olurlardı. Hâlbuki atomlar birbirine esnek kuvvetlerle bağlı olduğundan, titreşimin iletilmesi belli bir zaman almakta ve sonraki atomlar ilk

titreşenlere göre daha sonra aynı faz konumuna gelmektedir. Ortamda dalga olarak yayılan titreşimlerin hareketi zaman ve hacim olarak periyodiktir. [25,26]

II.5.4.1 Frekans ve Periyod

Bir dalganın frekansı, dalganın yayıldığı ortamın atomlarının titreşim frekansı ile aynıdır. Frekans f harfi ile gösterilir ve birimi hertz dir. 1 hertz = Saniyede 1 titreşim (1/s) dir.

Bir titreşimin oluşması için geçen zamana dalganın periyodu denir ve T harfi ile gösterilir. Periyodun birimi saniye (s) olup, frekans ile arasındaki ilişki, aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir. [24-26]

$$f = 1 / T \quad (II.2)$$

II.5.4.2 Dalga Boyu

Titreşim periyodu (T) süresince, ortamda yayılan dalga belli bir yol kat eder. Bu mesafe, dalganın dalga boyu olarak adlandırılır ve λ harfi ile gösterilir. Dalganın yayıldığı ortamda belli bir mesafedeki atomlar aynı fazda titreşirler. [25]

II.5.4.3 Hız

Ortamda yayılan dalgaların belli bir zaman içinde aldıkları yola hız denir ve V harfi ile gösterilir. Hız, dalga boyu, periyod ve frekans arasındaki ilişkiler,

$$V = \lambda / T [m / s] \quad (II.3)$$

$$V = \lambda \cdot f [m / s] \quad (II.4)$$

bağıntıları ile ifade edilir. [26]

II.5.4.4 Temel Dalga Denklemi

Bir mekanik dalga bir ortamdan geçerken, belli bir t zamanında denge halinde olan ortam parçacıklarının yer değişimi aşağıdaki bağıntı ile verilir;

$$a = a_0 \sin 2\pi \cdot f \cdot t \quad (II.5)$$

Burada;

- a:** t zamanında parçacık yer değişimi
- a₀:** Parçacık titreşiminin genliği
- f:** Parçacık titreşiminin frekansdır.

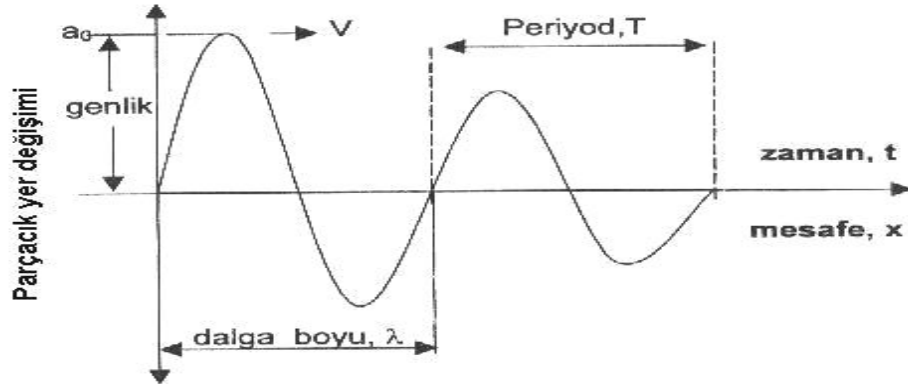
Mekanik dalgaların ortamda yayılırken, zamana ve mesafeye bağlı hareket denklemini aşağıda verilmiştir. Bu bağıntı titreşen parçacıkların fazlarını mesafeye bağlı olarak vermektedir.

$$a = a_0 \sin 2\pi f \left(t - \frac{x}{V} \right) \quad (II.6)$$

Burada;

- a:** Mekanik dalgaların yayıldığı ortam parçacığının yer değişimi
- a₀:** Dalganın genliği
- V:** Dalganın yayılma hızı
- f:** Dalganın frekansdır

Bir mekanik dalganın fiziksel bileşenleri Şekil II.42’de gösterilmiştir. [25,26]



Şekil II.42 Mekanik Dalga

II.5.4.5 Ultrasonik Dalgalar

Ses dalgaları katı, sıvı ve gaz parçacıklarının titreşimlerinden oluşmaktadır. İnsan kulağının algılayabileceği ses dalgası frekansı genelde 20 Hz - 20 kHz arasındadır. Frekansı 20 kHz’ den daha yüksek olan ses dalgalarına Ultrasonik dalgalar denir. Malzeme testinde genelde 0,5 - 20 MHz arası frekanslar

kullanılmaktadır. Metallerin testinde en çok kullanılan frekanslar 1 - 5 MHz arasındadır.

Katı sıvı ve gaz ortamlarda yayılabilen ultrasonik dalgalar vakumda yayılamazlar. Atomlar veya moleküller arası bağ kuvvetleri katılarda çok yüksek olup, sıvılarda zayıf ve gazlarda yok denecek kadar azdır. Sıvı ve gazlarda parçacıklar hareketlidir. Buna rağmen sıkıştırmaya ve genişlemeye karşı bir direnç gösterirler ve esnek dalgaları iletebilirler. [26]

II.5.4.6 Akustik Empedans

Bir malzemede Ultrasonik dalgaların yayılmasına karşı gösterilen dirence akustik empedans denir. Z harfi ile gösterilen akustik empedans, malzemedeki ultrasonik dalga hızı ile malzeme yoğunluğunun (ρ) çarpımına eşittir. [26]

$$Z = \rho V \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}} \right] \quad (\text{II.7})$$

II.5.4.7 Akustik Basınç ve Şiddet

Akustik basınç, bir ultrasonik dalga tarafından malzemeye uygulanan değişken gerilmelerin genliğini ifade etmek için kullanılan terimdir. Akustik basınç, aşağıdaki bağıntı ile verilir;

$$P = Z.a \quad (\text{II.8})$$

Burada;

P: Akustik basınç

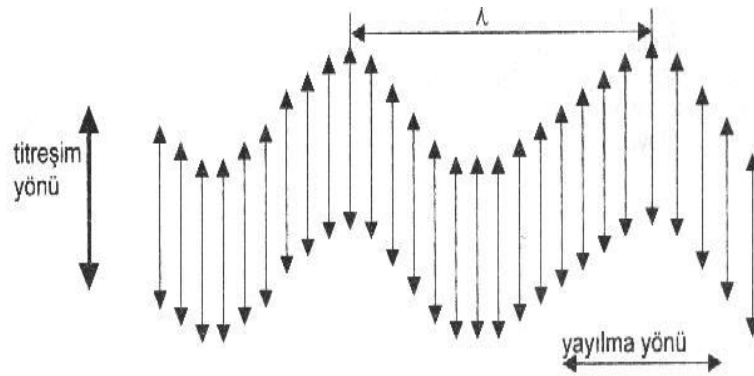
Z: Akustik empedans

a: Parçacık titreşiminin genliğidir.

Ultrasonik dalgalar tarafından yayılma yönüne dik doğrultudaki birim kesitten geçirilen mekanik enerji miktarına ultrasonik dalgaların şiddeti denir. Şiddet, akustik basınç, akustik empedans ve parçacık titreşiminin genliği ile ilişkilidir. [25,26]

$$(\text{II.9})$$

Enine dalgalar, yayıldıkları ortam parçacıklarını çapraz yönde çekmeye zorlarlar ve bu yüzden sadece katılarda yayılabilirler. Sıvı ve gazlarda moleküller veya atomlar arası mesafe katılara göre çok büyük olduğundan, bunlar arasındaki çekme kuvveti, birinin diğerini hareket ettirmesi için yeterli gelmemekte ve dalga hızla zayıflamaktadır. Enine dalga hızı, boyuna dalga hızının yaklaşık yarısıdır. Enine dalga hareketi, sallanan bir halatın hareketine benzemektedir. İki ucundan tutulan bir halat, bir uçtan sallamaya başlandığında, aşağı ve yukarı doğru olan salınım hareketi ipin diğer ucuna doğru ilerler. [26,28]

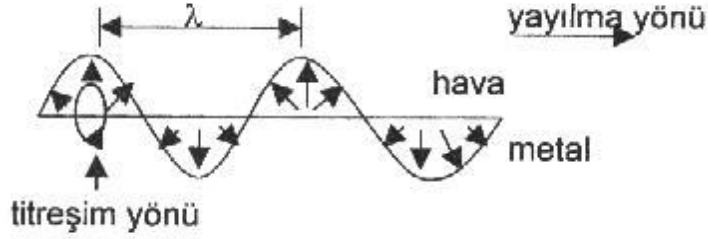


Şekil II.44 Enine Dalga

II.5.5.3 Yüzey Dalgaları

Yüzey dalgaları ilk defa Lord Rayleigh tarafından açıklanmıştır; bu yüzden bunlara Rayleigh dalgaları da denir. Bu dalga türü, sadece malzeme yüzeyinde yayılabilmektedir. Bir sıvı içine daldırılmış olan bir katı malzeme yüzeyinde yüzey dalgaları yayılamaz, ancak malzeme yüzeyi çok ince bir sıvı tabakası ile kaplı ise yayılabilir. Yüzey dalgalarının hızı, aynı malzemede enine dalgaları hızının yaklaşık % 90'ındır ve malzeme yüzeyinden en fazla 1 dalga boyu derinlikte yayılabilirler. Bu derinlikte, dalganın enerjisi yüzeydeki enerjisinin yaklaşık % 4'üdür ve genlik, daha fazla derine inildiğinde çok küçük bir değere düşer.

Şekil II.45'de görüleceği gibi, yüzey dalgalarında parçacık titreşimi eliptik bir yörünge takip etmektedir. Şekildeki küçük oklar parçacık yer değişiminin yönlerini göstermektedir. Elipsin büyük eksen yayılma yönüne dik, küçük eksen ise paraleldir. [26,28]



Şekil II.45 Yüzey Dalgaları

Yüzey veya yüzeye yakın çatlakların veya hataların tespitinde yüzey dalgaları, enine ve boyuna dalgalara göre daha kullanışlıdır; çünkü bu dalgalar diğerlerine göre daha az zayıflarlar ve fazla keskin olmayan köşelerden akabilirler. Dolayısıyla, oldukça karmaşık şekilli malzemelerin yüzey testinde kullanılabilirler. Yüzey dalgalarının dezavantajı, yüzey pürüzlülüğünden veya kirliliğinden çok fazla etkilenmeleridir. [25,26,28]

II.5.5.4 Plaka Dalgaları

Kalınlığı dalga boyuna eşit veya daha ince bir plakanın içine eğer bir yüzey dalgası gönderilirse cisimde, plaka dalgası denilen farklı bir dalga türü meydana gelir. Boyuna dalgaları yeterince ince bir plaka içine belli bir kritik açı altında göndererek plaka dalgalarını elde etmek mümkündür. Bu kritik açı α aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

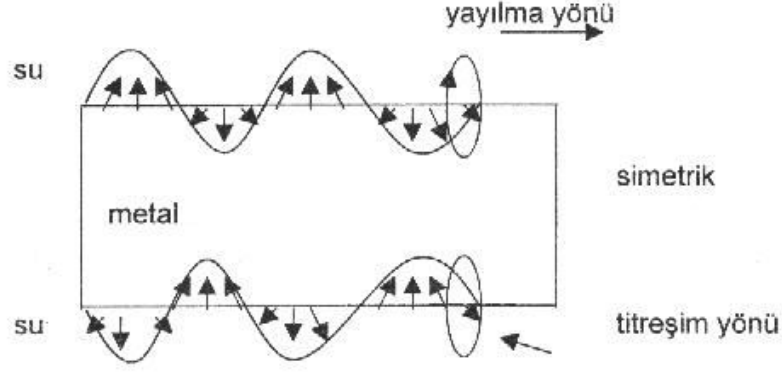
$$\alpha = \arcsin \frac{V_B}{V_P} \quad (II.11)$$

Burada,

V_B : Boyuna dalga hızı

V_P : Plaka dalgasının faz hızıdır.

Plaka dalgalarının parçacık titreşimi, simetrik ve asimetrik olmak üzere iki esas şekilde oluşmaktadır. Simetrik plaka dalgalarında parçacık titreşimi plakanın eksenine boyunca boyuna yönde ve yüzeylerde eliptiktir. Bu dalga tipi şişerek ve incelerek yayılır. Asimetrik plaka dalgalarında parçacık titreşimi plakanın eksenine boyunca çapraz yönde ve yüzeylerde eliptiktir. Bu dalga tipi bükülerek yayılır. Plaka dalgaları Şekil II.46'da gösterilmiştir. [26]



Şekil II.46 Plaka Dalgaları

II.5.6 Normal Geliş Açısında Yansıma ve Transmisyon

II.5.6.1 Şiddet Yansıması ve Transmisyon

Ultrasonik dalgalar, akustik empedansları farklı olan iki ortamın ara yüzeyine dik açıda geldiklerinde, dalgaların bir kısmı ara yüzeyden geri yansıtılır, bir kısmı da geçirilir. Yansıtılan veya geçirilen ultrasonik enerji miktarı, iki ortamın akustik empedansları farkına bağlıdır. Bu fark büyükse, enerjinin büyük bir kısmı yansıtılır, sadece küçük bir kısmı ara yüzeyden geçirilir. Buna karşılık, akustik empedans farkı küçükse, ultrasonik enerjinin büyük bir kısmı geçirilir ve küçük bir kısmı geri yansıtılır. Şekil II.47’de yansıma ve geçirim olayını şematik olarak göstermektedir. [25,26]



Şekil II.47 Normal Geliş Açısında Yansıma ve Geçirim

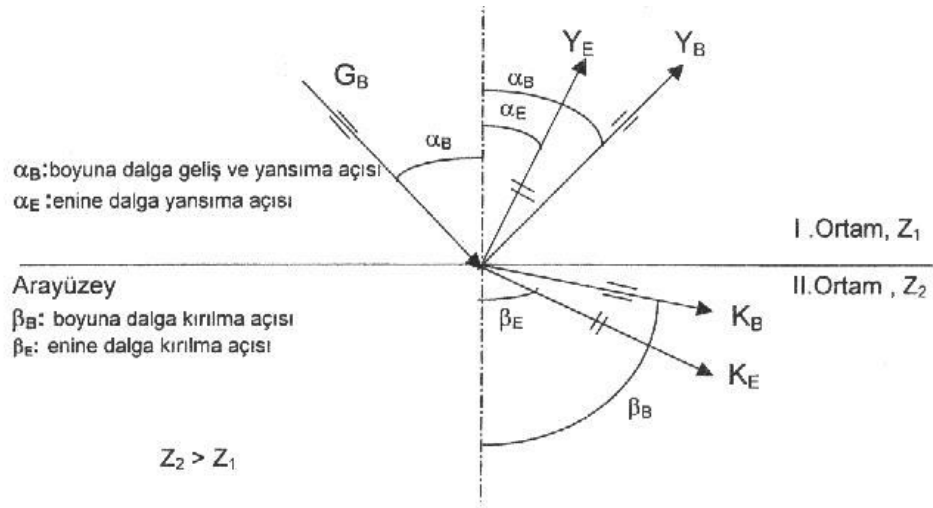
II.5.6.2 Basınç Yansıması ve Transmisyon

Yansıyan ve geçen dalgaların şiddetleri toplamı daima gelen dalganın şiddetine eşittir. Ancak, sudan çeliğe geçişte olduğu gibi, geçen dalganın basıncı gelen dalganın basıncından daha yüksek olabilir. Bu, enerjinin korunumu prensibine ters gibi gözükebilir. Hâlbuki akustik basınç, şiddet ve akustik empedansın çarpımı ile

orantılıdır. Çeliğin akustik empedansı yüksek olduğundan, geçen dalganın şiddeti gelen dalganın şiddetinden daha düşük olsa dahi, geçen akustik basınç gelen dalganın akustik basıncından daha yüksek olmaktadır. [25,26]

II.5.6.3 Eğik Geliş Açısında Yansıma, Kırılma, Dalga Dönüşümü ve Snell Kanunu

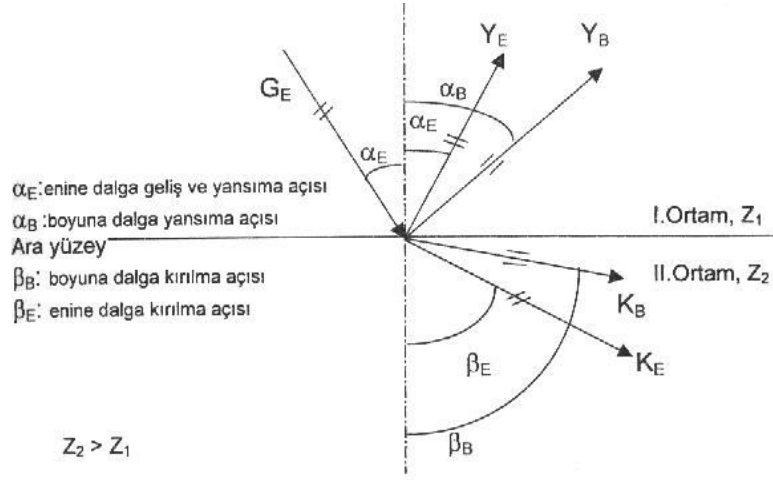
Ultrasonik dalgalar bir ortamdan diğerine eğik bir açı ile gelirse, yansıma, kırılma ve dalga dönüşümü meydana gelir. Yansıyan dalgalar 1. ortamda, kırılan dalgalar 2. ortamda yayılırlar. Dalga dönüşümü, dalganın titreşim karakterini değiştirerek başka bir dalga şeklini almasıdır. Kırılma, 1. ortamdan 2. ortama geçen dalganın yön değiştirmesidir. Şekil II.48, iki katı ortamın ara yüzeyine eğik bir boyuna dalga gelmesi sonucu oluşan yansıma ve kırılma olaylarını göstermektedir.



Şekil II.48 Eğik Olarak Gelen Boyuna Dalga İçin Yansıma ve Kırılma

Şekil II.48'de görüldüğü gibi, her iki ortam da katı olduğu için yansıma ve kırılma sonucu hem boyuna hem de enine dalgalar oluşmaktadır. Bilindiği gibi, sıvı ortamlarda enine dalgalar yayılamazlar.

Şekil II.49'da iki katı ortamın ara yüzeyine eğik bir enine dalga gelmesi sonucu oluşan yansıma ve kırılma olayları görülmektedir.



Şekil II.49 Eğik Olarak Gelen Enine Dalga İçin Yansıma ve Kırılma

İki ortamın ara yüzeyinde meydana gelen yansıma ve kırılma olaylarında, yansıyan veya kırılan dalgaların yönleri Snell Kanunu ile belirlenir. Snell Kanununa göre, geliş açısının sinüsünün yansıma veya kırılma açısının sinüsüne oranı, gelen dalga hızının yansıyan veya kırılan dalga hızına oranına eşittir. Bu kanun matematik olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir. [25,26]

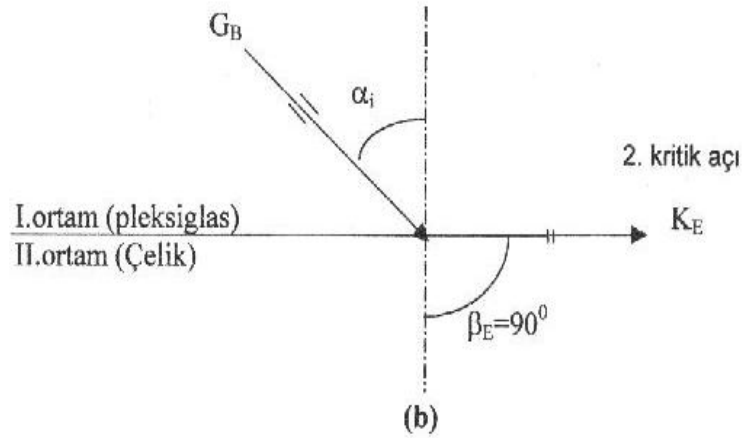
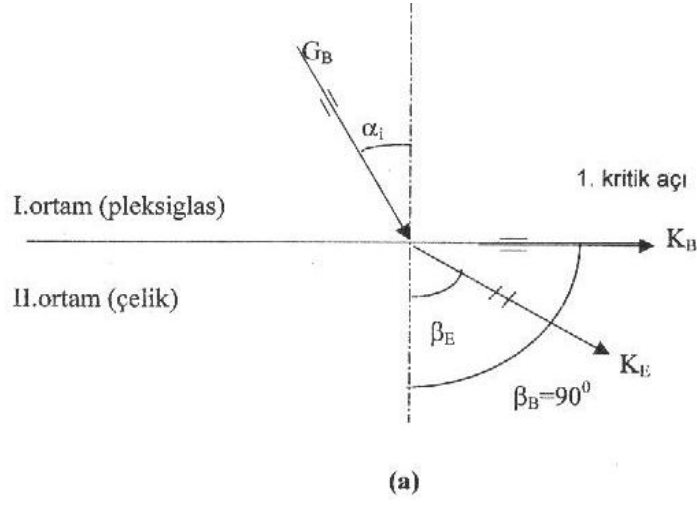
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{V_1}{V_2} \quad (II.12)$$

Burada;

- α : Geliş açısı
- β : Yansıma veya kırılma açısı
- V_1 : Gelen dalga hızı
- V_2 : Yansıyan veya kırılan dalga hızıdır.

Ultrasonik testte, prob-malzeme ara yüzeyinden yansıyan dalgalar kullanılmaz ve bunlar probdaki sönüm bloğu aracılığı ile sönümlenir. Geliş açısı α_i küçük olduğunda, ikinci ortamda dalga dönüşümünden dolayı enine ve boyuna dalgalar iki farklı açıda aynı anda yayılmaktadır. İki farklı dalga türü ile aynı anda çalışmak test işleminde karışıklığa neden olacağından, dalga sayısının 1' e indirilmesi gerekmektedir. α_i açısı arttırıldığında, kırılma açısı da artmaktadır. Boyuna dalgaların 90° kırılmasını ve ara yüzeye paralel gitmesini sağlayan geliş açısına 1. kritik açı denir. α_i daha da arttırılırsa, enine dalgaların kırılma açısı 90° ye ulaşır. Enine dalgaların 90° kırılmasını ve ara yüzeye paralel gitmesini sağlayan geliş

açısına 2. kritik açı denir. 90° kırılan enine dalgalar yüzey veya Rayleigh dalgalarına dönüşür. 1. ve 2. kritik açılar Şekil II.50 a ve Şekil II.50 b' de gösterilmiştir. [25,26]



Şekil II.50 a) 1. Kritik Açı b) 2. Kritik Açı

Özel amaçlı problemler hariç, standart açılı problemler çelik ortamında sadece enine dalgalar yayacak şekilde dizayn edilmiştir. Açılı problemlerin taban blokları genellikle pleksiglas malzemeden yapıldığı için ve ultrasonikle en çok çelik malzemeler test edildiğinden, 1. ve 2. kritik açılar, çelik örneği üzerinde Snell Kanunu yardımıyla aşağıda hesaplanmıştır. [25,26]

$$\frac{\sin \alpha_{B,PI}}{\sin \beta_{B,PI}} = \frac{V_{B,PI}}{V_{B,\text{ç}}} \quad (\text{II.13}) \quad \frac{\sin \alpha_{B,PI}}{\sin 90} = \frac{2730}{5930}$$

$$\alpha_{B,\zeta} = \arcsin \left(\sin 90 \frac{2730}{5930} \right) \quad (II.14) \quad \alpha_{B,\zeta} = 27,4^\circ \text{ (1.kritik açı)}$$

Yukarıdaki bağıntıda Ç kısaltması çelik, P1 kısaltması Pleksiglas için kullanılmıştır. Boyuna dalgaların 27,4°'lik geliş açısında, enine dalgaların kırılma açısı PE, Ç aşağıdaki şekilde hesaplanır. [25,26]

$$\frac{\sin \alpha_{B,PI}}{\sin \beta_{E,\zeta}} = \frac{V_{B,PI}}{V_{E,\zeta}} \quad \frac{\sin 27,4}{\sin \beta_{E,\zeta}} = \frac{2730}{3250}$$

$$\beta_{E,\zeta} = \arcsin \left(\sin 27,4 \frac{3250}{2730} \right) \quad \beta_{E,\zeta} = 33,2^\circ$$

Enine dalgaların 90° kırılmasını sağlayan 2. kritik açının hesaplanması aşağıda gösterilmiştir. [25,26]

$$\frac{\sin \alpha_{B,PI}}{\sin \beta_{E,\zeta}} = \frac{V_{B,PI}}{V_{E,\zeta}} \quad \frac{\sin \alpha_{B,PI}}{\sin 90} = \frac{2730}{3250}$$

$$\alpha_{B,PI} = \arcsin \left(\sin 90 \frac{2730}{3250} \right) \quad \alpha_{B,PI} = 57,1^\circ \text{ (2.kritik açı)}$$

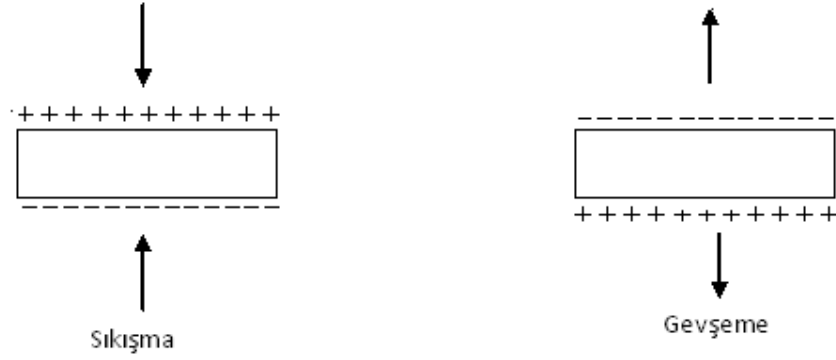
Yukarıdaki hesaplamalardan da görüleceği gibi, bir açılı prob ile bir çelik malzeme test edilirken, enine dalgaların kullanılabilmesi için geliş açısı 27,4° - 57,1° arasında seçilerek prob dizaynı yapılmalıdır. Örneğin, çelik malzemeyi 45° enine dalgalarla test etmek için, pleksiglas tabanlı prob içindeki boyuna dalga geliş açısı 36,4° olmalıdır. [25,26]

II.5.7 Piezoelektrik

Bir transdüser, bir enerjiyi başka bir enerji şekline dönüştüren bir düzendir. Ultrasonik transdüserler elektrik enerjisini ultrasonik enerjiye (yani, mekanik enerjiye) ve ultrasonik enerjiyi de elektrik enerjisine dönüştürürler. Bu olaya piezoelektrik olay denir. Bu tür özellikler gösteren malzemelere de piezoelektrik malzemeler denir.

Doğrudan piezoelektrik olayda, mekanik basınç altında kalan bir piezoelektrik malzeme içinde bir elektrik potansiyeli oluşur. Şekil II.51'de görüldüğü gibi, sıkışan

malzemenin yüzeyinde serbest elektrik yükleri açığa çıkar. Malzeme eski şekline dönerken, çıkan yükler yön değiştirir. Ters piezoelektrik olayda ise, elektrik potansiyeli uygulanan bir piezoelektrik malzemede mekanik deformasyon (şekil değişikliği), yani mekanik titreşimler meydana gelir. Şekil II.52’de görüldüğü gibi, genişleme ve çekme, elektrik potansiyelinin yönüne bağlıdır. [24-26]



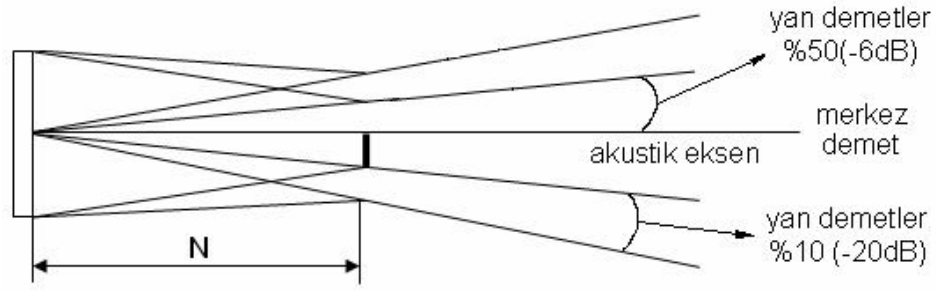
Şekil II.51 Doğrudan Piezoelektrik Olayı



Şekil II.52 Ters Piezoelektrik Olayı

II.5.8 Ultrasonik Demet ve Özellikleri

Ultrasonik probda üretilen dalgaların madde ortamında yayılmaları bir demet şeklinde olmaktadır. Demetin şekli transdüserin şekline ve boyutuna, frekansa ve ortamın ses hızına bağlıdır. Büyük boyutlu transdüser ile yüksek frekansta üretilen ses demeti dar, küçük boyutlu transdüser ile düşük frekansta üretilen ses demeti ise geniş olmaktadır. Bir dairesel transdüserin ses demeti basitleştirilmiş olarak Şekil II.53’de gösterilmiştir. Ses demeti, yakın alan ve uzak alan olmak üzere iki bölgeden oluşmaktadır. Yakın alanı uzak alana birleştiren, demetin dar bölgesine odak denir. [24-26]

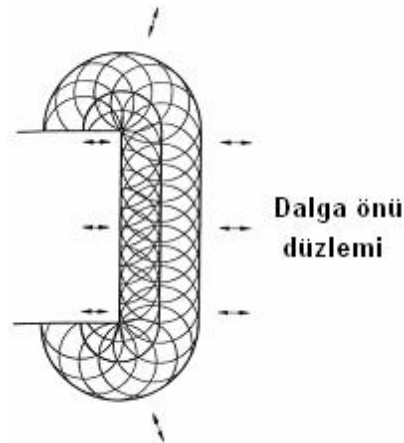


Şekil II.53 Ultrasonik Demet

II.5.8.1 Yakın Alan

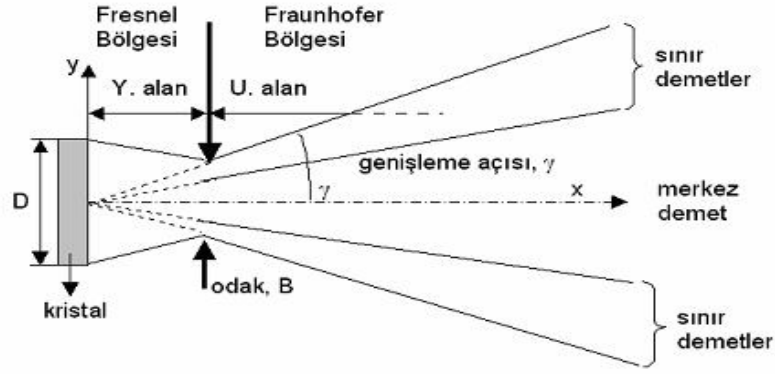
Bir piezoelektrik transdüser, her biri küresel dalgalar yayan nokta kaynaklar topluluğu şeklinde düşünülebilir. Bu küresel dalgalar birbiriyle girişim yapar ve sonuçta minimum ve maksimum şiddetlerin olduğu, transdüserle bitişik bir bölge meydana gelir. Bu bölgeye yakın alan veya Fresnel bölgesi denir.

Şekil II.54’de görüldüğü gibi, yakın alanda dalga önü düzlemseldir.



Şekil II.54 Nokta Kaynakların Oluşturduğu Dalga Önü Düzlemleri

Yakın alan içerisinde aynı basınçtaki noktaların oluşturduğu çizgilere izobar denir. Ultrasonik demetin merkez eksenini oluşturan akustik eksen üzerindeki ses basıncı yakın alan içerisinde karmaşık bir değişim göstermektedir. Basınç, yakın alanın ilk yarısında minimumda ve yakın alanın sona erdiği odak noktasında maksimumdur. Şekil II.55’de akustik eksen üzerindeki basınç değişimini göstermektedir. [24-26]



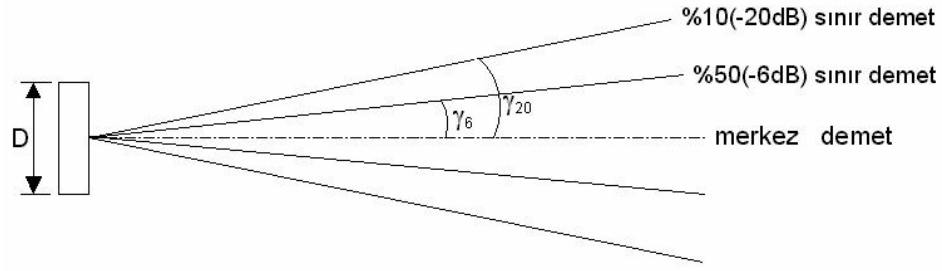
Şekil II.55 Dairesel Kesitli Bir Transdüserin Akustik Eksen Üzerinde Basınç Değişimi

II.5.8.2 Uzak Alan

Yakın alanın sona erdiği odaktan itibaren ses demetinin genişleyerek devam ettiği bölgeye uzak alan veya Fraunhofer bölgesi denir. Uzak alanda, üç yakın alan uzunluğundaki mesafeden itibaren dalga önü küreseldir; hâlbuki yakın alanda dalga önü düzlemseldir. Uzak alanda, bir yakın alan uzunluğu ile üç yakın alan uzunluğu arasındaki bölgeye geçiş bölgesi denir, zira bu aralıkta dalga önü düzlemsel şekilden küresel şekle dönüşür. Uzak alanda bütün kesitlerde ses basıncı akustik eksen üzerinde maksimumdur. [24-26]

II.5.8.3 Demet Genişlemesi

Ses demeti uzak alanda belli bir açı ile genişleyerek yayılır. Uzak alanda ses basıncı akustik eksen (merkez demet) üzerinde maksimum olup, ilk minimumdan geçen yan demet ile akustik eksenin belirlediği açıya demet genişleme açısı denir. Ses demetini belirleyen sınır demetler genellikle %50 (- 6dB) ve %10 (- 20dB) sınır demetleri olarak adlandırılmaktadır. Şekil II.56'da gösterildiği gibi, % 50 veya – 6dB sınır demeti, yankı tekniğinde bir nokta yansıtıcının gönderdiği yankı genliğinin akustik eksen üzerinde gönderdiği genliğe göre yarıya indiği demet demektir. % 10 veya – 20dB sınır demeti de benzer şekilde, genliğin onda bire indiği demet anlamına gelmektedir. [24-26]



Şekil II.56 Demet Genişlemesi

II.5.9 Problar

Ultrasonik dalgaları üretmeye ve algılamaya yarayan düzeneğe prob denir. Bir ultrasonik cihaz ile bağlantılı olarak kullanılan prob, kendi içerisinde bazı elemanların birleşmesinden meydana gelmiştir. [24-26]

II.5.9.1 Prob İç Yapısı

1.a Piezoelektrik Transdüser

Ultrasonik enerjiyi üreten ve algılayan eleman olup, alt ve üst yüzeyleri gerilim plakalarıyla kaplanmıştır. Bir prob genellikle 10 mikro saniyeden daha kısa süren bir gerilim darbesi ile uyarılır. Bu kısa gerilim darbesi bir frekans bandından oluşur. Frekans bandı içerisinde, transdüser rezonans frekansı denilen frekanstan maksimum genlikle titreşir. Rezonans frekansı transdüserin kalınlığı ile ilgilidir.

1.b Sönüm Bloğu

Bir probtaki sönüm bloğu hemen transdüserin üzerine yerleştirilmiş olup, ayırma gücü ve duyarlık olmak üzere probun iki önemli fonksiyonunu kontrol etmek için kullanılmaktadır.

Ayırma gücü; Derinlik yönünde birbirine yakın iki hatanın yankılarını ayırt edebilme yeteneğidir.

Duyarlık; Küçük hataların yankılarını algılama yeteneğidir

Sönümleme malzemesi ve transdüser aynı akustik empedansa sahip olduğunda, transdüser titreşimi için maksimum sönümleme elde edilir. Bu akustik empedans uyumu, ultrasonik enerjinin transdüserden sönüm bloğuna kolayca geçmesini sağlar.

Sönüm bloğu ayrıca, yüksek derecede zayıflatma ve soğurma özelliğine sahip olmalıdır. Bu sayede, bloğa giren titreşimler dağılarak yok olur ve bloğun arka yüzeyinden herhangi bir yansıma, dolayısıyla rahatsız edici sinyaller meydana gelmez.

1.c Denkleştirme Transformatörü

Prob kablosu üzerinden transdüser ve ters yönde maksimum enerji transferi için piezoelektrik transdüserin elektrik empedansını kablonun elektrik empedansına denkleştiren elemandır.

1.d Akustik Zırh

Çift kristalli problarda gönderici ve algılayıcı kristallerin girişim yapmasını önlemek amacıyla, ses soğurucu bir maddeden yapılmış ve iki kristal arasına yerleştirilen bir tabakadır.

1.e Aşınma Tabakası

Transdüseri aşınmaya ve dış etkilere karşı koruyan tabaka olup, sert plastik veya seramikten yapılır.

1.f Taban Bloğu

Proba açısı vermek veya ses demetini geciktirmek amacıyla, genellikle pleksiglas malzemeden yapılan bir bloktur.

1.g Dış Muhafaza

Prob iç elemanlarını taşıyan ve koruyan kap olup, genellikle metalden yapılır.

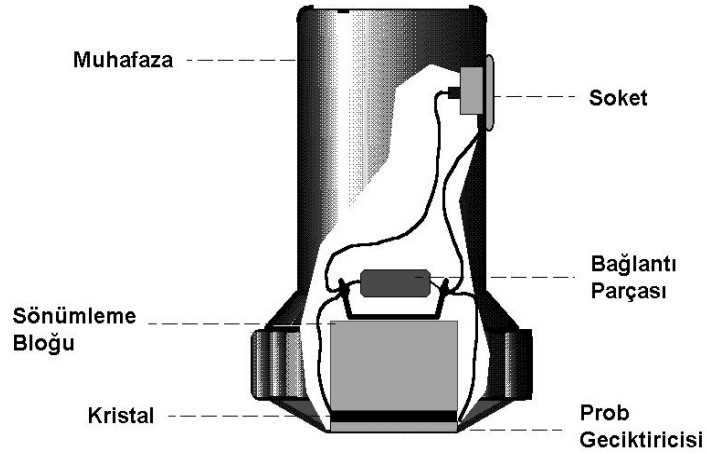
1.h İç Dolgu

Muhafaza kabının içinde bulunan elemanlardan kalan boşlukları doldurmak amacıyla kullanılan ve genellikle reçine türü olan maddelerdir. [27]

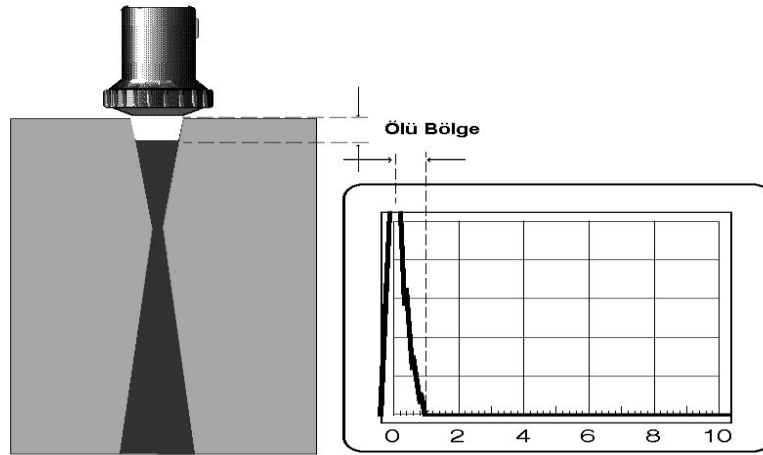
II.5.9.2 Prob Çeşitleri

2.a Tek Kristalli Normal Problar

Normal problar, genellikle boyuna dalga üretirler ve malzeme yüzeyine dik doğrultuda ses demeti gönderirler. Tek transdüserli problarda, transdüser hem gönderici hem algılayıcı olarak çalışır. Şekil II.57 bir normal probu ve iç elamanlarını göstermektedir. Transdüser cihazın gönderici ve yükseltici devreleri ile bağlantılıdır. Bu nedenle başlangıç darbeleri uzun, dolayısıyla ölü bölgeleri büyüktür. Şekil II.58 ölü bölgenin büyük olması, yüzeye yakın hataların tespitinde ve ince cidar kalınlıkların ölçümünde probu kullanışsız hale getirmektedir. Normal probları, bir açılı adaptör takmak suretiyle açılı prob olarak da kullanmak mümkündür. [24-26]



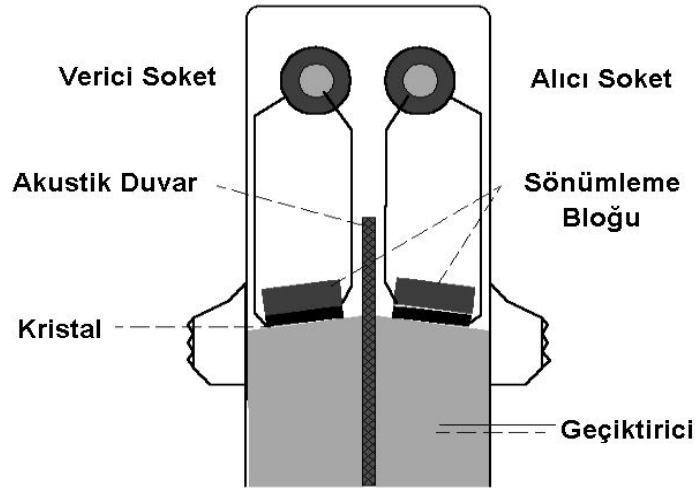
Şekil II.57 Tek Kristalli Normal Prob



Şekil II.58 Tek Kristalli Normal Probun Ölü Bölgesi

2.b Çift Kristalli Normal Problar

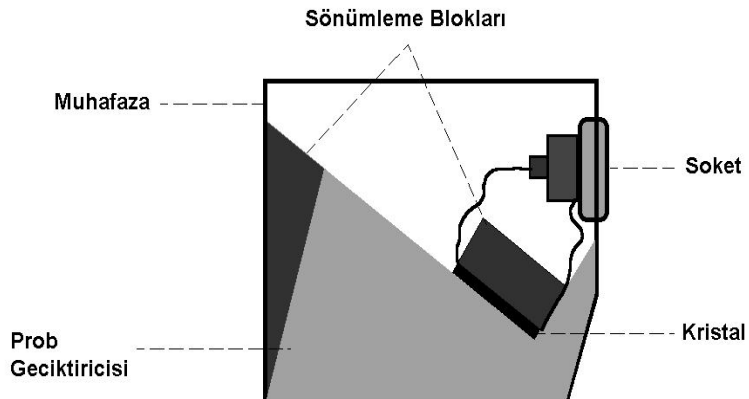
Tek kristalli normal problarda karşılaşılan zorlukları önlemek için çift kristalli normal problar kullanılmaktadır. Şekil II.59'da görüldüğü gibi, bu problar birbirinden akustik bir zırh ile ayrılmış iki ayrı transdüser içermektedir. Transdüserlerden biri cihazın gönderici devresine, diğeri de algılama devresine bağlıdır. Böylece, darbe devresi tarafından yükseltici devreye gönderilen başlangıç elektrik darbesi elimine edilmiş olmaktadır. [25,26]



Şekil II.59 Çift Kristalli Normal Prob

2.c Açılı Problar

Açılı problarda, ultrasonik dalgaları test parçasına çeşitli açılarda iletmek için dalga kırılması ve dönüşümünden yararlanılmaktadır. Bir açılı prob ve iç elemanları Şekil II.60'da gösterilmiştir.



Şekil II.60 Açılı Prob

Açılı prob, test parçası yüzeyine belli bir geliş açısı altında boyuna dalgalar gönderir. Geliş açısı 1. Kritik açıdan daha büyük olarak seçilir, böylece malzeme ortamında sadece enine dalgalar yayılır. Prob - malzeme ara yüzeyinden yansıyan boyuna dalgalar probdaki sönüm bloğu tarafından yok edilir, böylece boyuna dalgaların yaratacağı rahatsız edici belirtiler önlenmiş olur. Çelikteki kırılma açısı ve prob indeksi olarak adlandırılan ses çıkış noktası, probun metal dış muhafazası üzerinde işaretlidir.

Eğer, çelik için dizayn edilmiş bir açılı prob başka malzemelerde kullanılırsa, kırılma açısında oluşacak değişiklik göz önüne alınmalıdır. 35° açılı prob, bakır ve gri dökme demirde kullanıldığında ortamda sırasıyla 57° ve 55° boyuna dalgalar da yayılacak ve bu, test işlemini zorlaştıracaktır. Bu nedenle, bu malzemelerde daha büyük açılı problar tercih edilmelidir. Ticari olarak üretilen açılı problar, çelik içinde 35°, 45°, 60°, 70° ve 80° enine dalga yayacak şekilde dizayn edilmişlerdir. [25,26]

II.5.10 Ultrasonik Test Yöntemleri

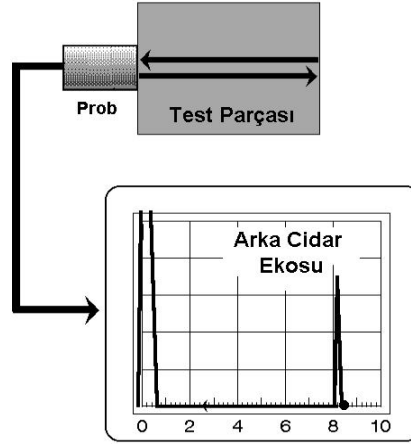
İki ortamın ara yüzeyine gelen ultrasonik dalgaların bir kısmı geldikleri ortama yansıtılırken, diğer kısmı ikinci ortama geçerek yayılmaya devam ederler. Ultrasonik testte yansıyan dalgaların kullanıldığı yönteme darbe-yankı yöntemi, iki yüzey arasında geçiş yapan dalgaların kullanıldığı yönteme de geçirim (transmisyon) yöntemi denir. Malzemelerin, ultrasonik dalgalarla rezonans haline uyarılarak kontrol edildiği yönteme ise rezonans yöntemi denir. [24-26]

II.5.10.1 Darbe – Yankı Yöntemi

Malzemelerin ultrasonik testinde en çok kullanılan yöntem olup, hata yansıtıcı olarak etki etmektedir. Prensibi, prob tarafından gönderilen ses dalgalarının malzeme içinde bir süreksizliğe çarptıktan sonra tekrar proba yansması esasına dayanır. Bu yöntemde, tek kristalli veya çift kristalli prob kullanıldığı gibi, iki ayrı prob da kullanılabilir. İki prob kullanıldığında, problar malzemede aynı yüzey üzerine temas ettirilir ve biri gönderici diğeri algılayıcı olarak çalışır.

Tek veya çift kristalli problar kullanıldığında, cihaz ekranı malzemenin test edilen konumdaki kalınlığını kapsayacak şekilde kalibrasyon yapılmalıdır. Hatanın varlığı ve konumu, arka cidar yankısından önce algılanan yankının varlığı ve konumu ile gösterilir. Bu yöntemde ölçülen büyüklükler sesin malzeme içinde aldığı

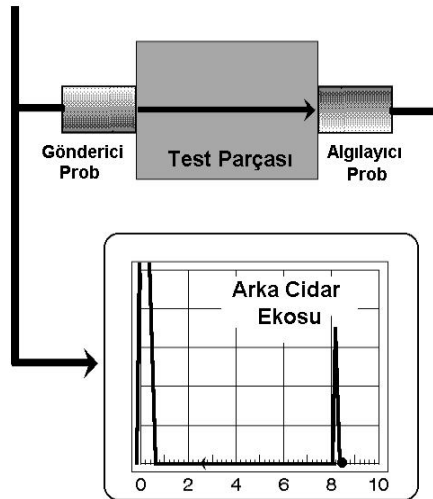
mesafe (veya zaman) ve yankı genliğidir. Darbe-yankı yönteminin prensibi Şekil II.61’de gösterilmiştir. [24-26]



Şekil II.61 Darbe – Yankı Yönteminin Prensibi

II.5.10.2 Transmisyon Yöntemi

Bu yöntemde, biri gönderici diğeri algılayıcı olmak üzere iki tane prob kullanılmaktadır. Bu proplar malzemenin karşılıklı yüzeylerine ve birbirine paralel ve simetrik olacak şekilde konumlanır. Transmisyon yöntemi Şekil II.62’de gösterilmiştir.



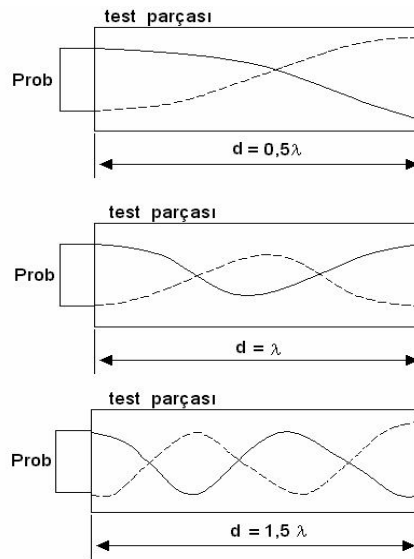
Şekil II.62 Transmisyon Yönteminin Prensibi

Bu yöntem, zayıflamanın yüksek olduğu ve büyük hataların bulunduğu ingot ve dökümlerin testinde çok kullanılmaktadır. Yöntem, hatanın büyüklüğünü ve derinliğini vermez. Ayrıca, problemler karşılıklı yüzeylere çok duyarlı bir şekilde konumlanmalı ve hareket sırasında konumları bozulmamalıdır. Bu yöntemde ölçülen büyüklükler mesafe (veya zaman) ve geçen sesin şiddeti veya genliğidir. Yöntemin en önemli avantajları, ses tek geçiş yaptığı ve geri dönmediği için zayıflama etkisinin yarıya inmesi ve geçiş süresinden dolayı transmisyon sinyalinin diğer yanıltıcı sinyallerden kolayca ayırt edilebilmesidir. [24-26]

II.5.10.3 Rezonans Yöntemi

Dışarıdan uygulanan tek bir darbenin etkisiyle serbest titreşen bir yapı rezonans frekansı ile titreşir ve titreşim sönümleninceye kadar frekans aynı kalır. Rezonansın oluşabilmesi için, test parçasının ön ve arka yüzeylerinden gelen yansımaların büyük bir kayıpla olmaması, yansımadan sonra geldikleri doğrultuda geri dönmeleri ve başka yöne saparak kaybolmamaları gerekir. Yani, test parçası paralel yüzeyli ve pürüzsüz olmalıdır Şekil II.63.

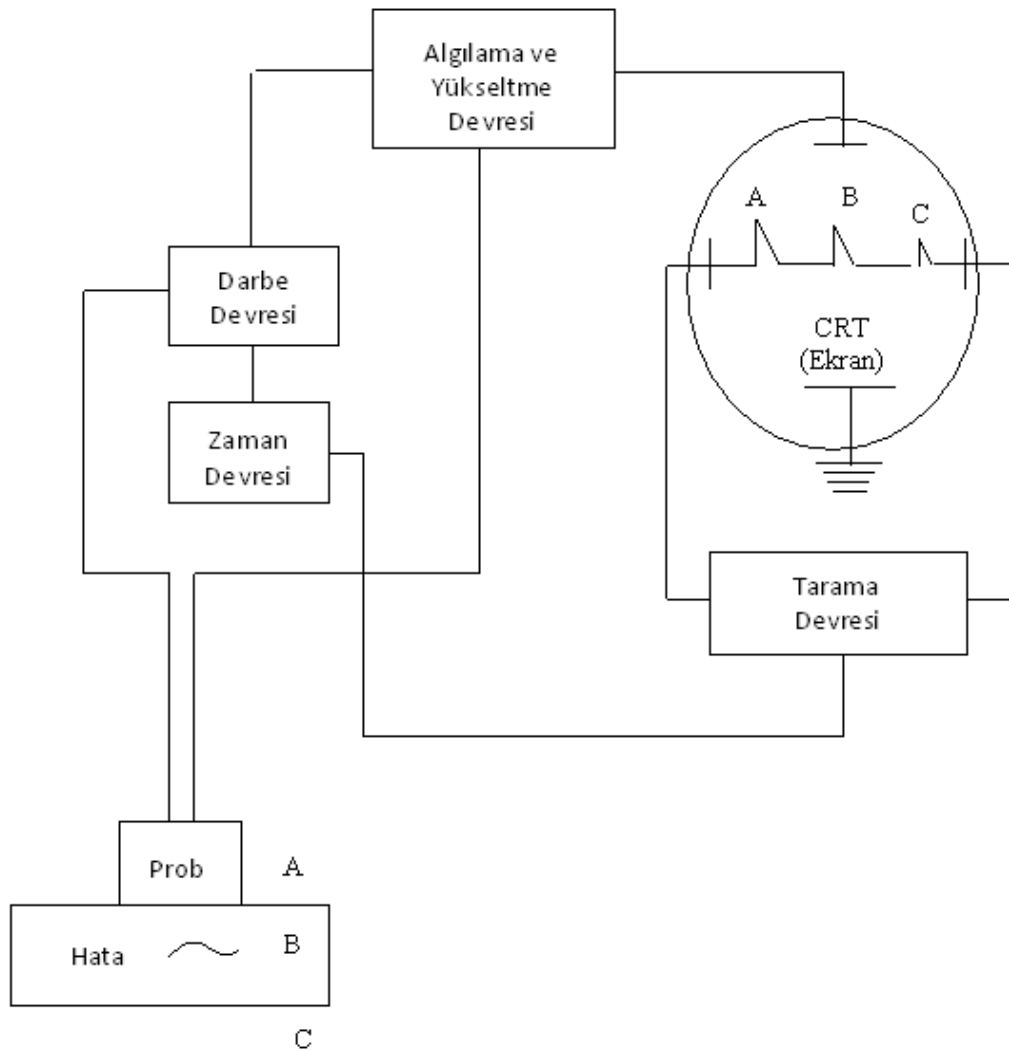
Rezonans yöntemi, ince malzemelerin cidar kalınlıklarının ve kaplama kalınlığı ölçümünde kullanılmıştır. Bu yöntem yeteri kadar duyarlı olmayıp, günümüzde artık kullanılmamakta ve yerine, çok daha duyarlı ölçüm yapabilen darbe-yankı tipi cihazlar kullanılmaktadır. [24-26]



Şekil II.63 Rezonans Yönteminin Prensibi

II.5.11 Ultrasonik Cihazın Temel Devre Elemanları

Ultrasonik cihaz, esas itibariyle duyarlı olarak zaman ölçen bir osiloskoptur. Darbe-yankı tipi bir ultrasonik cihazın blok diyagramı Şekil II.64’de verilmiştir. Katot ışını tüpü (CRT veya ekran), tarama devresi, darbe devresi, algılama-yükseltme devresi ve zaman devresi bir ultrasonik cihazın temel elemanlarını oluşturmaktadır. [26,29]



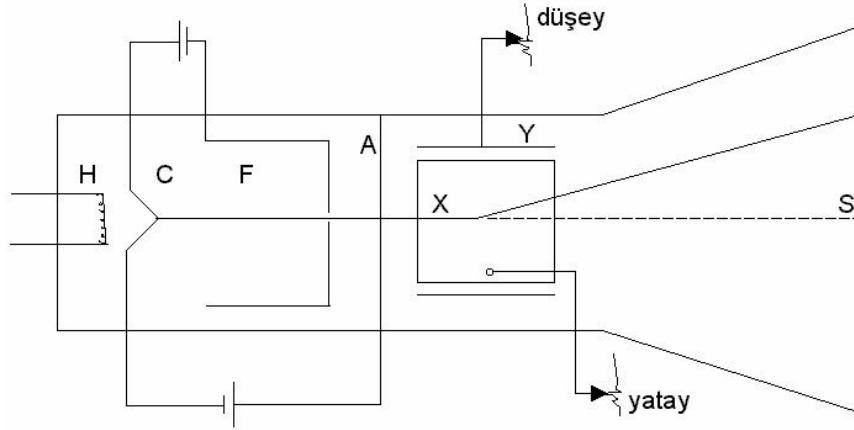
Şekil II.64 Bir Ultrasonik Cihazın Temel Devre Elemanları

II.5.11.1 Katot Işını Tüpü (CRT) veya Ekran

Cihazın en uç elemanı olup, şematik olarak Şekil II.65’de gösterilmiştir. Tüpün bir ucunda, katodu (C) ısıtarak elektron üretilmesini sağlayan ısıtıcı bobinden (H) oluşan bir elektron tabancası ve bunun karşısındaki uçta ekran (S) bulunmaktadır. Elektronların zayıflamasını önlemek amacıyla tüpün içinde yüksek derecede vakum

oluşturulmuştur. Katottan çıkan elektronlar, katot (C) ve anot (A) arasına uygulanan gerilim ile hızlandırılır. Oluşan elektron demeti, içinde elektromagnetik alan yaratılan bir odaklama silindiri (F) aracılığı ile odaklanır ve böylece ekrana çarpan demetin kesiti nokta kadar küçülür. İç yüzeyi fosfor bileşenleri ile kaplı olan ekran, hızlandırılmış elektronların çarpması ile görünür ışık flüoresansı yaparak elektronları görünen ışığa dönüştürür. Görüntü kalitesi, parlak ışık noktasının netliğine, elektron demetinin şiddetine ve yatay / düşey eksenlerin doğrusallığına bağlıdır.

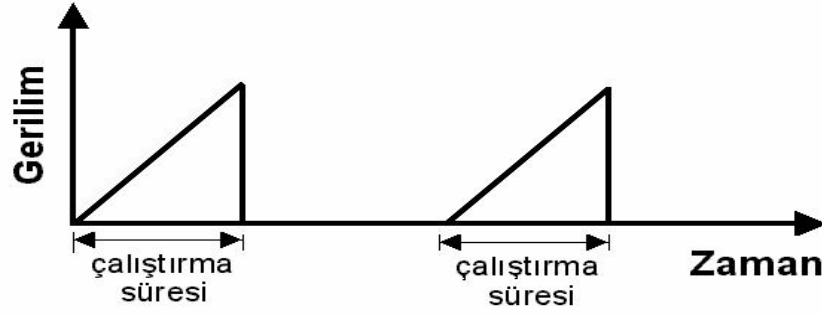
Elektronlar ekrana doğru hareket ederken iki saptırma plakasından (x ve y plakaları) geçerler. X - plakasına bir gerilim uygulandığında elektron demeti ekranda yatay doğrultuda sapar, y - plakasına bir gerilim uygulandığında da düşey doğrultuda sapar. [25,26,28]



Şekil II.65 Katot Işını Tüpü (CRT)

II.5.11.2 Tarama Devresi

Katot ışını tüpünün yatay saptırma plakasına (x-plakası) bir gerilim uygulayarak elektron demetinin sabit ve belirli bir hızla ekranı soldan sağa doğru taramasını sağlar. Böylece, yatay eksen (zaman ekseni) bir ışık çizgisi şeklinde görünür hale gelir. Tarama hızı, çalıştırma süresine (yani, plakaya uygulanan gerilimin sıfırdan maksimum değere çıkma süresine) bağlıdır. Şekil II.66'da görüleceği gibi, çalıştırma süresi sıfır gerilim noktasından başlar ve maksimum gerilim noktasında biter.



Şekil II.66 Zaman Eksenini İçin Gerilim Grafiği

Çalıştırma süresi ne kadar kısa ise noktanın hareket hızı o kadar yüksektir. Çalıştırma süresi, dolayısıyla noktanın hızı, test alanı kontrol düğmesi aracılığı ile ayarlanır. Tarama işlemi çok kısa zaman aralıklarıyla tekrarlanır. Bu sayede ekranın yatay ekseninde sürekli bir ışık çizgisi oluşur. Tarama devresine bağlı olarak çalışan gecikme veya paralel kaydırma düğmesi ekran yatay ekseninin sola veya sağa doğru hareketini sağlar. [25,27]

II.5.11.3 Darbe Devresi

300 - 1000 V arasında kısa elektrik darbeleri üreterek, bunları hem probdaki transdüser hem de yükseltme devresine uygular. Piezoelektrik transdüser bu elektrik darbesini ultrasonik titreşimlere dönüştürür. Bazı cihazlarda elektrik darbesinin frekansını ve genliğini ayarlayan kontrol fonksiyonları mevcut olmasına karşılık, bazı cihazlarda bu ayarlama otomatik olarak yapılmaktadır. Ultrasonik dalga darbesinin frekansı piezoelektrik transdüserin kalınlığı, darbe uzunluğu ise sönümleme derecesi ile kontrol edilir. [25,26]

II.5.11.4 Algılama - Yükseltme Devresi

Bir yükseltici, bir doğrultucu ve bir zayıflatıcı içermektedir. Yükseltici devre, darbe devresinden ve probdan gelen elektrik darbelerini kuvvetlendirir. Doğrultucu, elektrik sinyallerini kolay gözlenmesi için doğrultur. Bazı cihazlarda, algılanan sinyallerin hem doğrultulmuş hem doğrultulmamış şekilde gözlenmesini sağlayan kontrol fonksiyonu mevcuttur. Zayıflatıcı, sinyal genliğinin istenilen şekilde değiştirilmesini sağlar. Bu amaçla kullanılan kontrol düğmesine kazanç düğmesi denir ve desibele (dB) göre kalibre edilmiştir.

Yükseltici devre, darbe devresinden ve probdan gelen elektrik darbelerini kuvvetlendirerek, bunları katod ışını tüpünün düşey saptırma plakalarına gönderir. Böylece, uygulanan darbeye ve probdan dönen başlangıç darbesine veya yankılara ait ekranda düşey sinyallerin oluşması sağlanır. Darbe üreticisinden yükselticiye gönderilen gerilim darbesi, buradan da katod ışını tüpüne gönderildiği için, prob cihaz ile bağlantılı olmasa bile ekranda başlangıç anını gösteren bir elektrik darbesi sinyali gözükecektir. Prob cihaza bağlandığında, transdüserden gelen titreşimin sinyali elektrik darbesi sinyalinin hemen yanında yer alacaktır. Bu iki sinyal ortak bir sinyal halinde başlangıç darbesini veya ilk darbeyi gösterir. [26,28]

II.5.11.5 Zaman Devresi

Tarama ve darbe devrelerini aynı anda harekete geçiren elektrik darbelerini üretir. Yani, bu devrelerin zamanlamasını ayarlar. Ekrandaki ışıklı çizginin sürekli ve parlak olması için bu darbeler tekrarlı olarak üretilir. Bu darbelerin bir saniyedeki tekrarlanma sayısına darbe tekrarlama frekansı denir. Bazı cihazlarda darbe tekrarlama frekansını ayarlayan kontrol fonksiyonları olmasına karşılık, bazı cihazlarda da bu ayar seçilen test alanına göre otomatik olarak yapılmaktadır.

Algılama devresinde yer alan gürültü bastırma kontrol fonksiyonu, gürültü veya çimlenme olarak adlandırılan belirtileri ekrandan yok etmek için kullanılır. Bu fonksiyon, düşey doğrusallığa etki ettiği sürece ve hata genliği değerlendirmesi yapıldığında kullanılmamalıdır. [27,28]

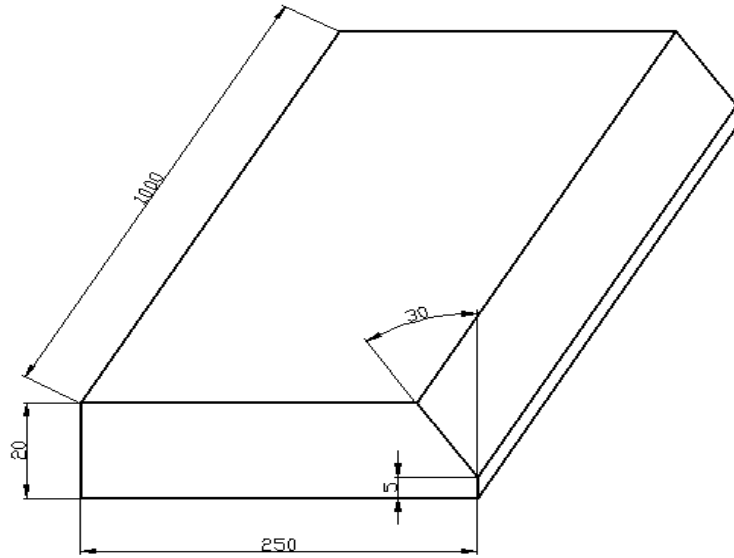
BÖLÜM III

ÇALIŞMALAR

III.1 MATERYAL VE YÖNTEM

III.1.1 Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler

Deneysel çalışmamızda 4 adet St 52 çelik plakalar kullanılmıştır. Bu plakalara V kaynak ağzı açılmıştır. Plakaların ölçüleri Şekil III.1’de gösterilmektedir.



Şekil III.1 Plakaların Ölçüleri

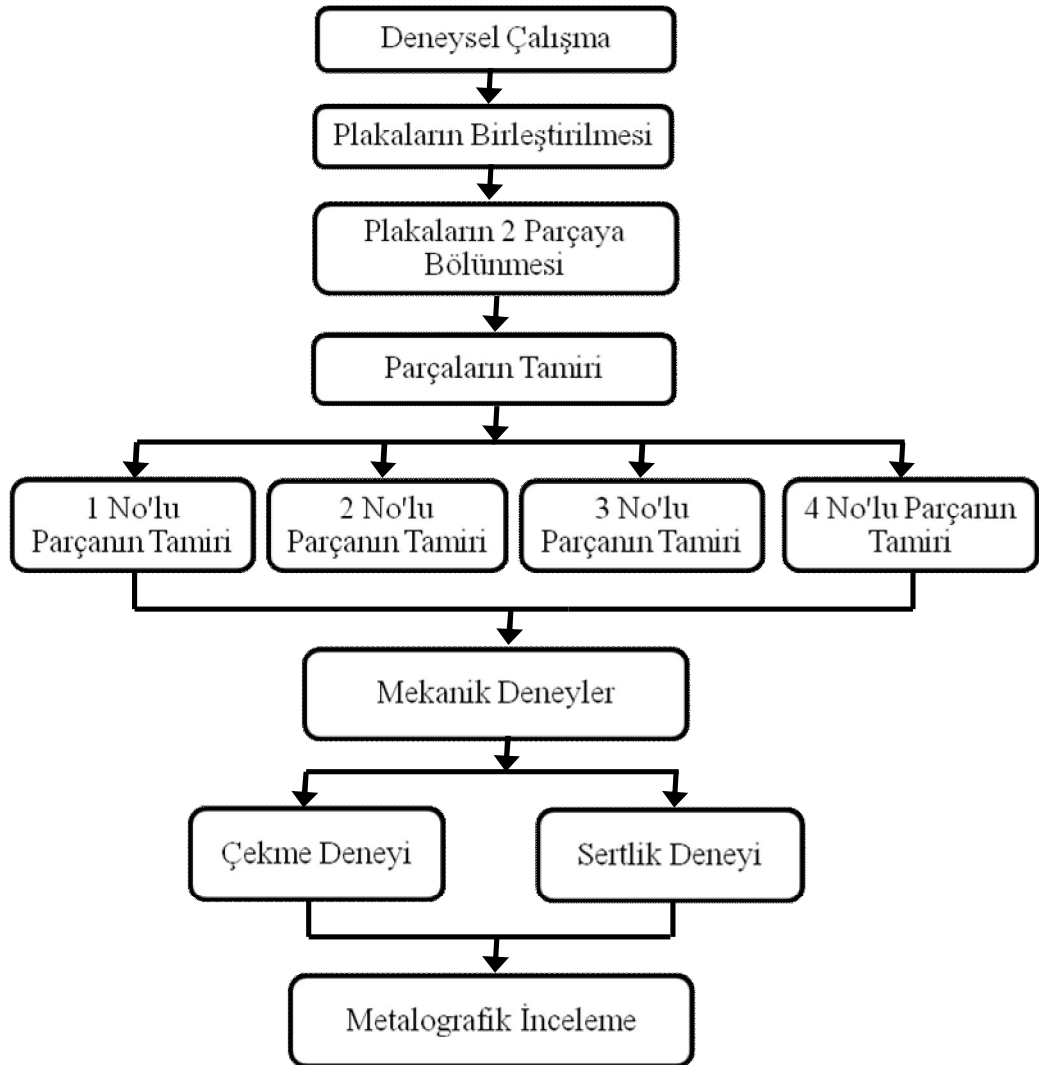
Deneysel çalışmada kullanılan çelik plakaların kimyasal ve mekaniksel kompozisyonları Tablo III.1’de belirtilmiştir.

Tablo III.1 St 52 Kimyasal ve Mekanik Kompozisyonu

St 52	Kimyasal Özellikleri					Mekanik Özellikleri		
	Max % C	Max % Si	Max % Mn	Max % P	Max % S	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Akma Dayanımı (N/mm ²)	% Uzama
	0,22	0,55	1,6	0,04	0,035	500-650	355	21

III.2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

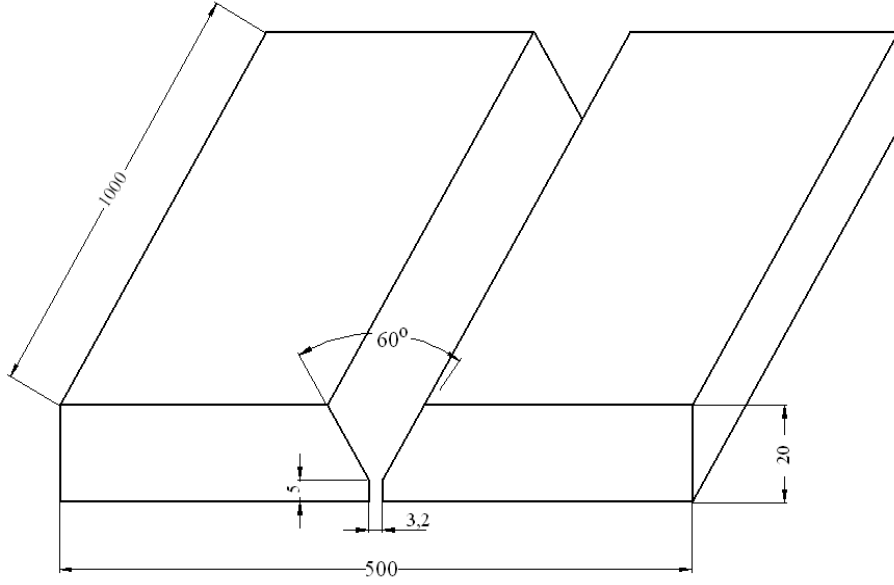
Deneysel çalışmaların yapılma sıraları ve iş akış şeması Şekil III.2’de gösterilmektedir.



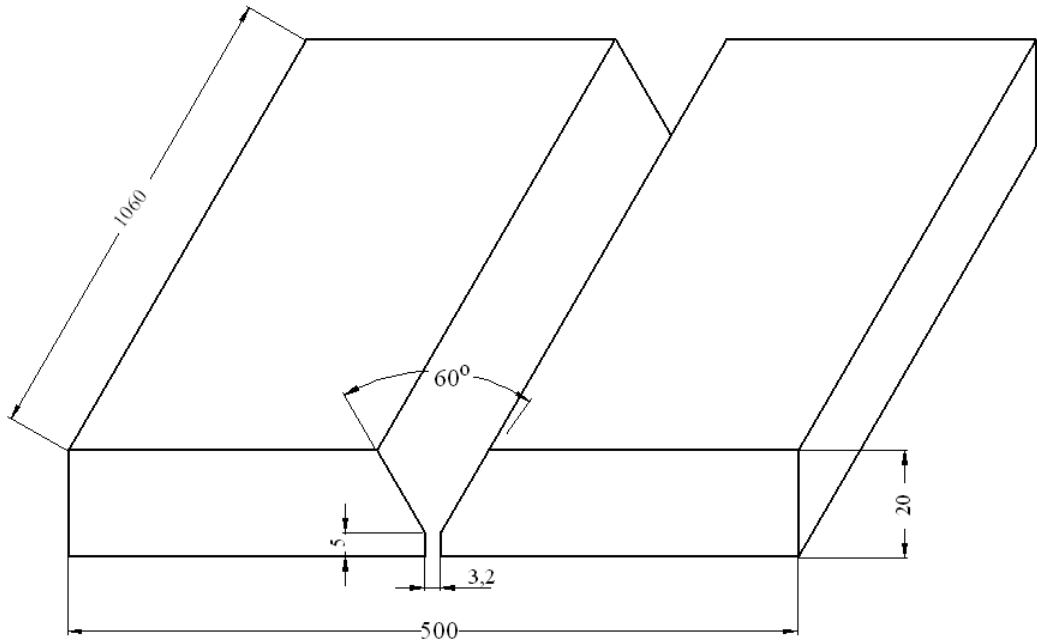
Şekil III.2 Deneysel Çalışma İş Akış Şeması

III.2.1 Plakaların Birleştirilmesi

Deneysel çalışmamızda kullandığımız 4 adet St 52 plakalar birer çift oluşturacak şekilde alın alına getirilerek Tozaltı kaynak yöntemi kullanılarak birleştirilmiştir. Bu çalışma Welding Alloys firmasının kaynaklı imalat kısmında yapılmıştır. Plakaların kaynak öncesi ön hazırlığı ve gerekli ölçümleme Şekil III.3 ve Şekil III.4’de gösterilmiştir.



Şekil III.3 Plakaların Kaynak Öncesi Ön Hazırlığı

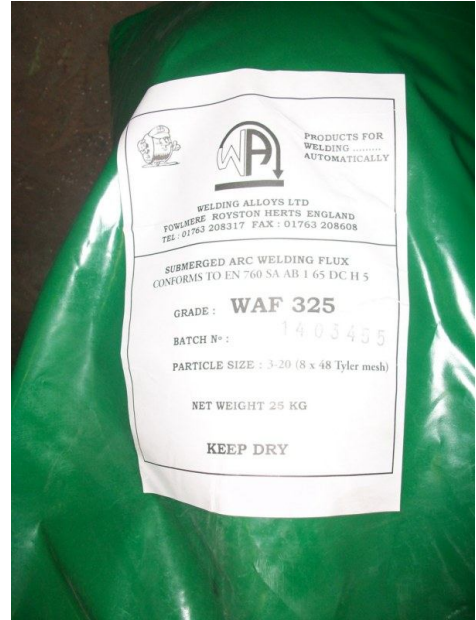
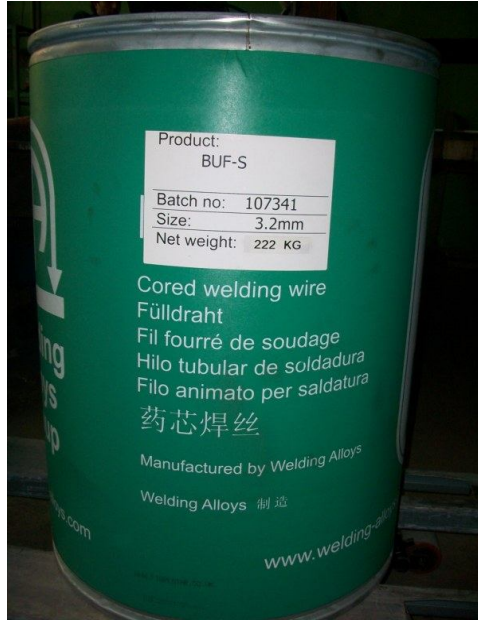


Şekil III.4 Plakaların Kaynak Öncesi Ön Hazırlığı

Plakaların Tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmesi Şekil III.5’de gösterilmiştir. Kaynak yapımında kullanılan kaynak telinin ve kaynak tozunun (Şekil III.6) fiziksel ve mekaniksel kompozisyonu Tablo III.2 ve Tablo III.3’de gösterilmektedir.



Şekil III.5 Plakaların Tozaltı Kaynak Yöntemi ile Birleştirilmesi



Şekil III.6 Kaynak Yapımında Kullanılan Kaynak Teli ve Kaynak Tozu

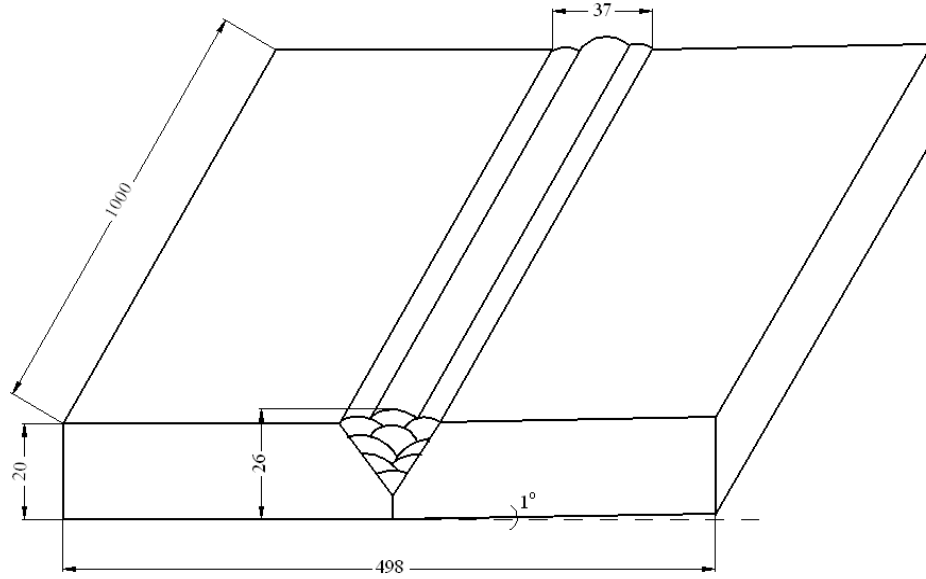
Tablo III.2 BUF-S Kaynak Telinin Kimyasal ve Mekaniksel Kompozisyonu

Kimyasal Özellikleri						Mekanik Özellikleri		
Max C	Max Mn	Max Si	Max Cr	Max Ni	Max Mo	Çekme dayanımı (N/mm ²)	Akma dayanımı (N/mm ²)	% Uzama
0,12	1,5	0,5	1,5	1,0	1,0	730	645	23

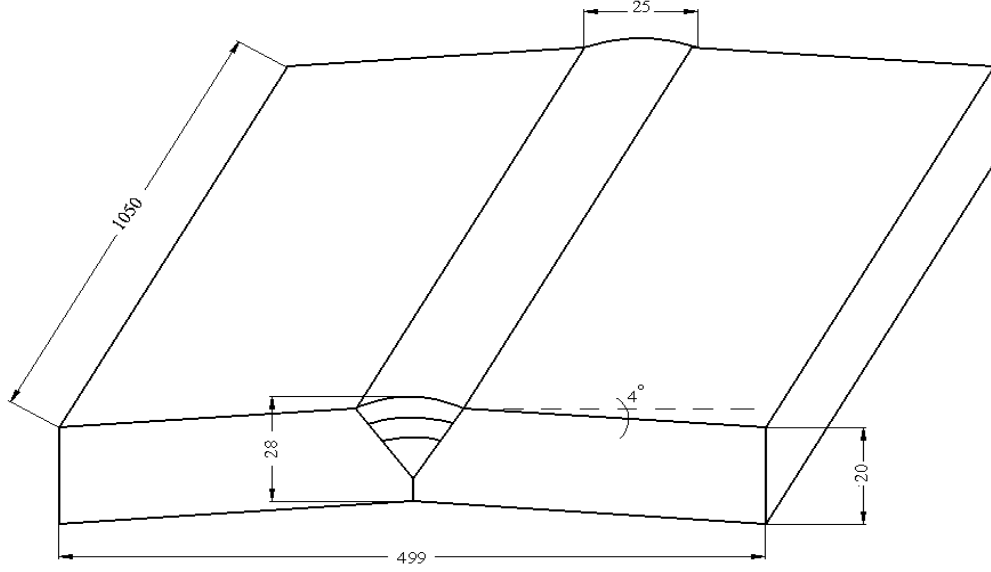
Tablo III.3 WAF 325 Kaynak Tozunun Kimyasal Kompozisyonu

SiO ₂ + TiO ₂	CaO + MgO	Al ₂ O ₃ + MnO	CaF ₂
% 18	% 35	% 23	% 22

Plakaların kaynak sonrası ölçümleri Şekil III.6 ve Şekil III.7’de, Tablo III.4 ve Tablo III.5’de ise kaynak parametreleri gösterilmektedir.

**Şekil III.6** Plakaların Kaynak Sonrası Ölçümleri**Tablo III.4** Kaynak Parametreleri

Amper (A)	Volt (V)	Kaynak İlerleme Hızı (mm/sn)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Tel Çapı (mm)
450	30	600-800	3,5-4	3.2



Şekil III.7 Plakaların Kaynak Sonrası Ölçüleri

Tablo III.5 Kaynak Parametreleri

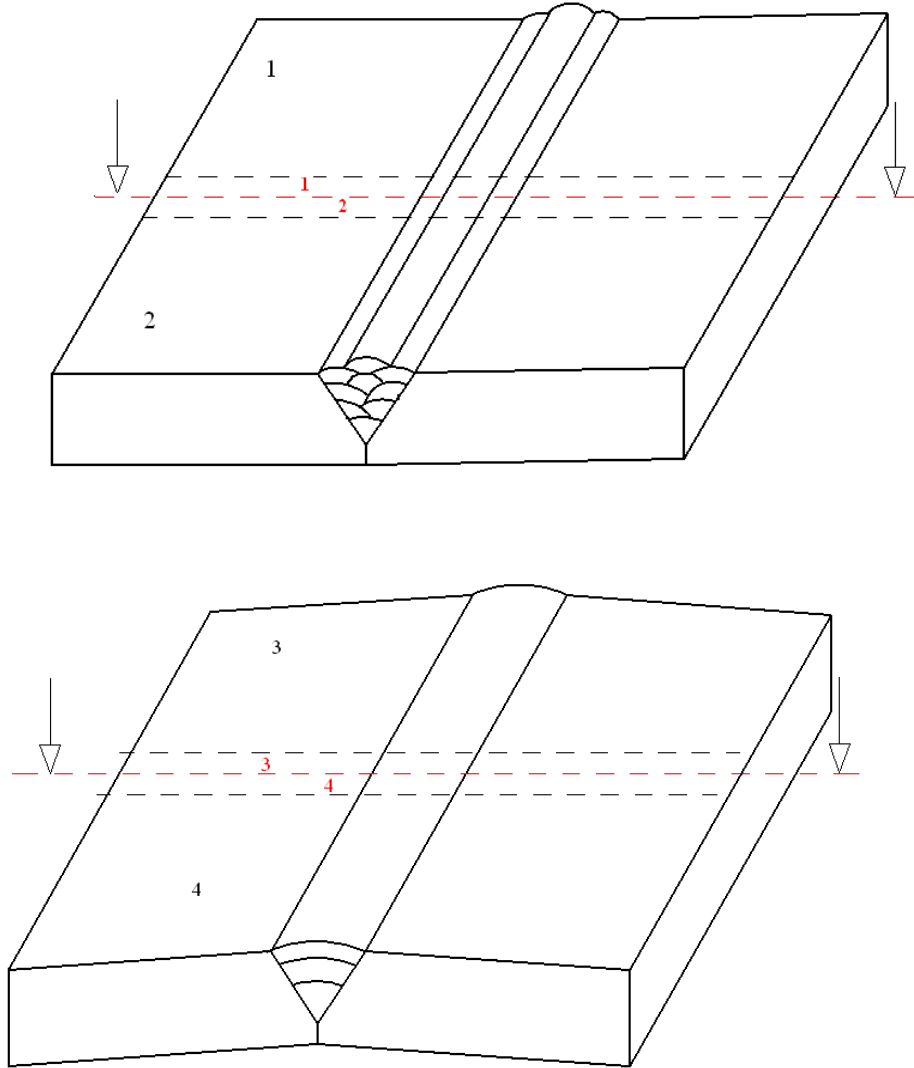
Amper (A)	Volt (V)	Kaynak İlerleme Hızı (mm/sn)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Tel Çapı (mm)
450	31	300-400	3-4	3.2

III.2.2 Plakaların 2 Eşit Parçaya Bölünmesi

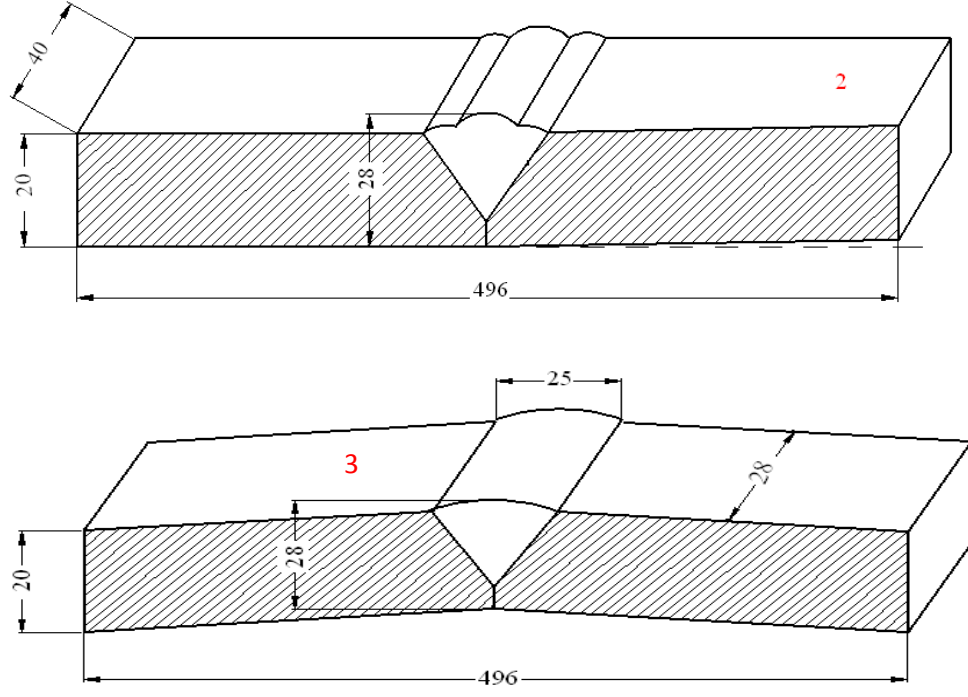
Tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen plakalar hidrolik şerit testere yardımıyla soğutma sıvısı kullanılarak 2 eşit parçaya bölündü Şekil III.8 ve toplam 4 parça elde edildi. Bu parçalara 1-2-3-4 şeklinde numara verildi Şekil III.9. Çekme deneyi ve metalografi inceleme için numuneler çıkarıldı Şekil III.10 ve Şekil III.11. Kesim işlemleri Schmolz-Bickenbach Çelik A.Ş fabrikasında gerçekleştirildi.



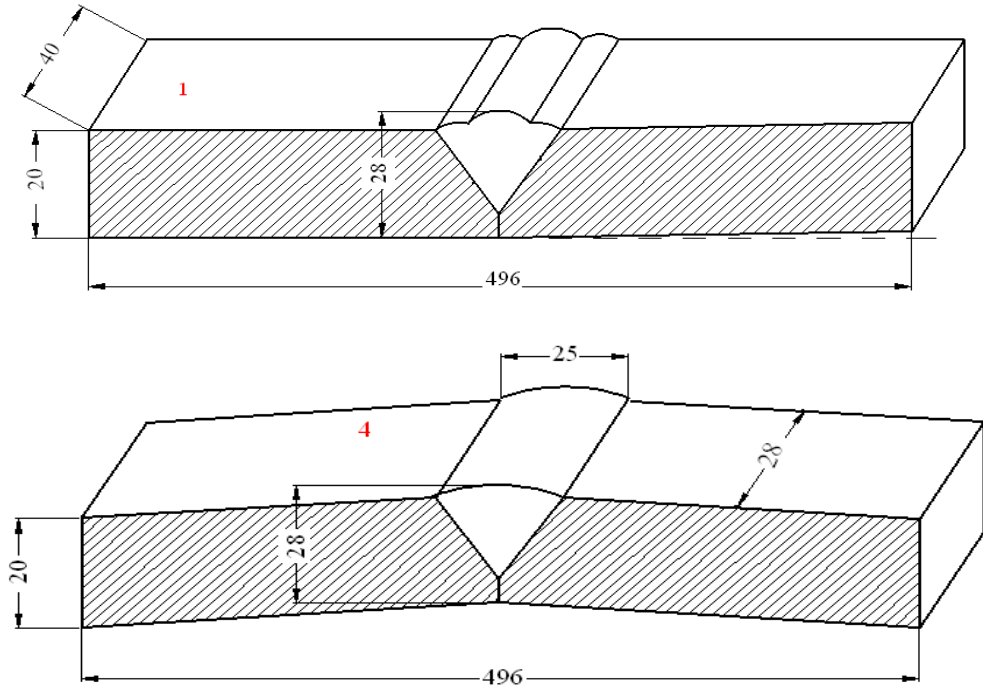
Şekil III.8 Kaynaklı Plakaların 2 Eşit Parçaya Bölünmesi



Şekil III.9 Kaynaklı Plakaların Numaralandırılması



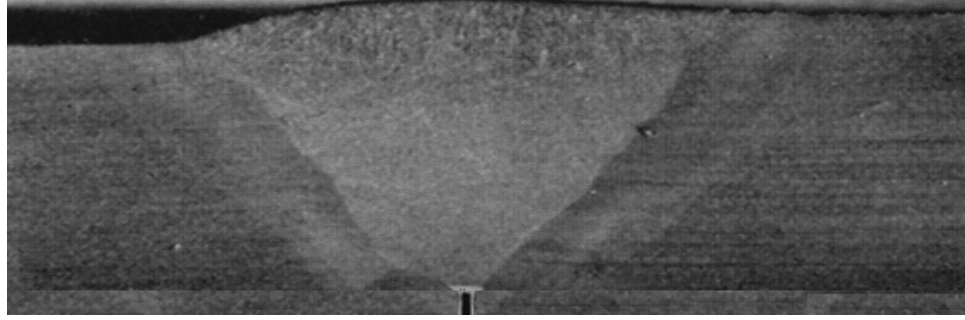
Şekil III.10 Çekme Numuneleri



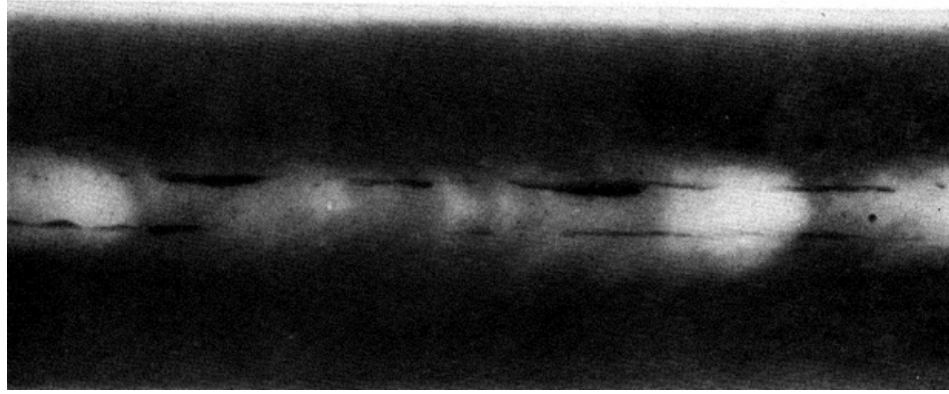
Şekil III.11 Metalografi Numuneleri

III.2.3 Parçaların Tamiri

Hidrolik testere yardımıyla 4 parçaya ayrılan kaynaklı plakalara uygulanan gözle ve radyografi muayene sonucunda parçalarda yetersiz nüfuziyet **(a)** ve curuf hattı **(b)** gibi kaynak hataları olduğu tespit edilmiştir Şekil III.12.



(a)



(b)

Şekil III.12 Kaynak Hataları

Muayene sonucu elde edilen bulgulardan sonra kaynaklı plakaların ters taraflarından oyuk açılmak suretiyle tamir işlemlerine başlanılmıştır. Tüm kaynaklı tamir işlemleri soğuk (öntavsız) olarak yapılmıştır. Tamir işlemleri Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi kaynak atölyesinde yapılmıştır.

III.2.3.1 1 No'lu Parçanın Tamiri

1 No'lu parçaya uygulanan muayene sonucunda malzeme kalınlığının % 80'ni kadar oyuk açılmıştır. Oyukları açmada Bosch marka spiral taş motoru kullanılmıştır. 1 No'lu parçanın tamirinde Gedik Welding Gazaltı kaynak makinesi kullanılmıştır. Tamir kaynağında Gedik Kaynak firması tarafından üretilen kimyasal ve mekanik kompozisyonu Tablo III.6'da gösterilen 1.2 mm çapında SG2 kaynak teli kullanılmıştır. Koruyucu gaz olarak % 100 CO₂ gazı kullanılmıştır.

Tablo III.6 SG2 Kaynak Telinin Kimyasal ve Mekanik Kompozisyonu

Kimyasal Özellikleri						Mekanik Özellikleri		
% C	% Mn	% Si	% P	% S	% Cu	Çekme dayanımı (N/mm ²)	Akma dayanımı (N/mm ²)	% Uzama
0,07 - 0,10	1,4 - 1,6	0,7 - 1,0	0,025	0,025	0,30	550	450	28

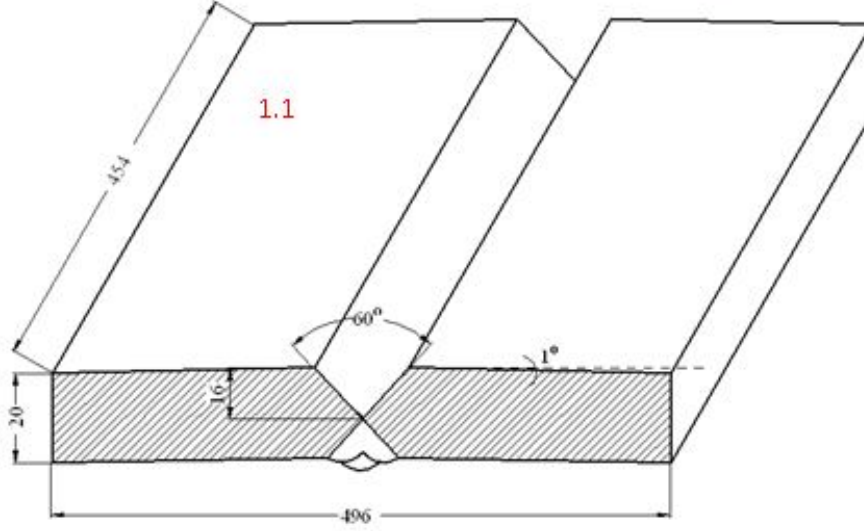
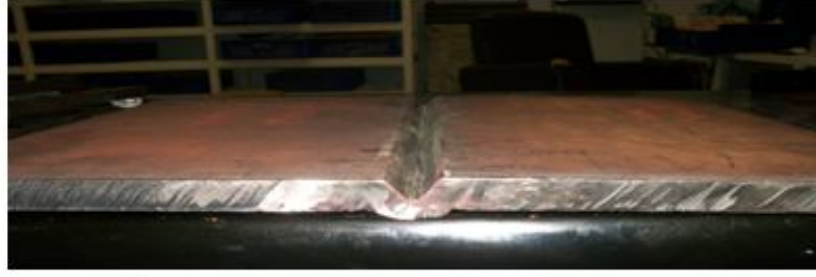
1 No'lu Parçaya 2 defa tamir işlemi uygulanmıştır. Tamir sayısını belirtmek amacıyla parçaya **1.1** (1. Parça 1. Tamir) ve **1.2** (1. Parça 2. Tamir) şeklinde numara verilmiştir.

1.1 (1. Parça 1. Tamir)

1 No'lu parçanın 1. Tamirinde, Şekil III.13'de yeri gösterilen curuf kalıntısı hatasını yok etmek amacıyla parçaya malzeme kalınlığının % 80'ni kadar oyuk açıldı ve gerekli görülen ölçümler yapıldı Şekil III.14.



Şekil III.13 Curuf Hattı

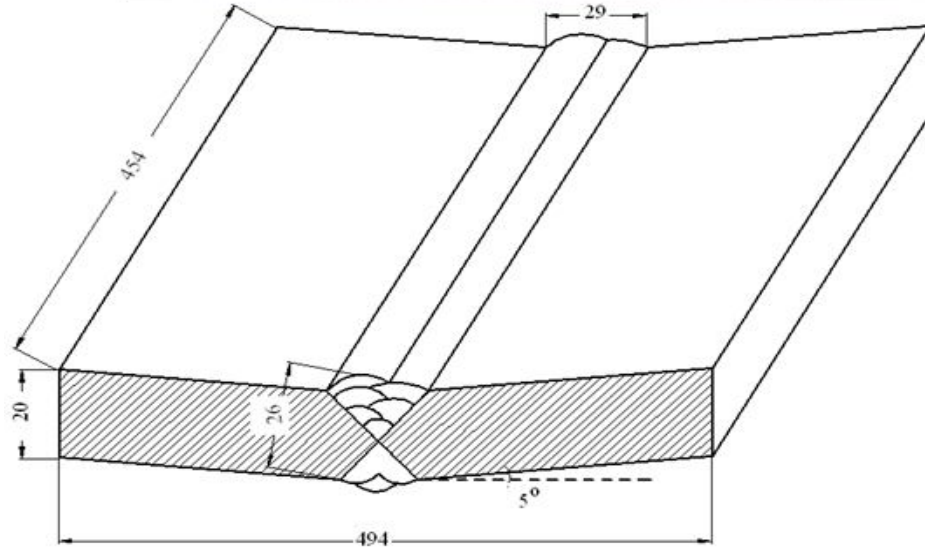
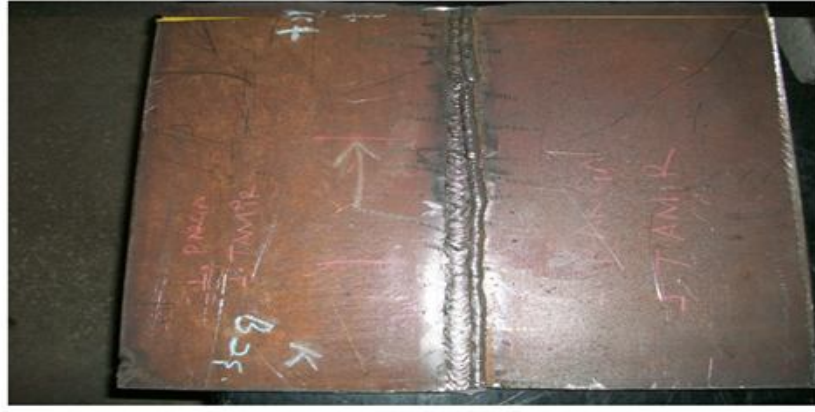


Şekil III.14 1 No'lu Parçaya 1. Tamir için Oyuk Açılması

1 No'lu parçanın 1. kaynaklı tamirinde kullanılan kaynak parametreleri Tablo III.7'de ve kaynak sonrası ölçümlemeleri Şekil III.15'de gösterilmiştir.

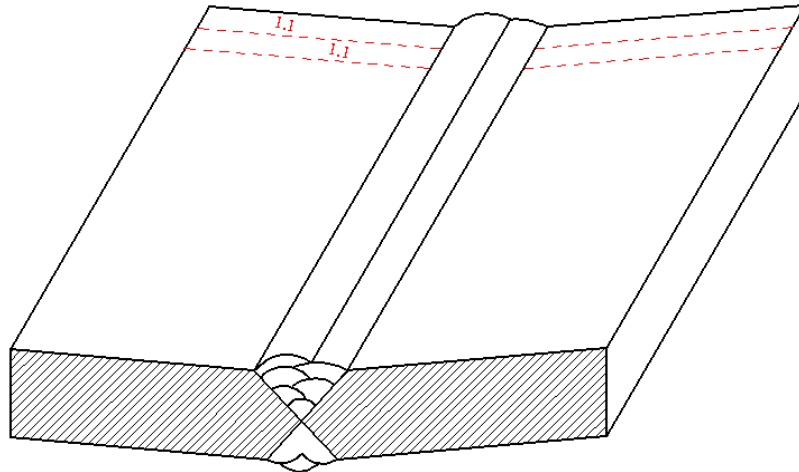
Tablo III.7 Kaynak Parametreleri

Amper (A)	Volt (V)	Tel sürme hızı (m/min)	Kaynak ilerleme hızı (mm/sn)	Kullanılan gaz	Gaz debisi (l/dak)	Tel çapı (mm)
200	28	4	211	CO ₂	12	1.2

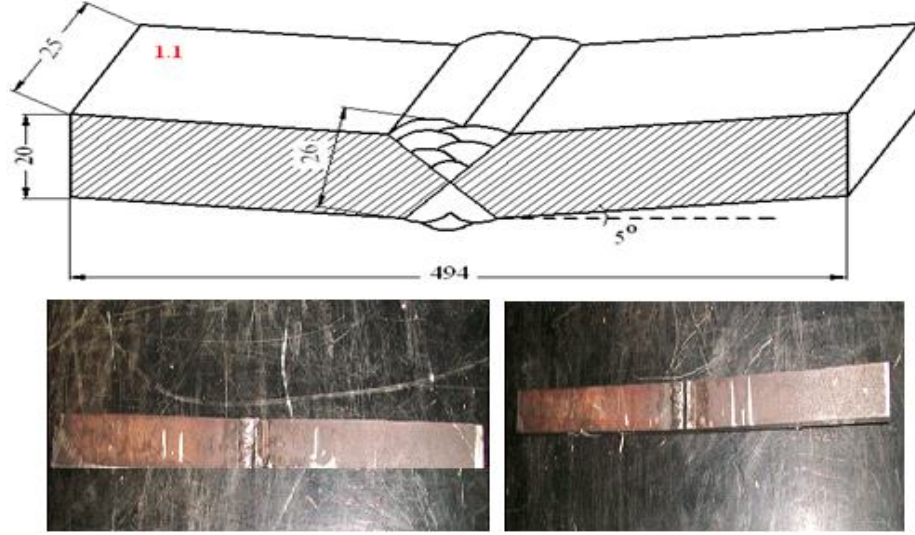


Şekil III.15 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri

1 No'lu parçanın 1. tamirinden sonra çekme deneyi ve metalografi incelemeler için numuneler alındı. Numunelerin alındığı bölgeler Şekil III.16 ve numune ölçüleri Şekil III.17'de gösterilmiştir.



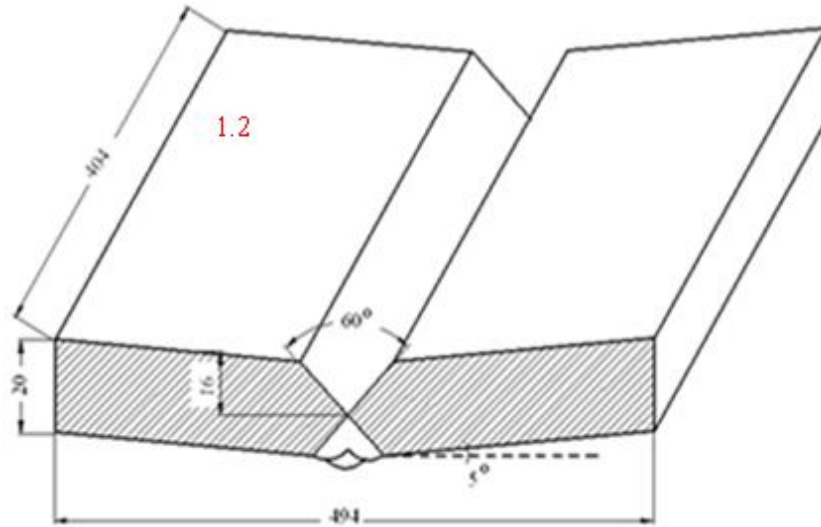
Şekil III.16 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler



Şekil III.17 1 No'lu Parçanın 1.Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri

1.2 (1. Parça 2. Tamir)

1 No'lu parçanın 2. tamirinde de 1. tamirde olduğu gibi malzeme kalınlığının % 80'ni kadar oyuk açıldı ve gerekli ölçümlere yapıldı Şekil III.18.

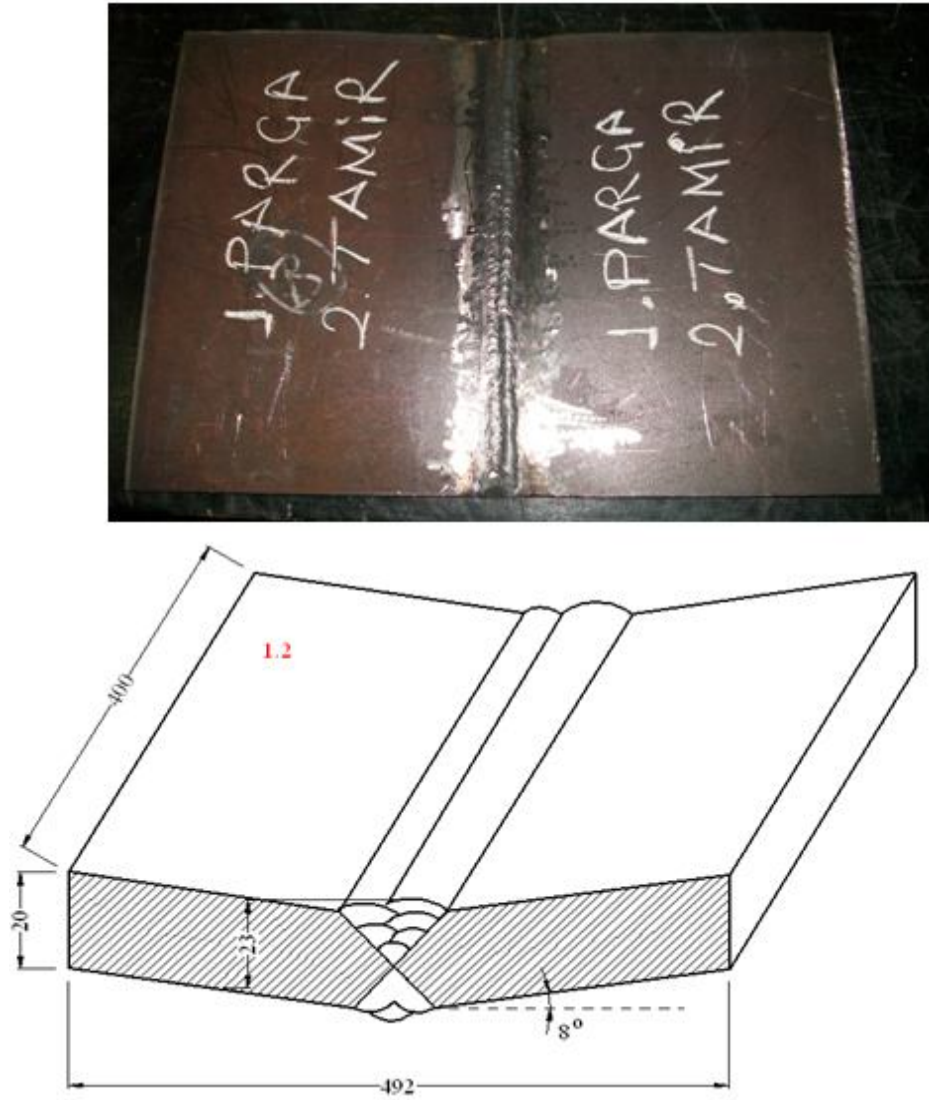


Şekil III.18 1 No'lu Parçaya 2. Tamir için Oyuk Açılması

1 No'lu parçanın 2. kaynaklı tamirinde kullanılan kaynak parametreleri Tablo III.8'de ve kaynak sonrası ölçümleri Şekil III.19'da gösterilmiştir.

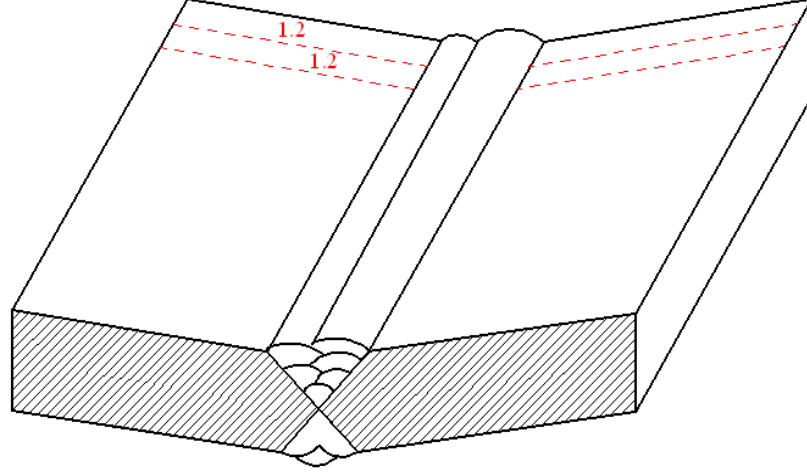
Tablo III.8 Kaynak Parametreleri

Amper (A)	Volt (V)	Tel sürme hızı (m/min)	Kaynak ilerleme hızı (mm/sn)	Kullanılan gaz	Gaz debisi (l/dak)	Tel çapı (mm)
200	28	4	200	CO ₂	12	1.2

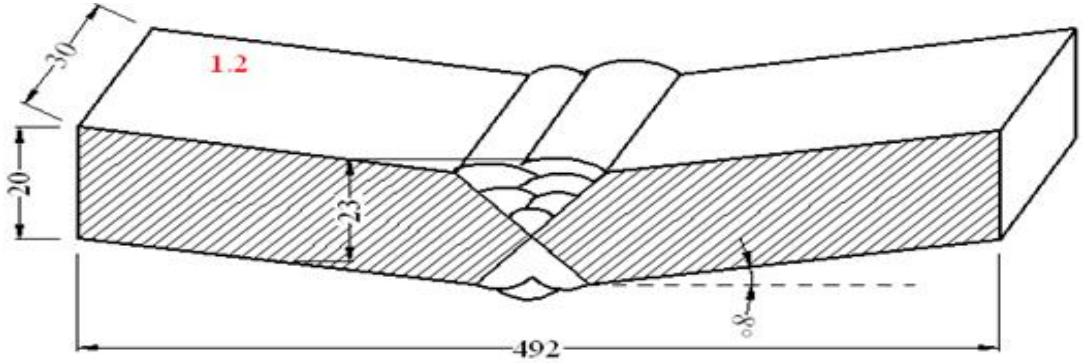


Şekil III.19 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri

1 No'lu parçanın 2. tamirinden sonra çekme deneyi ve metalografi incelemeler için numuneler alındı. Numunelerin alındığı bölgeler Şekil III.20 ve numune ölçüleri Şekil III.21'de gösterilmiştir.



Şekil III.20 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler



Şekil III.21 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri

III.2.3.2 2 No'lu Parçanın Tamiri

2 No'lu parçaya uygulanan muayene sonucunda malzeme kalınlığının % 100'ü kadar oyuk açılmıştır. Oyukları açmada Bosch marka spiral taş motoru kullanılmıştır. 2 No'lu parçanın tamirinde AS Kaynak Magster 451 W Gazaltı kaynak makinesi kullanılmıştır. Tamir kaynağında AS Kaynak firması tarafından üretilen kimyasal ve mekanik kompozisyonu Tablo III.9'da gösterilen 1.2 mm çapında ELCOR R71T Özlü kaynak teli kullanılmıştır. Koruyucu gaz olarak % 100 CO₂ gazı kullanılmıştır.

Tablo III.9 ELCOR R71T Özlü Kaynak Telinin Kimyasal ve Mekanik Özellikleri

Kimyasal Özellikleri					Mekanik Özellikleri		
% C	% Mn	% Si	% P	% S	Çekme dayanımı (N/mm ²)	Akma dayanımı (N/mm ²)	% Uzama
0,06	1,3	0,5	0,015	0,015	550-640	420	22

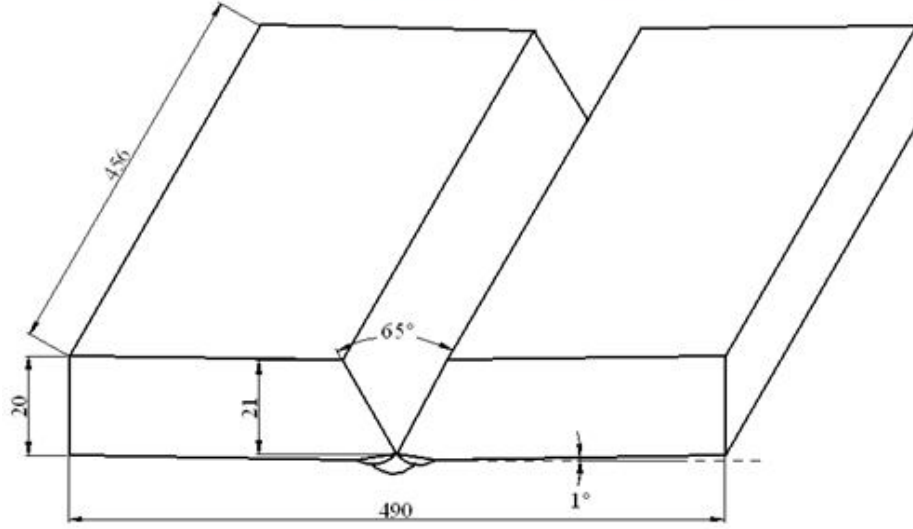
2 No'lu Parçaya 2 defa tamir işlemi uygulanmıştır. Tamir sayısını belirtmek amacıyla parçaya **2.1** (2. Parça 1. Tamir) ve **2.2** (2. Parça 2. Tamir) şeklinde numara verilmiştir.

2.1 (2. Parça 1. Tamir)

2 No'lu parçanın 1. Tamirinde, Şekil III.22'de yeri gösterilen curuf hattını yok etmek amacıyla parçaya malzeme kalınlığının % 100'ü kadar oyuk açıldı ve gerekli görülen ölçümler yapıldı Şekil III.23.



Şekil III.22 Curuf Hattı

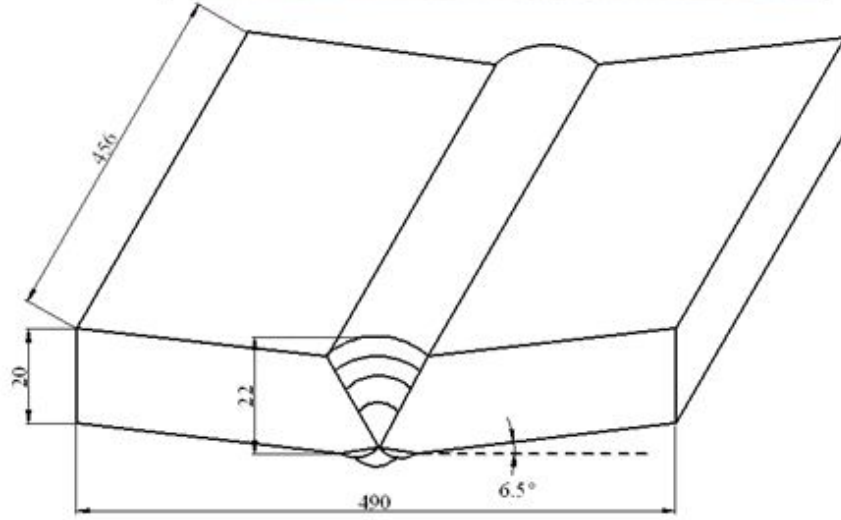


Şekil III.23 2 No'lu Parçaya 1. Tamir için Oyuk Açılması

2 No'lu parçanın 1. kaynaklı tamirinde kullanılan kaynak parametreleri Tablo III.10'da ve kaynak sonrası ölçümleri Şekil III.24'de gösterilmiştir.

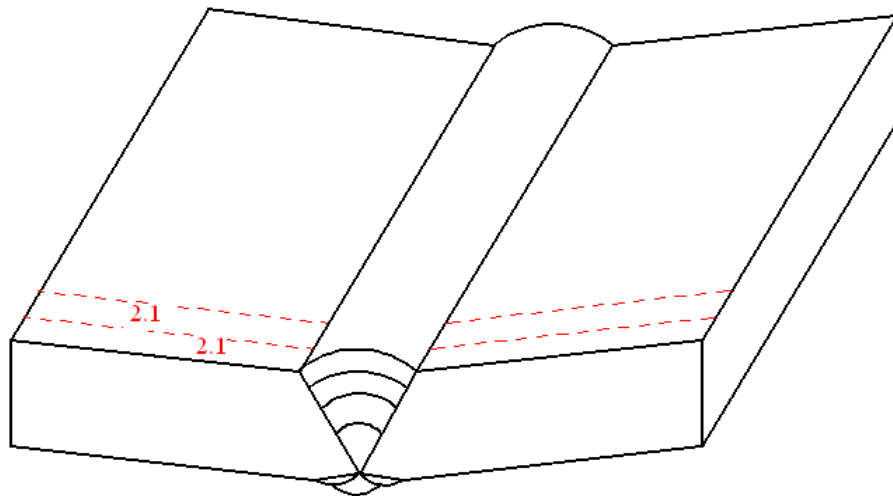
Tablo III.10 Kaynak Parametreleri

Amper (A)	Volt (V)	Tel sürme hızı (m/min)	Kaynak ilerleme hızı (mm/sn)	Kullanılan gaz	Gaz debisi (l/min)	Tel çapı (mm)
229	26,7	4,5	176,6	CO ₂	10	1.2

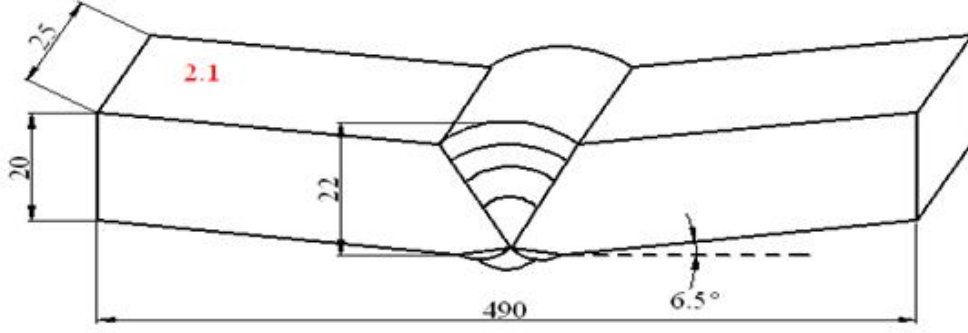


Şekil III.24 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri

2 No'lu parçanın 1. tamirinden sonra çekme deneyi ve metalografi incelemeler için numuneler alındı. Numunelerin alındığı bölgeler Şekil III.25'de ve numune ölçüleri Şekil III.26'da gösterilmiştir.



Şekil III.25 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler



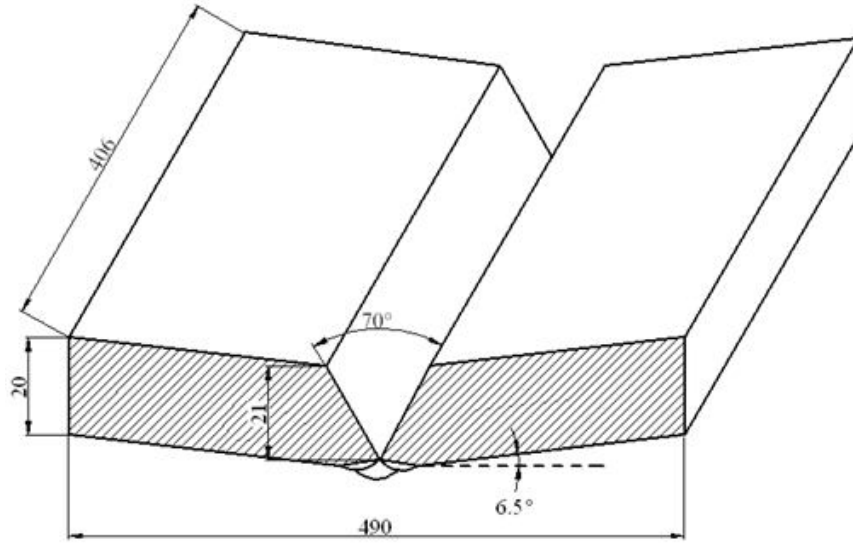
Şekil III.26 2 No'lu Parçanın 1.Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri

2.2 (2. Parça 2. Tamir)

2 No'lu parçanın 2. Tamirinde, Şekil III.27'de yeri gösterilen gözenek oluşumunu yok etmek amacıyla parçaya malzeme kalınlığının % 100'ü kadar oyuk açıldı ve gerekli görülen ölçümler yapıldı Şekil III.28.



Şekil III.27 Gözenek Oluşumu

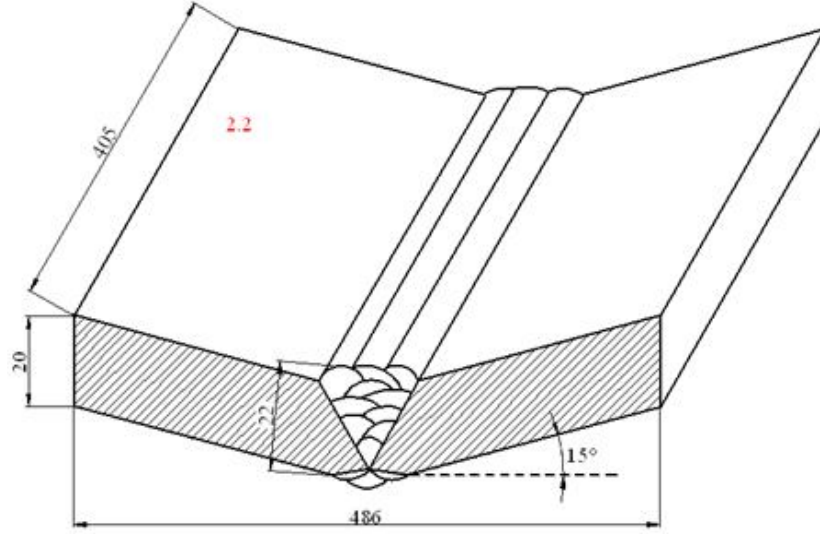


Şekil III.28 2 No'lu Parçaya 2. Tamir için Oyuk Açılması

2 No'lu parçanın 2. kaynaklı tamirinde kullanılan kaynak parametreleri Tablo III.11'de ve kaynak sonrası ölçümleri Şekil III.29'da gösterilmiştir.

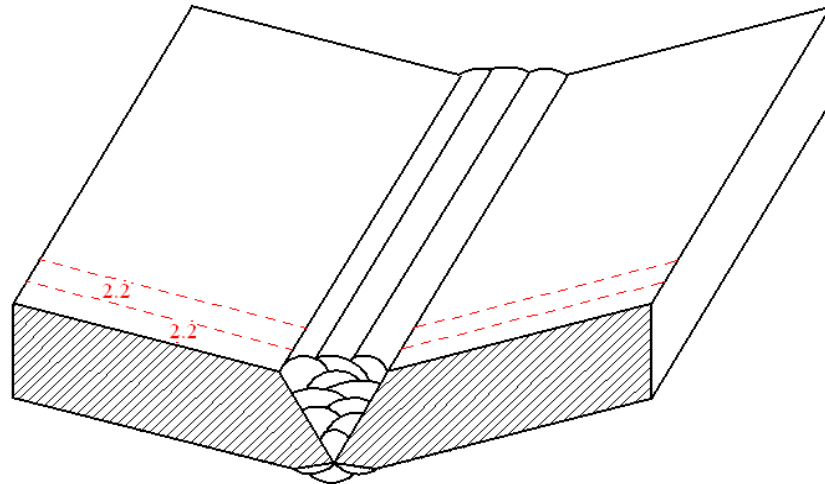
Tablo III.11 Kaynak Parametreleri

Amper (A)	Volt (V)	Tel sürme hızı (m/min)	Kaynak ilerleme hızı (mm/sn)	Kullanılan gaz	Gaz debisi (l/min)	Tel çapı (mm)
140	28	4,5	150	CO ₂	10	1.2

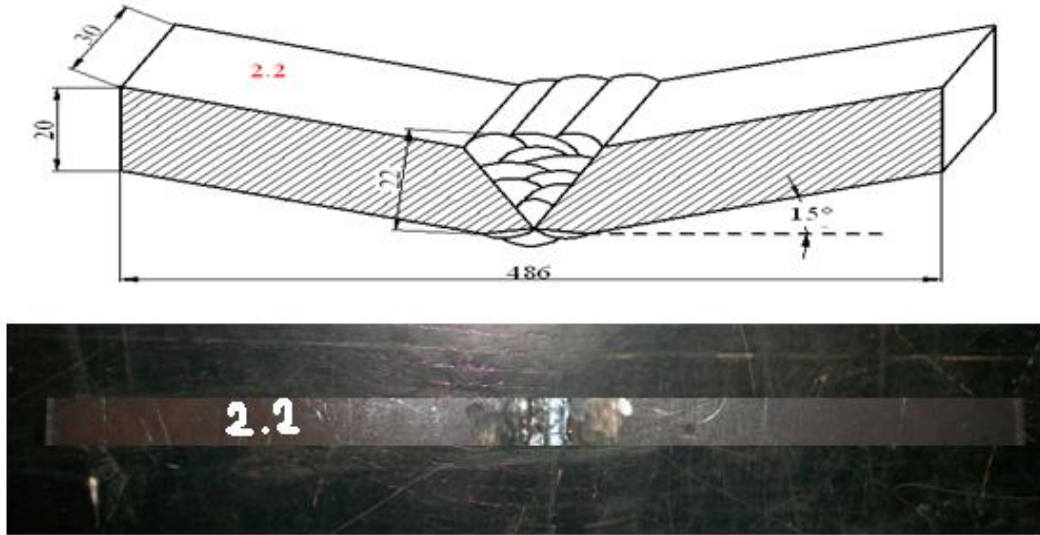


Şekil III.29 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri

2 No'lu parçanın 2. tamirinden sonra çekme deneyi ve metalografi incelemeler için numuneler alındı. Numunelerin alındığı bölgeler Şekil III.30'da ve numune ölçüleri Şekil III.31'de gösterilmiştir.



Şekil III.30 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler



Şekil III.31 2 No’lu Parçanın 2.Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri

III.2.3.3 3 No’lu Parçanın Tamiri

3 No’lu parçaya uygulanan muayene sonucunda malzeme kalınlığının % 70’i kadar oyuk açılmıştır. Oyukları açmada Bosch marka spiral taş motoru kullanılmıştır. 3 No’lu parçanın tamirinde Gedik Welding Gazaltı kaynak makinesi kullanılmıştır. Tamir kaynağında Gedik Kaynak firması tarafından üretilen kimyasal ve mekanik kompozisyonu Tablo III.12’de gösterilen 1.2 mm çapında SG2 kaynak teli kullanılmıştır. Koruyucu gaz olarak % 100 CO₂ gazı kullanılmıştır.

Tablo III.12 SG2 Kaynak Telinin Kimyasal ve Mekanik Kompozisyonu

Kimyasal Özellikleri						Mekanik Özellikleri		
% C	% Mn	% Si	% P	% S	% Cu	Çekme dayanımı (N/mm ²)	Akma dayanımı (N/mm ²)	% Uzama
0,07	1,4	0,7	0,025	0,025	0,30	550	450	28
-	-	-						
0,10	1,6	1,0						

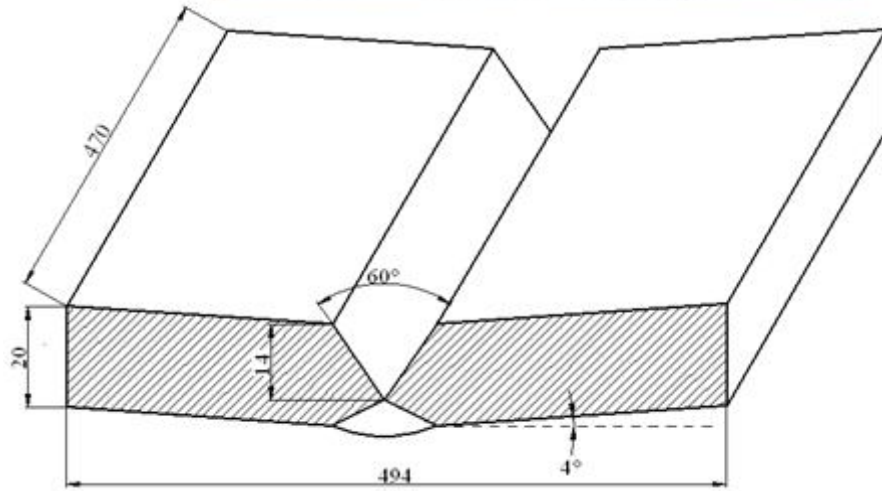
3 No’lu Parçaya 2 defa tamir işlemi uygulanmıştır. Tamir sayısını belirtmek amacıyla parçaya **3.1** (3. Parça 1. Tamir) ve **3.2** (3. Parça 2. Tamir) şeklinde numara verilmiştir.

3.1 (3. Parça 1. Tamir)

3 No'lu parçanın 1. Tamirinde, Şekil III.32'de yeri gösterilen curuf kalıntısı hatasını yok etmek amacıyla parçaya malzeme kalınlığının % 70'i kadar oyuk açıldı ve gerekli görülen ölçümlemeler yapıldı Şekil III.32.



Şekil III.32 Curuf Kalıntısı

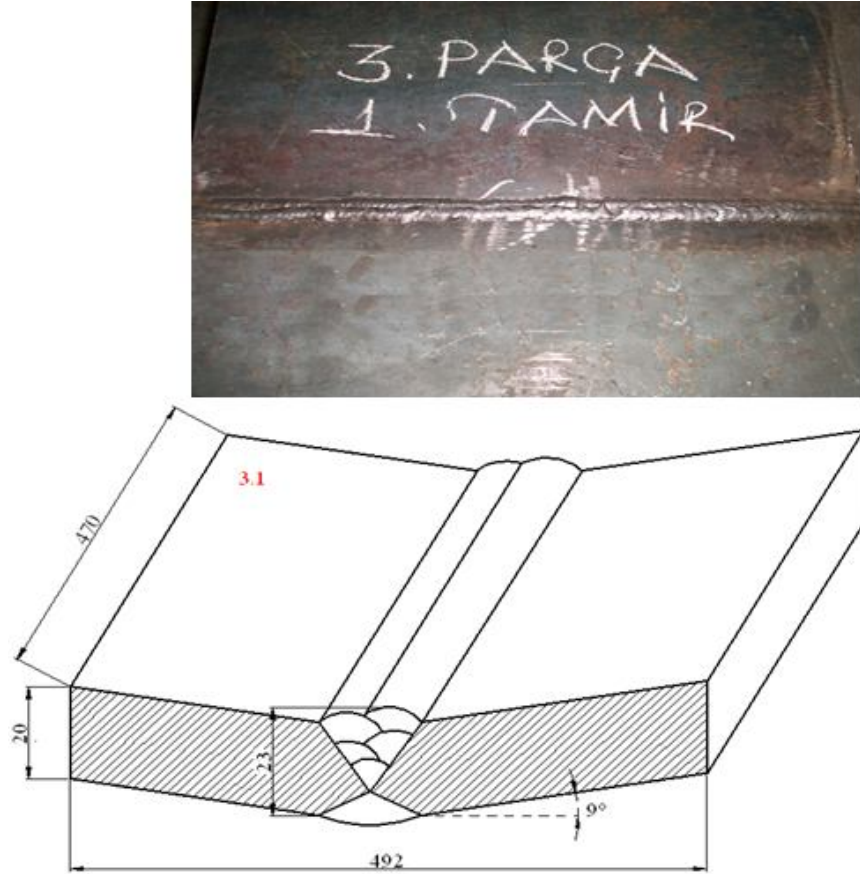


Şekil III.33 3 No'lu Parçaya 1. Tamir için Oyuk Açılması

3 No'lu parçanın 1. kaynaklı tamirinde kullanılan kaynak parametreleri Tablo III.13'de ve kaynak sonrası ölçümlemeleri Şekil III.34'de gösterilmiştir.

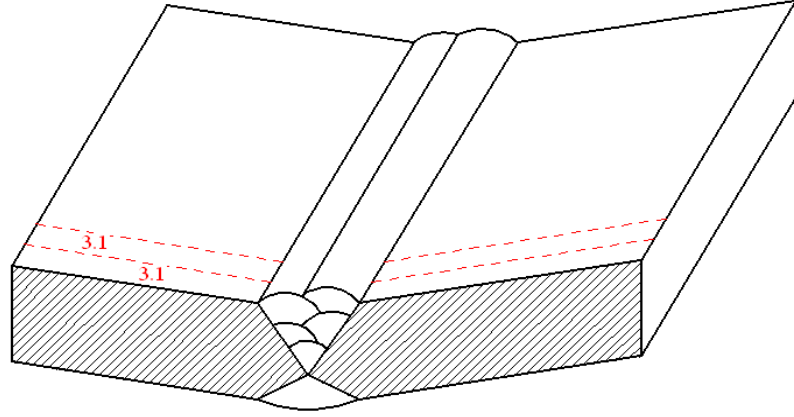
Tablo III.13 Kaynak Parametreleri

Amper (A)	Volt (V)	Tel sürme hızı (m/min)	Kaynak ilerleme hızı (mm/sn)	Kullanılan gaz	Gaz debisi (l/min)	Tel çapı (mm)
200	28	4	207	CO ₂	12	1.2

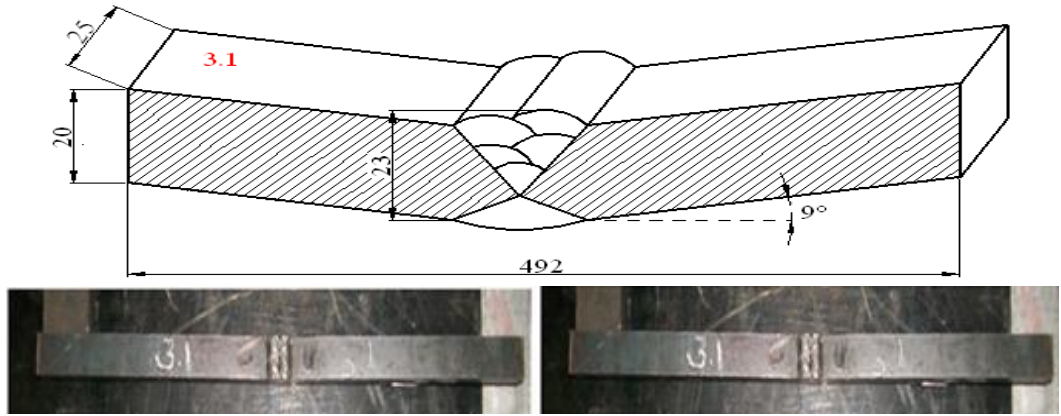


Şekil III.34 3 No'lu Parçanın 1. Tamir

3 No'lu parçanın 1. tamirinden sonra çekme deneyi ve metalografi incelemeler için numuneler alındı. Numunelerin alındığı bölgeler Şekil III.35'de ve numune ölçüleri Şekil III.36'da gösterilmiştir.



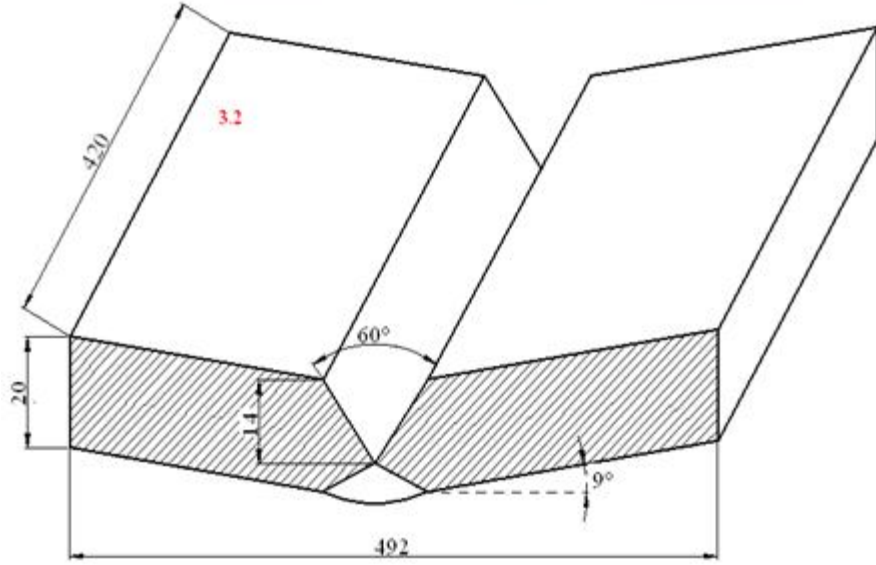
Şekil III.35 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler



Şekil III.36 3 No'lu Parçanın 1.Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri

3.2 (3. Parça 2. Tamir)

3 No'lu parçanın 2. tamirinde 1. tamirde olduğu gibi malzeme kalınlığının % 70'i kadar oyuk açıldı ve gerekli ölçümleme yapıldı Şekil III 37.

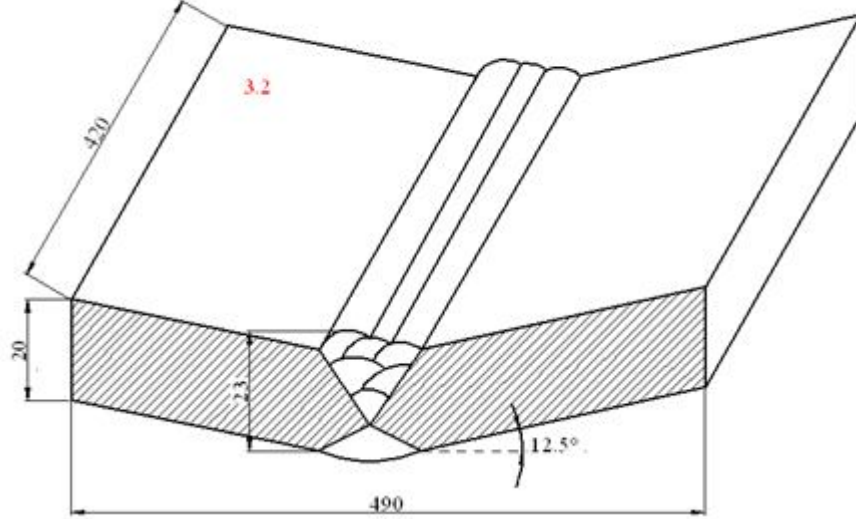


Şekil III.37 3 No'lu Parçaya 2. Tamir için Oyuk Açılması

3 No'lu parçanın 2. kaynaklı tamirinde kullanılan kaynak parametreleri Tablo III.14'de ve kaynak sonrası ölçümleri Şekil III.38'de gösterilmiştir.

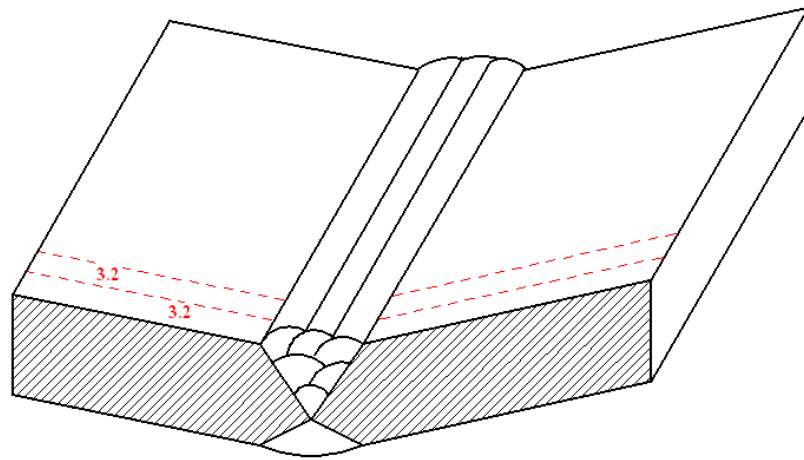
Tablo III.14 Kaynak Parametreleri

Amper (A)	Volt (V)	Tel sürme hızı (m/min)	Kaynak ilerleme hızı (mm/sn)	Kullanılan gaz	Gaz debisi (l/min)	Tel çapı (mm)
200	28	4	209	CO ₂	12	1.2

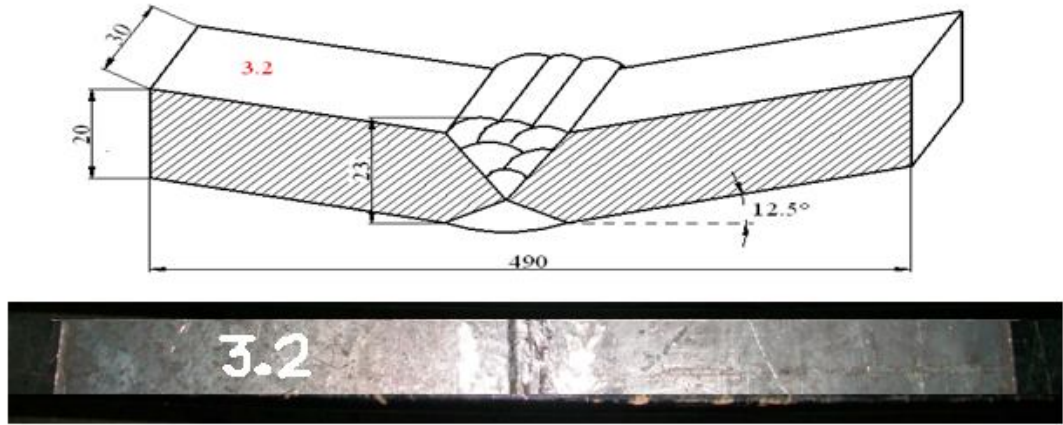


Şekil III.38 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri

3 No'lu parçanın 1. tamirinden sonra çekme deneyi ve metalografi incelemeler için numuneler alındı. Numunelerin alındığı bölgeler Şekil III.39'da ve numune ölçüleri Şekil III.40'da gösterilmiştir.



Şekil III.39 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler



Şekil III.40 3 No'lu Parçanın 2.Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri

III.2.3.4 4 No'lu Parçanın Tamiri

4 No'lu parçaya uygulanan muayene sonucunda malzeme kalınlığının % 80'ni kadar oyuk açılmıştır. Oyukları açmada Bosch marka spiral taş motoru kullanılmıştır. 4 No'lu parçanın tamirinde Redresör tipi Elektrik Ark kaynak makinesi kullanılmıştır. Tamir kaynağında AS Kaynak firması tarafından üretilen kimyasal ve mekanik kompozisyonu Tablo III.15'de gösterilen 3.25 mm çapında AS B 248 kaynak elektrodu kullanılmıştır.

Tablo III.15 AS B 248 Kaynak Elektrodunun Kimyasal ve Mekanik Kompozisyonu

Kimyasal Özellikleri			Mekanik Özellikleri		
% C	% Mn	% Si	Çekme dayanımı (N/mm ²)	Akma dayanımı (N/mm ²)	% Uzama
0,07	0,9	0,5	530	460	28

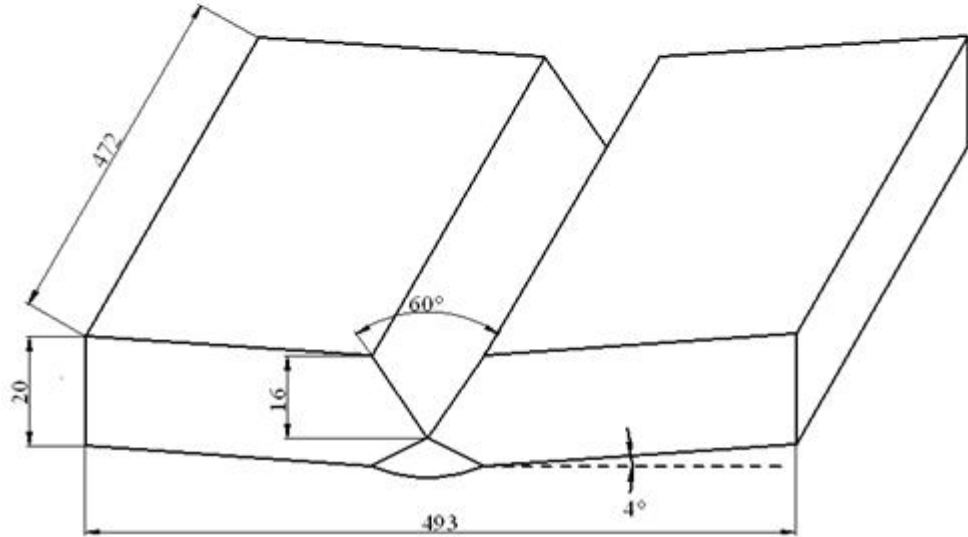
4 No'lu Parçaya 1 defa tamir işlemi uygulanmıştır. Tamir sayısını belirtmek amacıyla parçaya **4.1** (4. Parça 1. Tamir) şeklinde numara verilmiştir.

4.1 (4. Parça 1. Tamir)

4 No'lu parçanın 1. Tamirinde, Şekil III.41'de yeri gösterilen curuf kalıntısı hatasını yok etmek amacıyla parçaya malzeme kalınlığının % 80'ni kadar oyuk açıldı ve gerekli görülen ölçümler yapıldı Şekil III.42.



Şekil III.41 Curuf Kalıntısı

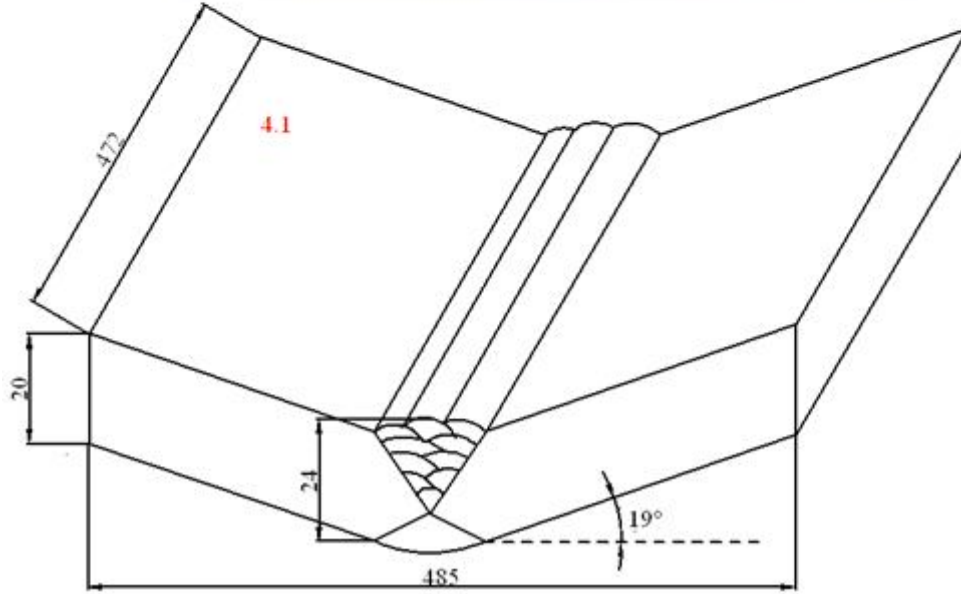


Şekil III.42 4 No'lu Parçaya 1. Tamir için Oyuk Açılması

4 No'lu parçanın 1. kaynaklı tamirinde kullanılan kaynak parametreleri Tablo III.16'da ve kaynak sonrası ölçümleri Şekil III.43'de gösterilmiştir.

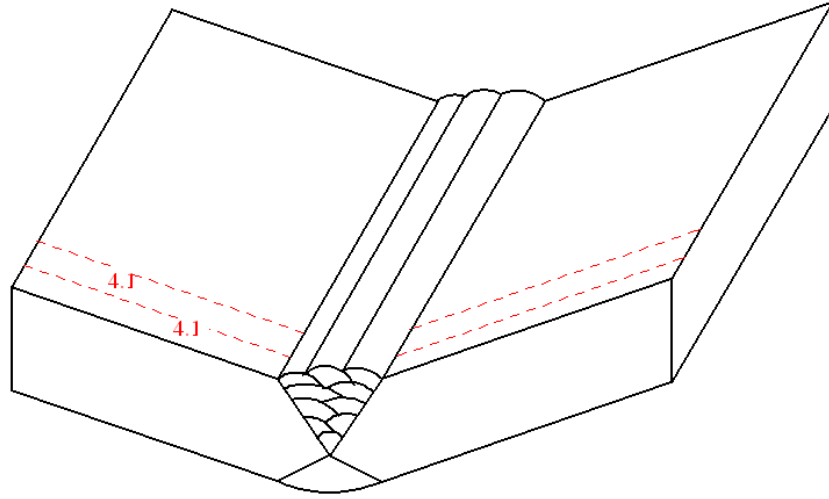
Tablo III.16 Kaynak Parametreleri

Amper (A)	Volt (V)	Kaynak ilerleme hızı (mm/sn)	Elektrod Cinsi	Elektrod Çapı (mm)
115-120	28	377,6	AS B 248	3.25

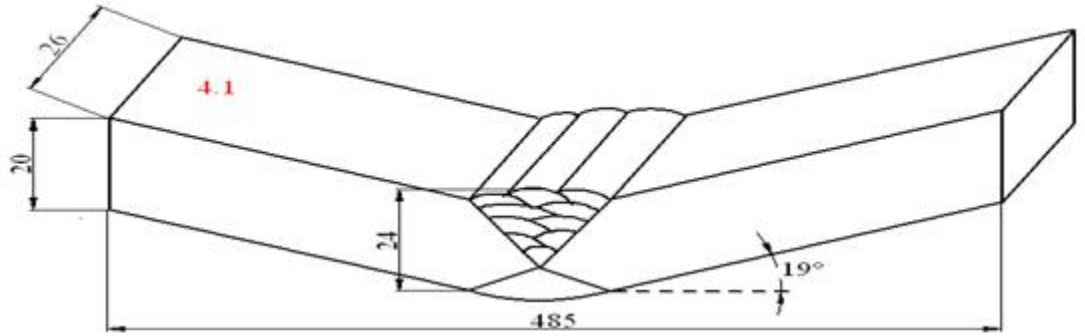


Şekil III.43 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri

4 No'lu parçanın tamirinden sonra çekme deneyi ve metalografi incelemeler için numuneler alındı. Numunelerin alındığı bölgeler Şekil III.44 ve numune ölçüleri Şekil III.45'de gösterilmiştir.



Şekil III.44 Çekme ve Metalografi Numunelerinin Alındığı Bölgeler

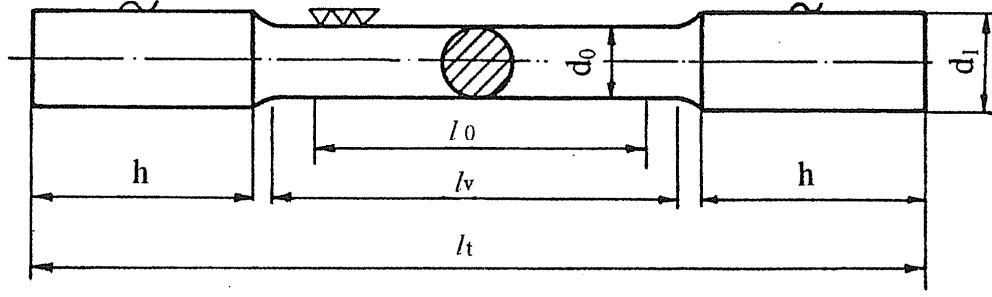


Şekil III.45 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri Çekme ve Metalografi Numuneleri

III.2.4 Mekanik Deneyler

III.2.4.1 Çekme Deneyi

Farklı kaynak yöntemleri ile tamirleri yapılan parçalardan her tamir sonrası aldığımız çekme numuneleri TS 138 A normuna göre işlenerek hazırlanmıştır. Şekil III.46'da TS 138 A normuna göre hazırlanmış yuvarlak kesitli silindirik başlı çekme numunesi örneği görülmektedir. Tablo III.17'de ise numune ölçüleri verilmektedir.



Şekil III.46 TS 138 A Normuna Göre Hazırlanmış Yuvarlak Kesitli Silindirik Başlı Çekme Numunesi

Şekil üzerindeki ifadeler şu şekilde ifade edilir;

d_0 : Numune Çapı

d_1 : Baş Kısımın Çapı = $1,2 d_0$

l_v : İnceltilmiş Kısımın Uzunluğu = $l_0 + d_0$

l_0 : Ölçü Uzunluğu = $5 d_0$

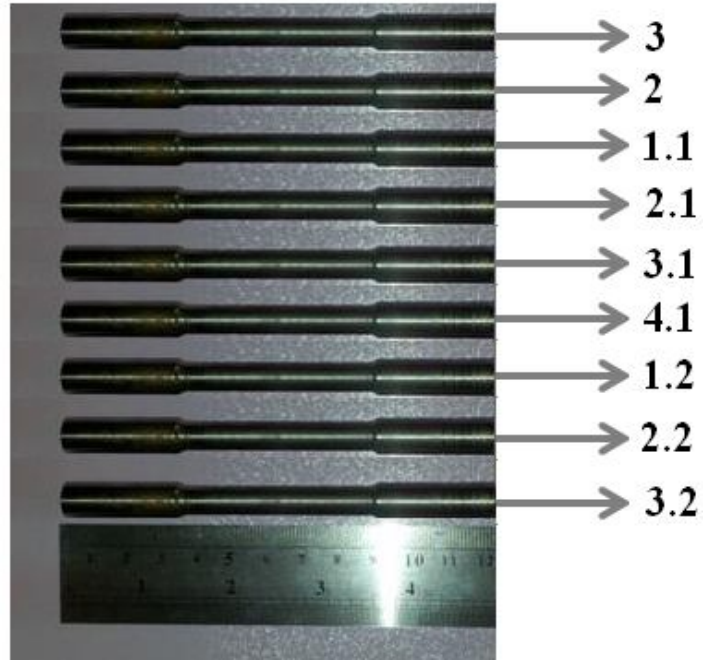
l_t : Toplam Uzunluk

h : Baş Kısımın Uzunluğu

Tablo III.17 Yuvarlak Kesitli Silindirik Başlı Çekme Numunesi Ölçüleri

Numune çapı (d_0) mm	Baş kısmın çapı (d_1) mm	Baş kısmın uzunluğu (h) mm	Ölçü uzunluğu (l_0) mm	İnceltilmiş kısımın uzunluğu (l_v) mm	Toplam uzunluk (l_t) mm
6	8	25	30	38	95
8	10	30	40	48	115
10	12	35	50	60	140

TS 138 A normuna göre işleyerek hazırladığımız çekme deney numunelerinin şekil ve boyutları Şekil III.47’de verilmektedir.

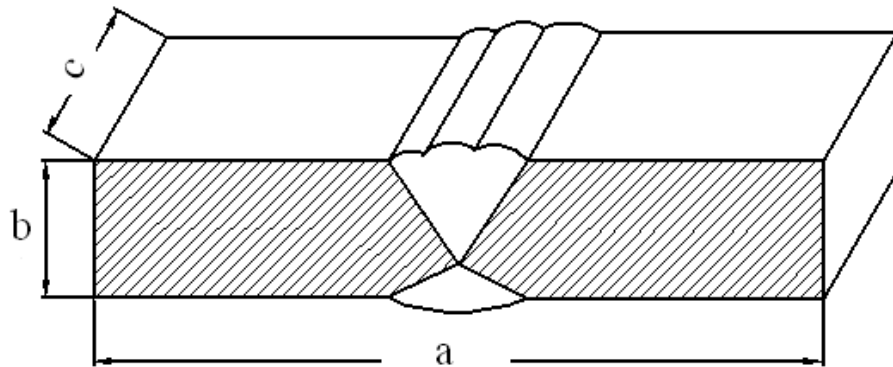


Şekil III.47 Çekme Deney Numuneleri

Çekme deneyleri KOSGEB İstanbul Anadolu Yakası laboratuvarında bulunan Dartec 9500 A marka 60 ton kapasiteli çekme test cihazında yapılmıştır. Çekme deneyleri TS 138'e uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çekme deneylerinde, uzama değerleri numuneler üzerinde ölçülmüş ve her numune için gerilme-uzama diyagramları çizilerek gerekli değerler elde edilmiştir.

III.2.4.2 Sertlik Deneyi

Sertlik deneyi için tamiri yapılan parçalardan ayrıca numune alınmadı, metalografi inceleme için alınan numunelerden yararlanıldı. Numuneler Şekil III.48'de gösterilen şekilde ve Tablo III.18'de verilen ölçülerde soğutma sıvısı kullanılarak hidrolik şerit testere yardımıyla kesildi.

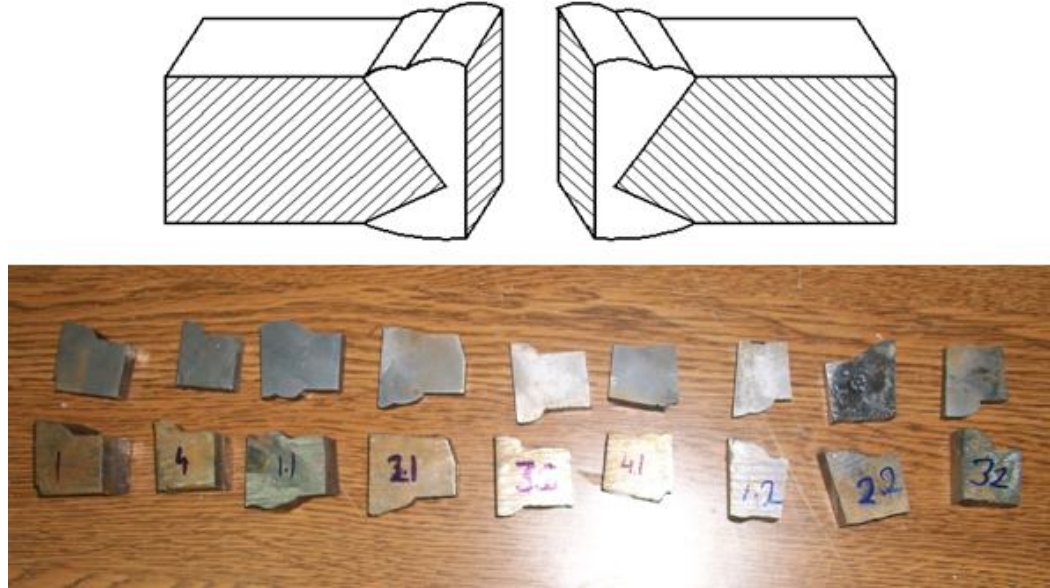


Şekil III.49 Sertlik Deneyi için Numune Alma

Tablo III.18 Numune Ölçüleri

Parça No	Tamir No	a (mm)	b (mm)	c (mm)
1	İlk birleştirme	50	20	7
4	İlk birleştirme	44	20	15
1	1	60	20	10
2	1	60	20	7
3	1	48	20	10
4	1	40	20	6
1	2	40	20	10
2	2	50	20	10
3	2	40	20	8

Şerit testere ile kesilen numuneler daha sonra laboratuvar tipi kesme cihazıyla kaynaklı bölgenin tam ortasından kesilerek iki parçaya ayrıldı Şekil III.50.

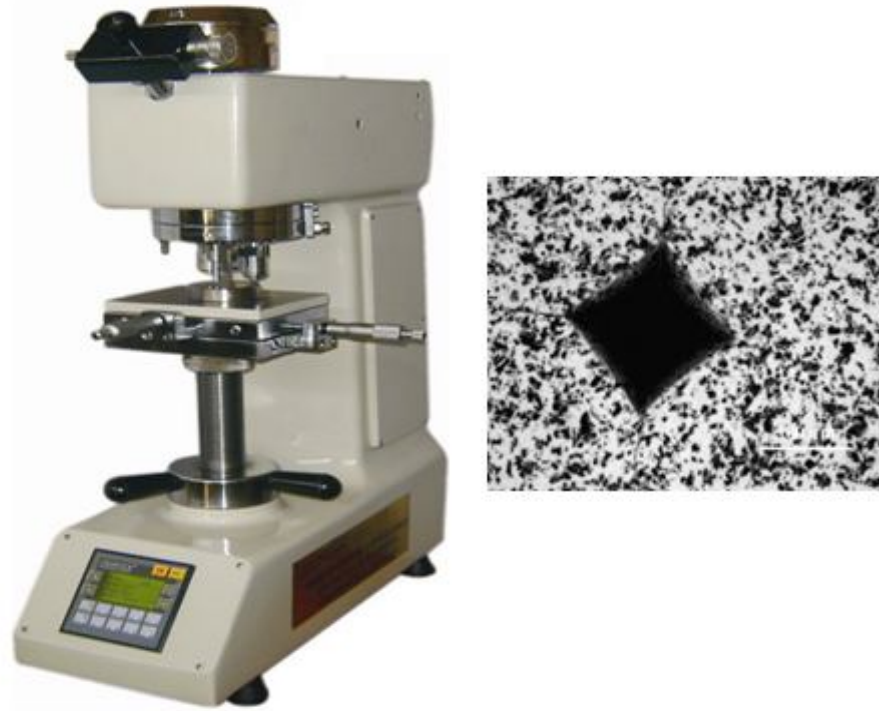


Şekil III.50 Sertlik Deneyi için Numunelerin İki Parçaya Ayrılması

Numuneler iki parçaya ayrıldıktan sonra manyetik numune taşlama cihazıyla kaba olarak taşlandı. Taşlama işleminin hemen ardından numuneler sırasıyla P400, P600, P800, P1000 ve P1200 numaralı SiC zımpara ile su altında zımparalandı ve parlatma keçesi yardımıyla 1µm'lik alümina süspansiyon kullanılarak parlatıldı. Parlatılan numuneler su ile yıkanıp yüzeylerine alkol püskürtülüp kurutuldu. % 2

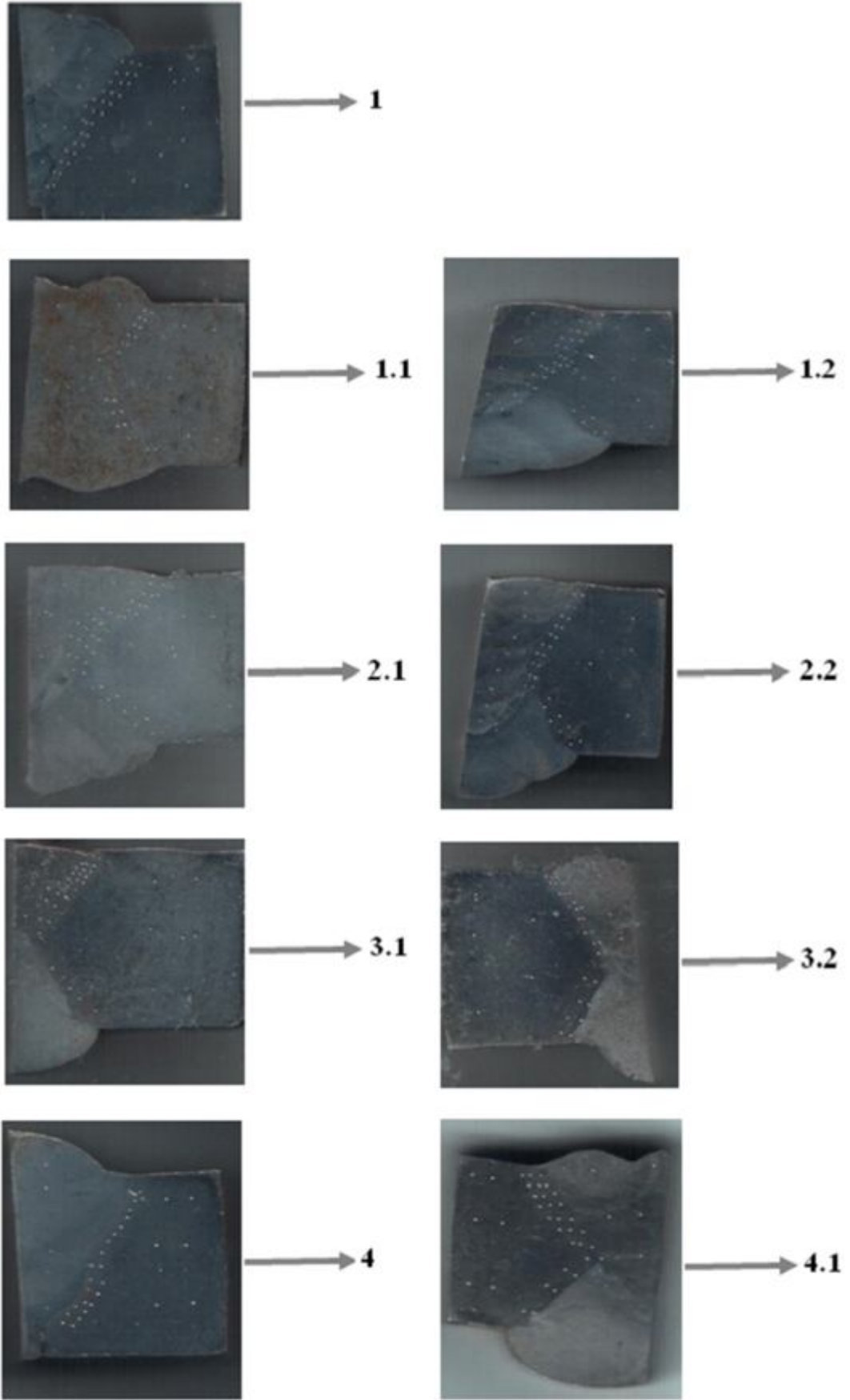
Nital (2 ml HNO₃ + 98 ml alkol) kullanılarak dağlanıldı. Dağlama işleminden sonra numuneler su ile yıkanıp yüzeyleri alkolle temizlenip kurutularak sertlik okumaya hazır hale getirildi.

Sertlik deneyi; TS 9913/Mart 1992 numaralı Kaynaklı Birleştirmelerin Enine Kesitinde Sertlik Deneyi adlı standarda göre yapıldı. Numunelerin makro vickers sertlik deneyleri 10 kg ağırlık kullanılarak KOSGEB İstanbul Anadolu Yakası laboratuvarında bulunan Şekil III.51’de gösterilen BMS marka Microbul model vickers sertlik cihazında yapılmıştır.



Şekil III.51 BMS Marka Microbul Model Vickers Sertlik Cihazı ve İz Görünümü

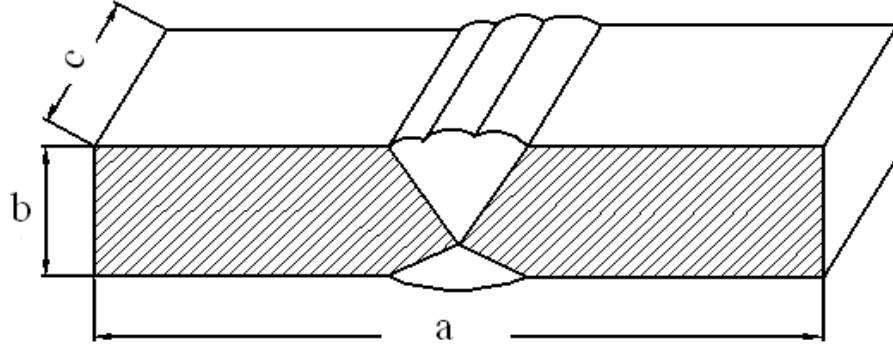
Sertlik değerleri yoğun olarak ITAB’dan alınmıştır. Ana metal ve kaynak metalinden de sertlik değerleri okunmuştur. Sertlik okunan bölgeler Şekil III.52’de gösterilmiştir.



Şekil III.52 Sertlik Okunan Bölgeler

III.2.5 Metalografik İnceleme

Farklı kaynak yöntemleri ile tamiri yapılan parçalardan her tamir sonrası metalografi inceleme için aldığımız numuneler Şekil III.53’de gösterilen şekilde ve Tablo III.19’da verilen ölçülerde soğutma sıvısı kullanarak hidrolik şerit testere yardımıyla kesildi ve frezeleme işlemine tabi tutularak Tablo III.19’da belirtilen ölçülere getirildi.

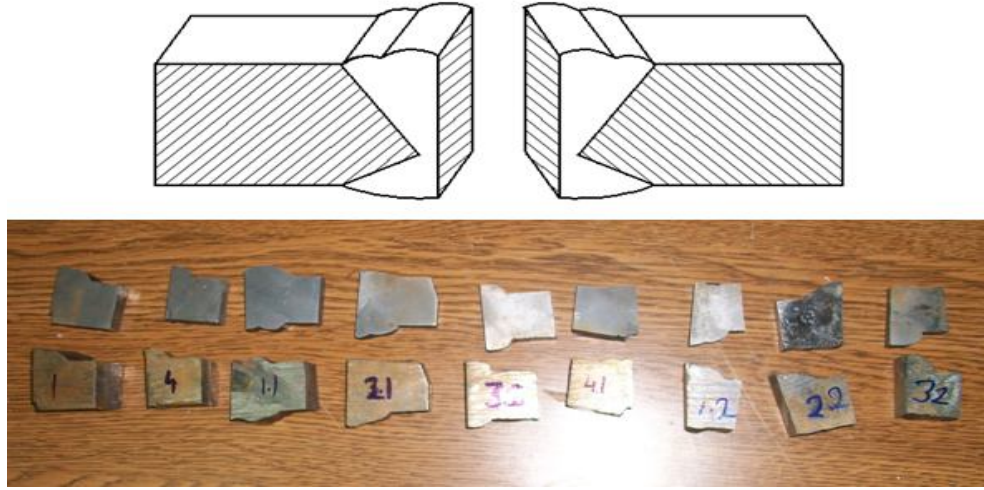


Şekil III.53 Metalografi İnceleme için Numune Alma

Tablo III.19 Numune Ölçüleri

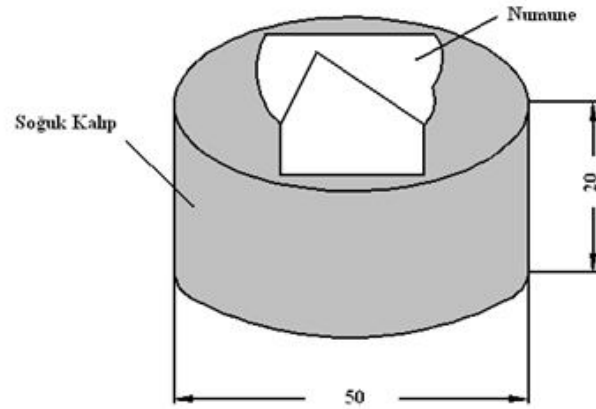
Parça No	Tamir No	a (mm)	b (mm)	c (mm)
1	İlk birleştirme	50	20	9
4	İlk birleştirme	44	20	7
1	1	60	20	7
2	1	60	20	7
3	1	48	20	8
4	1	40	20	7
1	2	40	20	7
2	2	50	20	7
3	2	40	20	7

Şerit testere ile kesilen ve frezeleme işlemine tabi tutulan numuneler daha sonra laboratuvar tipi kesme cihazıyla kaynaklı bölgenin tam ortasından kesilerek iki parçaya ayrıldı Şekil III.54.



Şekil III.54 Metalografik İnceleme için Numunelerin İki Parçaya Ayrılması

Numuneler iki parçaya ayrıldıktan sonra manyetik numune taşlama cihazıyla kaba olarak taşlandı. Taşlama işlemini ardından numuneler kalıplamaya alındı. Oluşturulan plastik kalıplar içerisine konulan numuneler reçine ve sertleştirici yardımıyla soğuk olarak kalıplandı. Numunelerin kalıplanması ve kalıp ölçüleri Şekil III.55’de gösterilmektedir.



Şekil III.55 Numunelerin Soğuk Kalıplanması ve Kalıp Ölçüleri

Yaklaşık 1 gün kalıp içerisinde kalan numuneler el testeresi yardımıyla kalıptan çıkarıldı ve numuneler sırasıyla P180, P240, P320, P400, P600, P800, P1000 ve P1200 numaralı SiC zımpara kademelerinden geçirildi. Zımparalama su altında yapıldı ve her zımparalama kademesinde numuneler 90° çevrildi. Zımparalama işlemi tamamlandıktan sonra numuneler parlatma işlemine tabi tutuldu. Numuneler parlatma keçesi yardımıyla 1µm'lik alümina süspansiyon kullanılarak parlatıldı. Parlatılan numuneler su ile yıkanıp yüzeylerine alkol püskürtülüp kurutuldu. Numuneler % 2 Nital (2 ml HNO₃ + 98 ml alkol) kullanılarak dağlanıldı. Dağlama işleminden sonra numuneler bol su ile yıkanıp yüzeyleri alkolle temizlenip kurutularak metalografik incelemeye hazır hale getirildi.

Metalografi çalışmaları, KOSGEB İstanbul Anadolu Yakası laboratuvarı ve Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Metalografi laboratuvarında gerçekleştirildi. Metalografik incelemede görüntüler, KOSGEB İstanbul Anadolu Yakası laboratuvarında bulunan Şekil III.56'da gösterilen tablası ters çevrilmiş (inverted) OLYMPUS marka metalografik mikroskop yardımıyla 50X ve 100X büyütmelerde itab, ana metal ve kaynak metalinden alındı.



Şekil III.56 Tablası Ters Çevrilmiş (Inverted) Metalografik Mikroskop

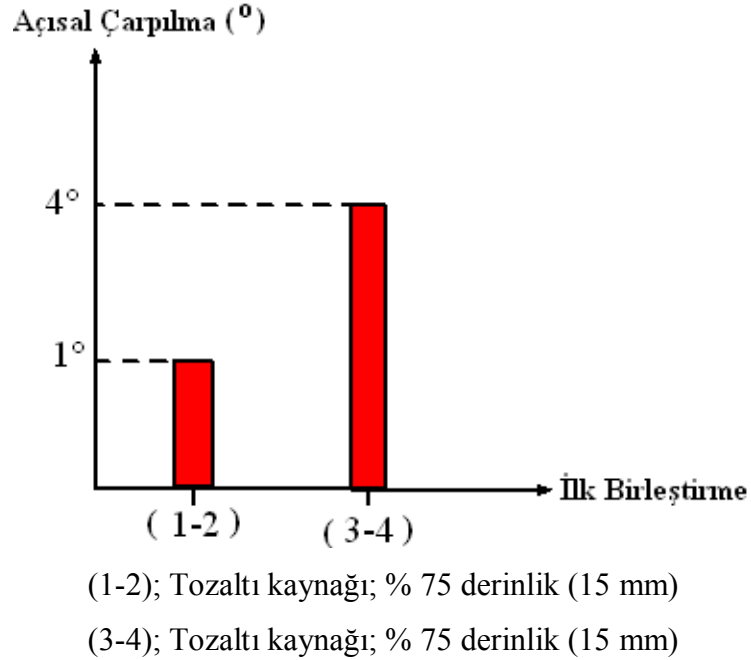
BÖLÜM IV

SONUÇ VE TARTIŞMA

IV.1 AÇISAL DİSTORSİYON SONUÇLARI

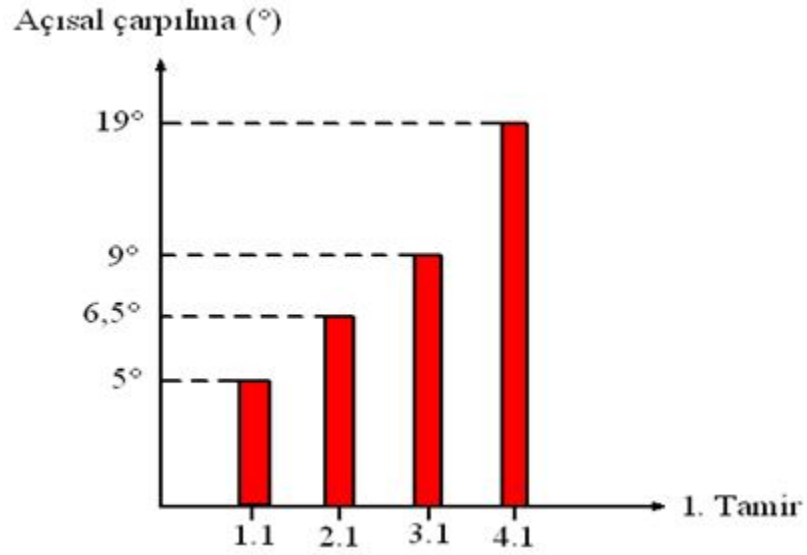
Farklı derinlik açılarak farklı kaynak yöntemleri kullanmak suretiyle tamirlerini yaptığımız numunelerde kaynak sonrası kaynak dikişine dik ekseninde açısall distorsiyonlar meydana gelmiştir. Bölüm II.2'deki deneysel çalışmalar adı altında verilen şekillerde açısall distorsiyon miktarları gösterilmiştir.

Plakaların ilk birleştirmelerinde açılan oyuk miktarı, kullanılan kaynak yöntemi ve meydana gelen açısall distorsiyon miktarları Şekil IV.1'deki grafikte belirtilmiştir.



Şekil IV.1 İlk Birleştirilen Plakalarda Meydana Gelen Açısall Çarpılma Miktarı

İlk tamiri yapılan numunelerde; açılan oyuk miktarı, kullanılan kaynak yöntemi ve meydana gelen açısall distorsiyon miktarı Şekil IV.2'deki grafikte belirtilmiştir.



1.1 (1.Parça 1. Tamir); Gazaltı Kaynağı; % 80 derinlik (16 mm)

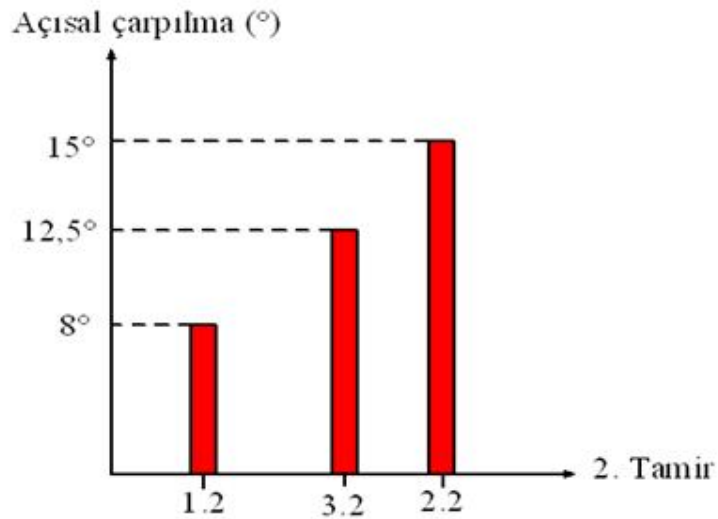
2.1 (2.Parça 1.Tamir); Özlü tel Kaynağı; % 100 derinlik (21 mm)

3.1 (3.Parça 1.Tamir); Gazaltı Kaynağı; % 70 derinlik (14 mm)

4.1 (4.Parça 1.Tamir); Elektrik ark Kaynağı; % 80 derinlik (16 mm)

Şekil IV.2 1. Tamiri Yapılan Numunelerde Meydana Gelen Açısal Çarpılma Miktarı

Şekil IV.3'deki grafikte ise ikinci tamiri yapılan numunelerde, açılan oyuk miktarı, kullanılan kaynak yöntemi ve meydana gelen açısal distorsiyon miktarı belirtilmiştir.



1.2 (1.Parça 2. Tamir); Gazaltı Kaynağı; % 80 derinlik (16 mm)

2.2 (2.Parça 2.Tamir); Özlü tel Kaynağı; % 100 derinlik (21 mm)

3.2 (3.Parça 2.Tamir); Gazaltı Kaynağı; % 70 derinlik (14 mm)

Şekil IV.3 2. Tamiri Yapılan Numunelerde Meydana Gelen Açısal Çarpılma Miktarı

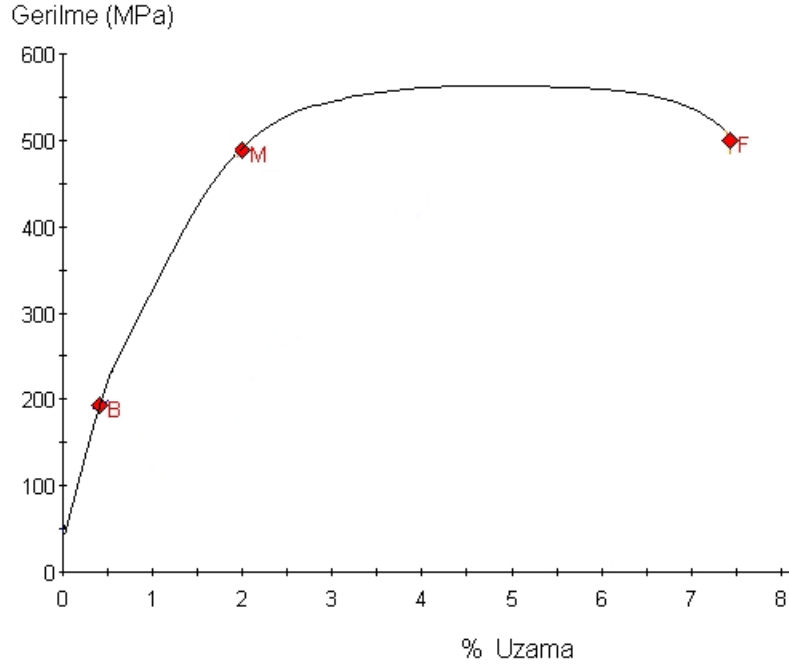
IV.2 ÇEKME DENEYİ SONUÇLARI

TS 138 A normuna göre işlenerek hazırlanan çekme numuneleri Dartec 9500 A marka 60 ton kapasiteli çekme testi cihazında çekildi ve her numune için Gerilme-Uzama grafikleri çizilerek gerekli değerler elde edildi.

Plakaların ilk birleştirilmeleri sonrası alınan 2 No'lu numunenin çekme testi sonrası görünümü Şekil IV.4'de, gerilme-uzama grafiği Şekil IV.5'de ve çekme testi sonrası elde edilen değerler Tablo IV.1'de gösterilmiştir.



Şekil IV.4 2 No'lu Numunenin Çekme Sonrası Görünümü



Şekil IV.5 2 No'lu Numunenin Gerilme-Uzama Grafiği

Tablo IV.1 2 No’lu Numunenin Çekme Testi Sonuçları

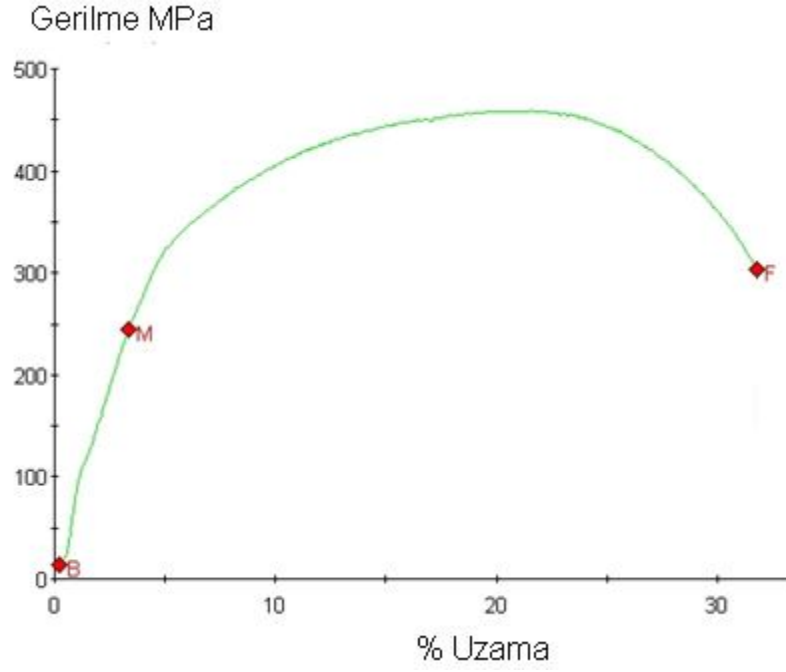
Parça No	2
Çap	8.0 mm
İlk Boy	40.0 mm
Son Boy	41.70 mm
Son Çap	7.80 mm
Alan	50.2655 mm ²
Modulus (Sabit Değer)	10267.22 MPa
Load at Offset Yield (Ötelemeli Akma Yüğü)	24274.33 N
Stress at Offset Yield (Ötelemeli Akma Gerilmesi)	482.92 MPa
Stress at Yield(Akma Gerilmesi)	560.00 MPa
Peak Load (Max. Yüğü)	28108.29 N
Peak Stress (Max. Gerilme)	560.0 MPa
Manuel Uzama	% 4.250
Kesit Daralması	% 4.938

Şekil IV.4’den ve gerilme-uzama grafiğinden çıkan sonuçlardan anlaşılacağı üzere numune kaynaklı bölgeden kopmuştur.

Plakaların ilk birleştirilmeleri sonrası alınan 3 No’lu numunenin çekme testi sonrası görünümü Şekil IV.6’da, gerilme-uzama grafiğı Şekil IV.7’de ve çekme testi sonrası elde edilen değerler Tablo IV.2’de gösterilmiştir.



Şekil IV.6 3 No’lu Numunenin Çekme Sonrası Görünümü



Şekil IV.7 3 No'lu Numunenin Gerilme-Uzama Grafiği

Tablo IV.2 3 No'lu Numunenin Çekme Testi Sonuçları

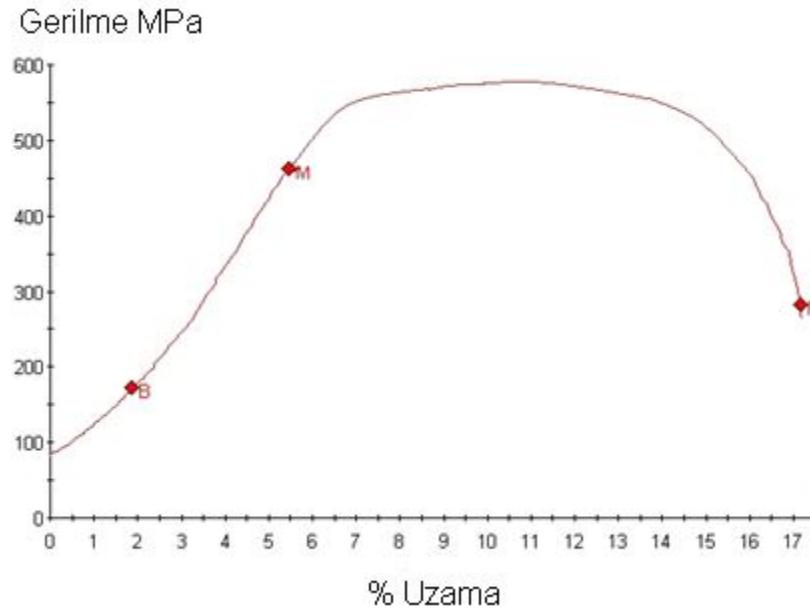
Parça No	3
Çap	8.0 mm
İlk Boy	40.0 mm
Son Boy	47.90 mm
Son Çap	4.20 mm
Alan	50.2655 mm ²
Modulus (Sabit Değer)	7539.03 MPa
Load at Offset Yield (Ötelemeli Akma Yüğü)	12982.63 N
Stress at Offset Yield (Ötelemeli Akma Gerilmesi)	258.28 MPa
Stress at Yield (Akma Gerilmesi)	450.51MPa
Peak Load (Max. Yüğü)	23075.35 N
Peak Stress (Max. Gerilme)	459.07 MPa
Manuel Uzama	% 19.750
Kesit Daralması	% 72.438

Şekil IV.7'den ve gerilme-uzama grafiğinden çıkan sonuçlardan anlaşılacağı üzere numune ana metalden kopmuştur.

1 No'lu parçanın 1. tamiri (1.1) sonrası alınan numunenin çekme testi sonrası görünümü Şekil IV.8'de, gerilme-uzama grafiği Şekil IV.9'da ve çekme testi sonrası elde edilen değerler Tablo IV.3'de gösterilmiştir.



Şekil IV.8 1 No'lu Parçanın 1.Tamiri Çekme Sonrası Görünümü



Şekil IV.9 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği

Tablo IV.2 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri Çekme Testi Sonuçları

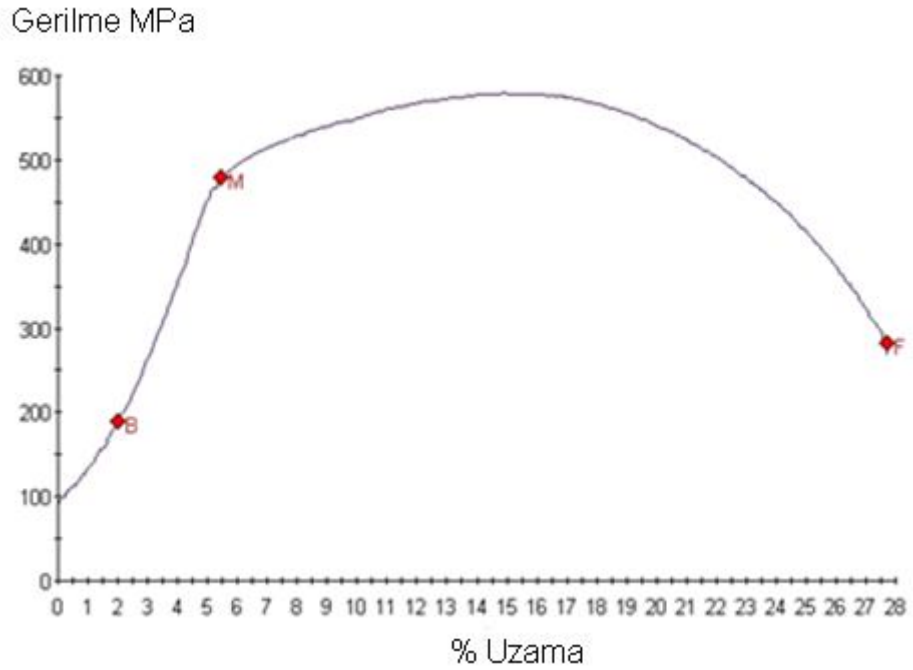
Parça No	1.1
Çap	8.0 mm
İlk Boy	40.0 mm
Son Boy	44.80 mm
Son Çap	7.30 mm
Alan	50.2655 mm ²
Modulus (Sabit Değer)	8385.93 MPa
Load at Offset Yield (Ötelemeli Akma Yüğü)	23716.54 N
Stress at Offset Yield (Ötelemeli Akma Gerilmesi)	471.83 MPa
Stress at Yield(Akma Gerilmesi)	511.64MPa
Peak Load (Max. Yüğü)	29025.08 N
Peak Stress (Max. Gerilme)	577.44 MPa
Manuel Uzama	% 12.0
Kesit Daralması	% 16.734

Şekil IV.8'den ve gerilme-uzama grafiğinden çıkan sonuçlardan anlaşılacağı üzere numune kaynaklı bölgeden kopmuştur.

1 No'lu parçanın 2. tamiri (1.2) sonrası alınan numunenin çekme testi sonrası görünümü Şekil IV.10'da, gerilme-uzama grafiği Şekil IV.11'de ve çekme testi sonrası elde edilen değerler Tablo IV.4'de gösterilmiştir.



Şekil IV.10 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Sonrası Görünümü



Şekil IV.11 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği

Tablo IV.4 1 No’lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Testi Sonuçları

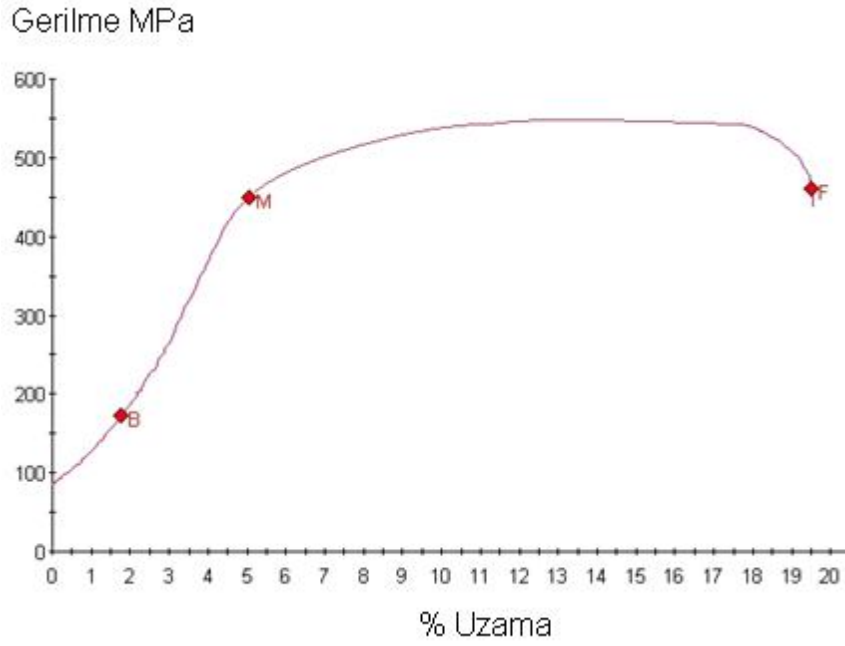
Parça No	1.2
Çap	8.0 mm
İlk Boy	40.0 mm
Son Boy	49.10 mm
Son Çap	3.0 mm
Alan	50.2655 mm ²
Modulus (Sabit Değer)	8903.12 MPa
Load at Offset Yield (Ötelemeli Akma Yüğü)	24478.00 N
Stress at Offset Yield (Ötelemeli Akma Gerilmesi)	486.97 MPa
Stress at Yield(Akma Gerilmesi)	578.77MPa
Peak Load (Max. Yüğü)	29092.05 N
Peak Stress (Max. Gerilme)	578.77 MPa
Manuel Uzama	% 22.750
Kesit Daralması	% 85.938

Şekil IV.10’dan ve gerilme-uzama grafiğinden çıkan sonuçlardan anlaşılacağı üzere numune ana metalden kopmuştur.

2 No’lu parçanın 1. tamiri (2.1) sonrası alınan numunenin çekme testi sonrası görünümü Şekil IV.12’de, gerilme-uzama grafiği Şekil IV.13’de ve çekme testi sonrası elde edilen değerler Tablo IV.5’de gösterilmiştir.



Şekil IV.12 2 No’lu Parçanın 1. Tamiri Çekme Sonrası Görünümü



Şekil IV.13 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği

Tablo IV.5 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri Çekme Testi Sonuçları

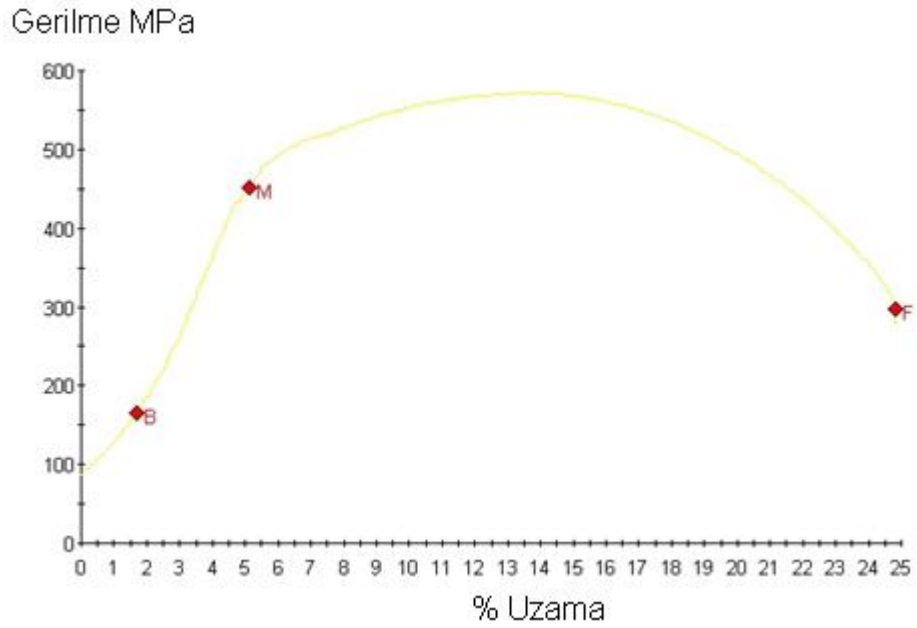
Parça No	2.1
Çap	8.0 mm
İlk Boy	40.0 mm
Son Boy	45.60 mm
Son Çap	6.80 mm
Alan	50.2655 mm ²
Modulus (Sabit Değer)	9107.24 MPa
Load at Offset Yield (Ötelemeli Akma Yüğü)	23255.22 N
Stress at Offset Yield (Ötelemeli Akma Gerilmesi)	462.65 MPa
Stress at Yield(Akma Gerilmesi)	473.30MPa
Peak Load (Max. Yüğü)	27595.96 N
Peak Stress (Max. Gerilme)	549.00 MPa
Manuel Uzama	% 14.00
Kesit Daralması	% 27.75

Şekil IV.12'den ve gerilme-uzama grafiğinden çıkan sonuçlardan anlaşılacağı üzere numune kaynaklı bölgeden kopmuştur.

2 No'lu parçanın 2. tamiri (2.2) sonrası alınan numunenin çekme testi sonrası görünümü Şekil IV.14'de, gerilme-uzama grafiği Şekil IV.15'de ve çekme testi sonrası elde edilen değerler Tablo IV.6'da gösterilmiştir.



Şekil IV.14 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Sonrası Görünümü



Şekil IV.15 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği

Tablo IV.6 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Testi Sonuçları

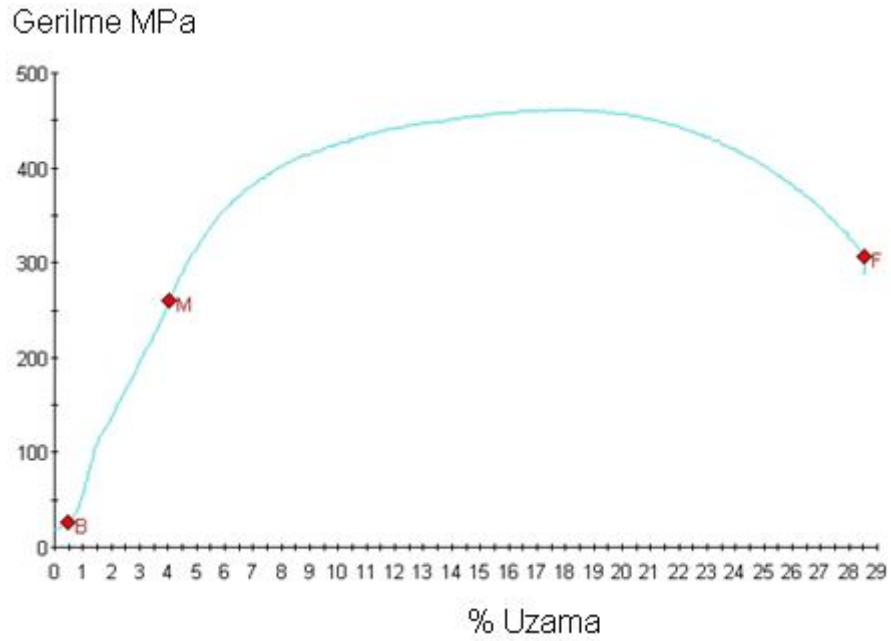
Parça No	2.2
Çap	8.0 mm
İlk Boy	40.0 mm
Son Boy	47.10 mm
Son Çap	3.60 mm
Alan	50.2655 mm ²
Modulus (Sabit Değer)	9011.81 MPa
Load at Offset Yield (Ötelemeli Akma Yüğü)	23596.61 N
Stress at Offset Yield (Ötelemeli Akma Gerilmesi)	469.44 MPa
Stress at Yield(Akma Gerilmesi)	572.14MPa
Peak Load (Max. Yüğü)	28758.91 N
Peak Stress (Max. Gerilme)	572.14 MPa
Manuel Uzama	% 17.75
Kesit Daralması	% 79.75

Şekil IV.14'den ve gerilme-uzama grafiğinden çıkan sonuçlardan anlaşılacağı üzere numune ana metalden kopmuştur.

3 No'lu parçanın 1. tamiri (3.1) sonrası alınan numunenin çekme testi sonrası görünümü Şekil IV.16'da, gerilme-uzama grafiği Şekil IV.17'de ve çekme testi sonrası elde edilen değerler Tablo IV.7'de gösterilmiştir.



Şekil IV.16 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri Çekme Sonrası Görünümü



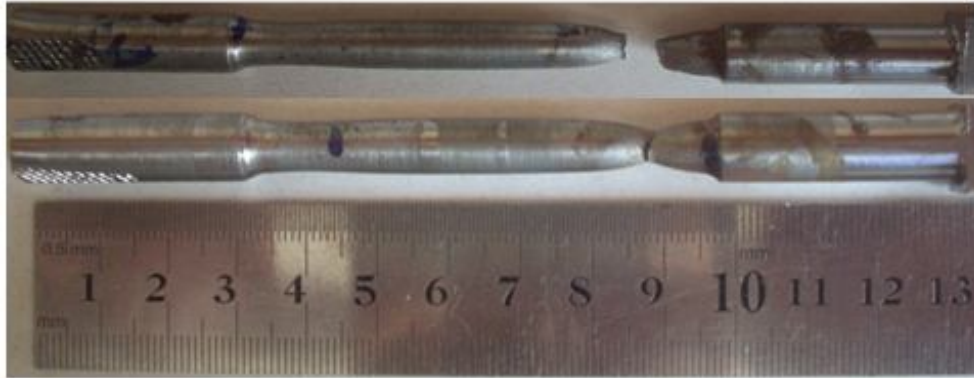
Şekil IV.17 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği

Tablo IV.7 3 No’lu Parçanın 1. Tamiri Çekme Testi Sonuçları

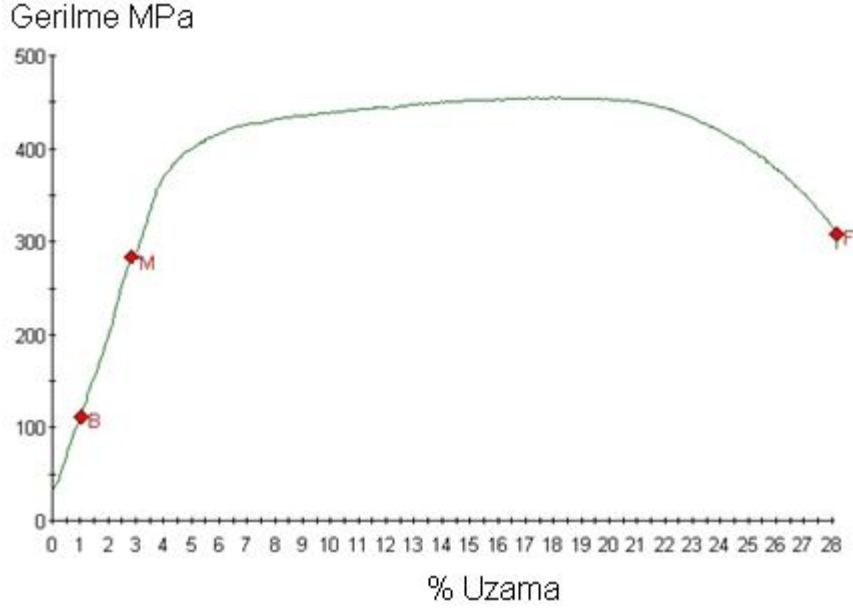
Parça No	3.1
Çap	8.0 mm
İlk Boy	40.0 mm
Son Boy	48.60 mm
Son Çap	4.50 mm
Alan	50.2655 mm ²
Modulus (Sabit Değer)	6498.69 MPa
Load at Offset Yield (Ötelemeli Akma Yüğü)	16369.84 N
Stress at Offset Yield (Ötelemeli Akma Gerilmesi)	325.67 MPa
Stress at Yield(Akma Gerilmesi)	449.60MPa
Peak Load (Max. Yüğü)	23193.62 N
Peak Stress (Max. Gerilme)	461.42 MPa
Manuel Uzama	% 21.50
Kesit Daralması	% 68.36

Şekil IV.16’dan ve gerilme-uzama grafiğinden çıkan sonuçlardan anlaşılacağı üzere numune ana metalden kopmuştur.

3 No’lu parçanın 2. tamiri (3.2) sonrası alınan numunenin çekme testi sonrası görünümü Şekil IV.18’de, gerilme-uzama grafiği Şekil IV.19’da ve çekme testi sonrası elde edilen değerler Tablo IV.8’de gösterilmiştir.



Şekil IV.18 3 No’lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Sonrası Görünümü



Şekil IV.19 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği

Tablo IV.8 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Testi Sonuçları

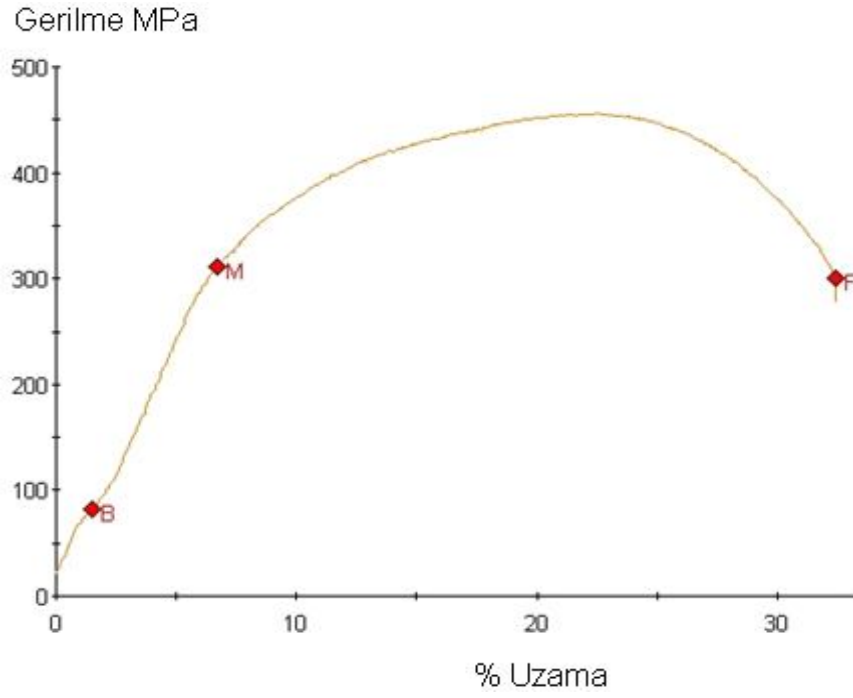
Parça No	3.2
Çap	8.10 mm
İlk Boy	40.50 mm
Son Boy	48.60 mm
Son Çap	4.70 mm
Alan	51.530 mm ²
Modulus (Sabit Değer)	10213.63 MPa
Load at Offset Yield (Ötelemeli Akma Yüğü)	14702.76 N
Stress at Offset Yield (Ötelemeli Akma Gerilmesi)	285.32 MPa
Stress at Yield(Akma Gerilmesi)	444.69MPa
Peak Load (Max. Yüğü)	23441.92 N
Peak Stress (Max. Gerilme)	461.42 MPa
Manuel Uzama	% 20.50
Kesit Daralması	% 66.33

Şekil IV.18'den ve gerilme-uzama grafiğinden çıkan sonuçlardan anlaşılacağı üzere numune ana metalden kopmuştur.

4 No'lu parçanın 1. tamiri (4.1) sonrası alınan numunenin çekme testi sonrası görünümü Şekil IV.20'de, gerilme-uzama grafiği Şekil IV.21'de ve çekme testi sonrası elde edilen değerler Tablo IV.9'da gösterilmiştir.



Şekil IV.20 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri Çekme Sonrası Görünümü



Şekil IV.21 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri Gerilme-Uzama Grafiği

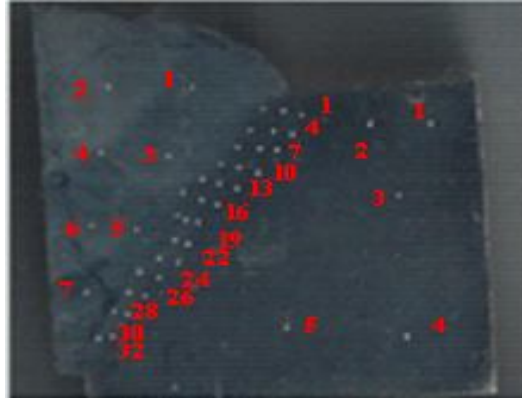
Tablo IV.8 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri Çekme Testi Sonuçları

Parça No	4.1
Çap	8.0 mm
İlk Boy	40.0 mm
Son Boy	47.70 mm
Son Çap	4.60 mm
Alan	50.2655 mm ²
Modulus (Sabit Değer)	4775.79 MPa
Load at Offset Yield (Ötelemeli Akma Yüğü)	15652.53 N
Stress at Offset Yield (Ötelemeli Akma Gerilmesi)	311.40 MPa
Stress at Yield(Akma Gerilmesi)	455.96MPa
Peak Load (Max. Yüğü)	22919.09 N
Peak Stress (Max. Gerilme)	455.96 MPa
Manuel Uzama	% 19.20
Kesit Daralması	% 66.93

Şekil IV.20'den ve gerilme-uzama grafiğinden çıkan sonuçlardan anlaşılacağı üzere numune ana metalden kopmuştur.

IV.3 SERTLİK DENEYİ SONUÇLARI

Plakaların ilk birleştirilmeleri sonrası alınan 1 No'lu numunenin ITAB sertlik sonuçları Tablo IV.9'da, ana metal ve kaynak metali sertlik sonuçları Tablo IV.10'da verilmektedir. Sertlik okunan noktalar ise Şekil IV.21'de gösterilmektedir.



Şekil IV.21 1 No'lu Numuneden Sertlik Okunan Noktalar

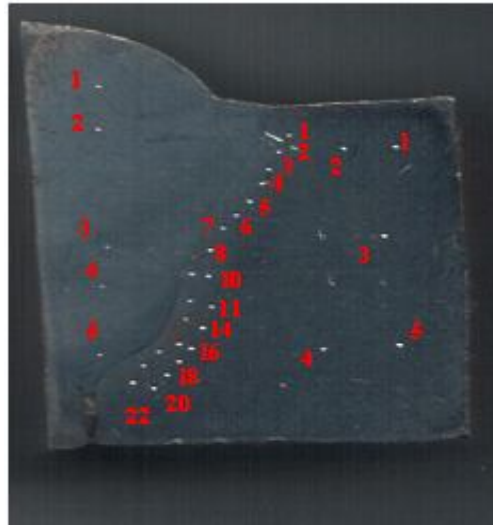
Tablo IV.9 1 No'lu Numunenin ITAB Sertlik Sonuçları

Nokta No	Sertlik HV10	Nokta No	Sertlik HV10
1	194.21	18	201.50
2	200.27	19	189.56
3	206.61	20	199.03
4	190.71	21	280.30
5	182.89	22	185.08
6	199.03	23	207.91
7	183.98	24	194.24
8	176.57	25	201.50
9	205.31	26	190.71
10	186.18	27	197.81
11	190.70	28	196.60
12	264.54	29	217.40
13	188.42	30	196.62
14	186.18	31	226.08
15	240.07	32	196.62
16	178.66	33	224.59
17	186.19		

Tablo IV.10 1 No'lu Numunenin Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları

Sertlik Okunan Bölge	Nokta No	Sertlik HV10
Kaynak Metali	1	288.69
	2	286.55
	3	282.37
	4	262.69
	5	290.86
	6	295.23
	7	311.40
Ana Metal	1	195.41
	2	193.03
	3	183.99
	4	188.43
	5	189.59

Plakaların ilk birleştirilmeleri sonrası alınan 4 No'lu numunenin ITAB sertlik sonuçları Tablo IV.11'de, ana metal ve kaynak metali sertlik sonuçları Tablo IV.12'da verilmektedir. Sertlik okunan noktalar ise Şekil IV.22'de gösterilmektedir.



Şekil IV.22 4 No'lu Numuneden Sertlik Okunan Noktalar

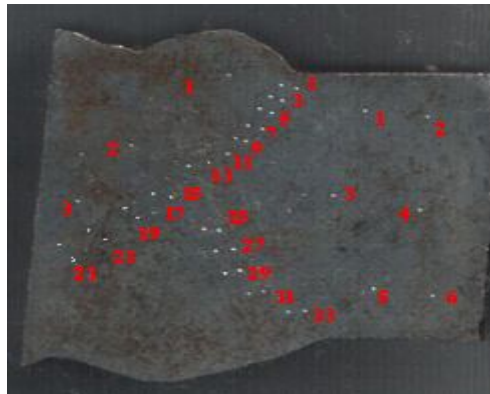
Tablo IV.11 4 No'lu Numunenin ITAB Sertlik Sonuçları

Nokta No	Sertlik HV10	Nokta No	Sertlik HV10
1	165.00	12	168.63
2	167.68	13	166.74
3	168.00	14	164.00
4	163.06	15	164.87
5	162.13	16	163.96
6	162.16	17	168.63
7	163.95	18	166.74
8	163.04	19	169.60
9	168.64	20	163.95
10	172.54	21	165.80
11	164.87	22	163.03

Tablo IV.12 4 No'lu Numunenin Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları

Sertlik Okunan Bölge	Nokta No	Sertlik HV10
Kaynak Metali	1	286.57
	2	288.69
	3	270.30
	4	264.57
	5	260.87
Ana Metal	1	155.14
	2	165.00
	3	150.19
	4	150.19
	5	144.71

1 No'lu parçanın 1. tamiri (1.1) sonrası alınan numunenin ITAB sertlik sonuçları Tablo IV.13'de, ana metal ve kaynak metali sertlik sonuçları Tablo IV.14'de verilmektedir. Sertlik okunan noktalar ise Şekil IV.23'de gösterilmektedir.

**Şekil IV.23** 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar

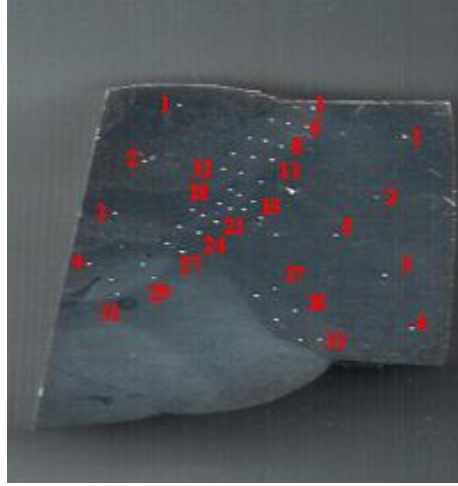
Tablo IV.13 1 No’lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları

Nokta No	Sertlik HV10	Nokta No	Sertlik HV10
1	186.18	18	199.03
2	210.67	19	311.41
3	186.18	20	316.27
4	206.60	21	304.33
5	187.29	22	293.03
6	197.81	23	313.16
7	186.18	24	316.24
8	221.67	25	196.60
9	189.56	26	201.50
10	207.21	27	188.42
11	189.56	28	197.81
12	209.24	29	179.68
13	186.18	30	189.56
14	194.21	31	171.55
15	189.56	32	191.86
16	201.50	33	188.43
17	191.87	34	194.42

Tablo IV.14 1 No’lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları

Sertlik Okunan Bölge	Nokta No	Sertlik HV10
Kaynak Metali	1	209.23
	2	194.01
	3	191.87
Ana Metal	1	188.42
	2	188.42
	3	176.57
	4	180.77
	5	185.07
	6	180.68

1 No’lu parçanın 2. tamiri (1.2) sonrası alınan numunenin ITAB sertlik sonuçları Tablo IV.15’de, ana metal ve kaynak metali sertlik sonuçları Tablo IV.16’da verilmektedir. Sertlik okunan noktalar ise Şekil IV.24’de gösterilmektedir.



Şekil IV.24 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar

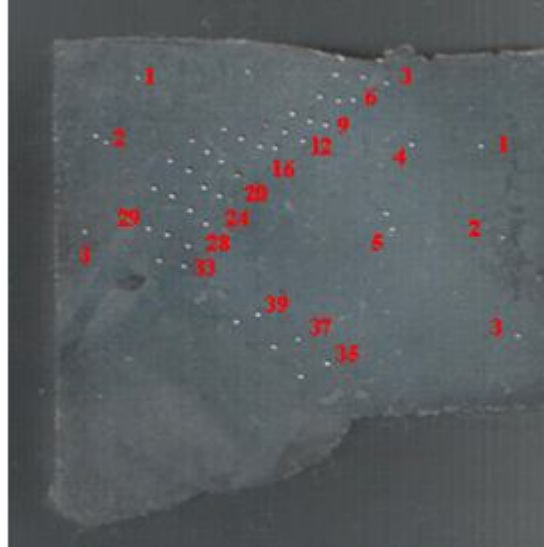
Tablo IV.15 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları

Nokta No	Sertlik HV10	Nokta No	Sertlik HV10
1	187.30	20	183.99
2	206.61	21	185.08
3	209.23	22	202.76
4	200.27	23	218.82
5	180.74	24	189.66
6	216.01	25	195.40
7	197.81	26	205.32
8	182.89	27	194.21
9	210.56	28	274.23
10	190.71	29	268.38
11	171.55	30	272.26
12	193.03	31	278.25
13	201.50	32	200.27
14	175.55	33	201.50
15	179.68	34	196.60
16	186.18	35	186.18
17	209.23	36	193.03
18	200.26	37	193.05
19	188.42		

Tablo IV.16 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları

Sertlik Okunan Bölge	Nokta No	Sertlik HV10
Kaynak Metali	1	223.13
	2	202.27
	3	198.60
	4	214.62
Ana Metal	1	186.18
	2	182.89
	3	186.42
	4	199.06
	5	181.82

2 No'lu parçanın 1. tamiri (2.1) sonrası alınan numunenin ITAB sertlik sonuçları Tablo IV.17'de, ana metal ve kaynak metali sertlik sonuçları Tablo IV.18'de verilmektedir. Sertlik okunan noktalar ise Şekil IV.25'de gösterilmektedir.



Şekil IV.25 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar

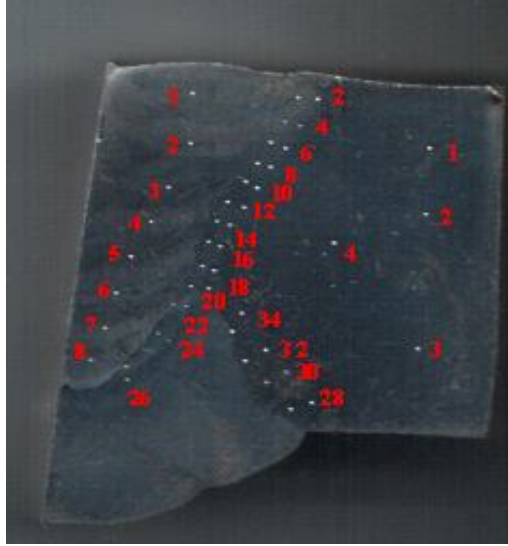
Tablo IV.17 2 No’lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları

Nokta No	Sertlik HV10	Nokta No	Sertlik HV10
1	195.40	21	164.87
2	187.29	22	156.20
3	168.69	23	158.59
4	187.30	24	161.23
5	180.75	25	159.45
6	176.57	26	152.63
7	180.74	27	156.85
8	176.57	28	163.03
9	175.55	29	152.19
10	174.54	30	151.81
11	166.74	31	167.68
12	176.57	32	162.13
13	171.55	33	174.54
14	165.80	34	190.71
15	163.94	35	180.74
16	167.69	36	181.62
17	172.55	37	179.68
18	160.45	38	187.30
19	159.50	39	175.54
20	161.34		

Tablo IV.18 2 No’lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları

Sertlik Okunan Bölge	Nokta No	Sertlik HV10
Kaynak Metali	1	197.81
	2	180.10
	3	179.68
Ana Metal	1	185.09
	2	186.19
	3	187.30
	4	182.89
	5	177.60

2 No’lu parçanın 2. tamiri (2.2) sonrası alınan numunenin ITAB sertlik sonuçları Tablo IV.19’da, ana metal ve kaynak metali sertlik sonuçları Tablo IV.20’de verilmektedir. Sertlik okunan noktalar ise Şekil IV.26’da gösterilmektedir.



Şekil IV.26 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar

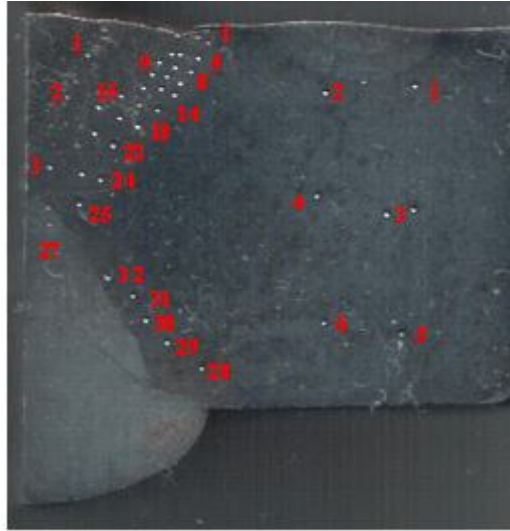
Tablo IV.19 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları

Nokta No	Sertlik HV10	Nokta No	Sertlik HV10
1	210.56	18	180.10
2	200.27	19	302.01
3	196.60	20	200.27
4	178.63	21	286.55
5	191.86	22	284.45
6	177.60	23	310.21
7	180.69	24	315.80
8	177.60	25	309.01
9	182.89	26	320.15
10	180.74	27	190.75
11	183.99	28	205.31
12	180.77	29	190.72
13	183.97	30	183.98
14	177.60	31	186.18
15	194.22	32	183.98
16	175.54	33	205.91
17	189.56	34	195.40

Tablo IV.20 2 No’lu Parçanın 2. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları

Sertlik Okunan Bölge	Nokta No	Sertlik HV10
Kaynak Metali	1	221.68
	2	201.52
	3	204.44
	4	220.24
	5	200.15
	6	210.57
	7	220.60
	8	235.27
Ana Metal	1	179.72
	2	177.60
	3	177.60
	4	170.61

3 No’lu parçanın 1. tamiri (3.1) sonrası alınan numunenin ITAB sertlik sonuçları Tablo IV.21’de, ana metal ve kaynak metali sertlik sonuçları Tablo IV.22’de verilmektedir. Sertlik okunan noktalar ise Şekil IV.27’de gösterilmektedir.



Şekil IV.27 3 No’lu Parçanın 1. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar

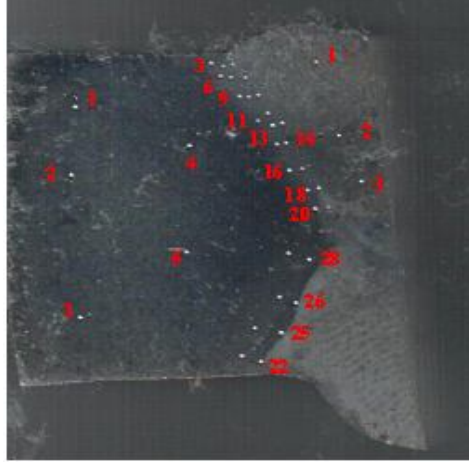
Tablo IV.21 3 No’lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları

Nokta No	Sertlik HV10	Nokta No	Sertlik HV10
1	171.56	17	168.80
2	193.20	18	165.23
3	190.70	19	175.54
4	187.30	20	180.69
5	172.53	21	172.63
6	199.10	22	167.50
7	187.32	23	175.54
8	173.53	24	164.03
9	191.89	25	165.07
10	187.30	26	235.27
11	172.53	27	295.23
12	191.86	28	174.54
13	182.89	29	173.53
14	170.68	30	176.57
15	188.43	31	172.55
16	175.54	32	173.54

Tablo IV.22 3 No’lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları

Sertlik Okunan Bölge	Nokta No	Sertlik HV10
Kaynak Metali	1	197.81
	2	194.23
	3	191.81
Ana Metal	1	150.19
	2	150.19
	3	148.85
	4	151.00
	5	152.64
	6	160.34

3 No’lu parçanın 2. tamiri (3.2) sonrası alınan numunenin ITAB sertlik sonuçları Tablo IV.23’de, ana metal ve kaynak metali sertlik sonuçları Tablo IV.24’de verilmektedir. Sertlik okunan noktalar ise Şekil IV.28’de gösterilmektedir.



Şekil IV.28 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar

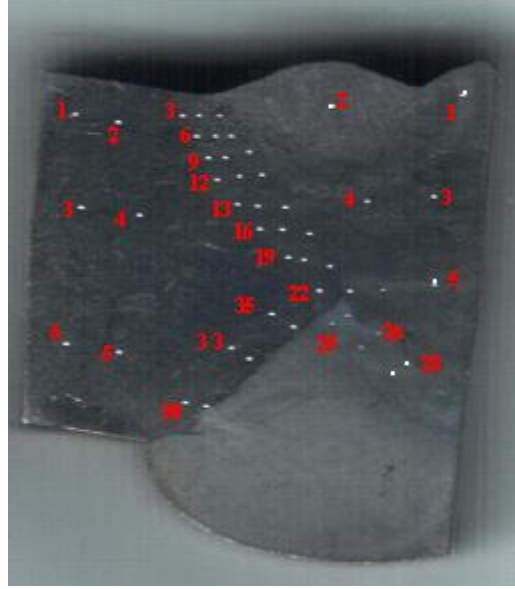
Tablo IV.23 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları

Nokta No	Sertlik HV10	Nokta No	Sertlik HV10
1	223.16	16	174.53
2	185.07	17	189.56
3	172.55	18	178.63
4	218.82	19	190.71
5	186.18	20	174.53
6	173.53	21	204.52
7	210.56	22	187.32
8	186.18	23	172.54
9	175.45	24	171.55
10	180.74	25	170.80
11	170.50	26	176.57
12	175.45	27	168.64
13	173.53	28	179.69
14	172.53	29	175.60
15	170.10		

Tablo IV.24 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları

Sertlik Okunan Bölge	Nokta No	Sertlik HV10
Kaynak Metali	1	233.69
	2	206.60
	3	208.20
Ana Metal	1	147.24
	2	150.05
	3	151.00
	4	152.64
	5	155.14

4 No'lu parçanın 1. tamiri (4.1) sonrası alınan numunenin ITAB sertlik sonuçları Tablo IV.25'de, ana metal ve kaynak metali sertlik sonuçları Tablo IV.26'da verilmektedir. Sertlik okunan noktalar ise Şekil IV.29'da gösterilmektedir.



Şekil IV.29 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri Sertlik Okunan Noktalar

Tablo IV.25 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Sertlik Sonuçları

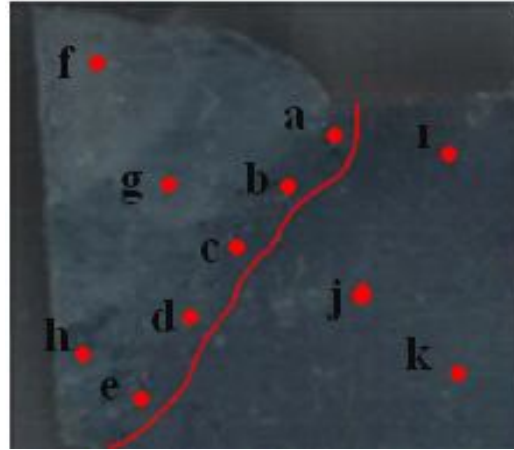
Nokta No	Sertlik HV10	Nokta No	Sertlik HV10
1	197.81	19	164.87
2	178.63	20	168.74
3	175.56	21	174.68
4	180.74	22	160.20
5	177.61	23	182.89
6	172.55	24	255.40
7	178.65	25	278.25
8	174.57	26	268.37
9	171.55	27	295.23
10	170.57	28	288.69
11	166.74	29	276.24
12	165.80	30	163.03
13	167.68	31	164.50
14	169.08	32	162.95
15	171.10	33	163.95
16	166.74	34	164.57
17	168.63	35	160.34
18	177.61		

Tablo IV.26 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali ve Ana Metal Sertlik Sonuçları

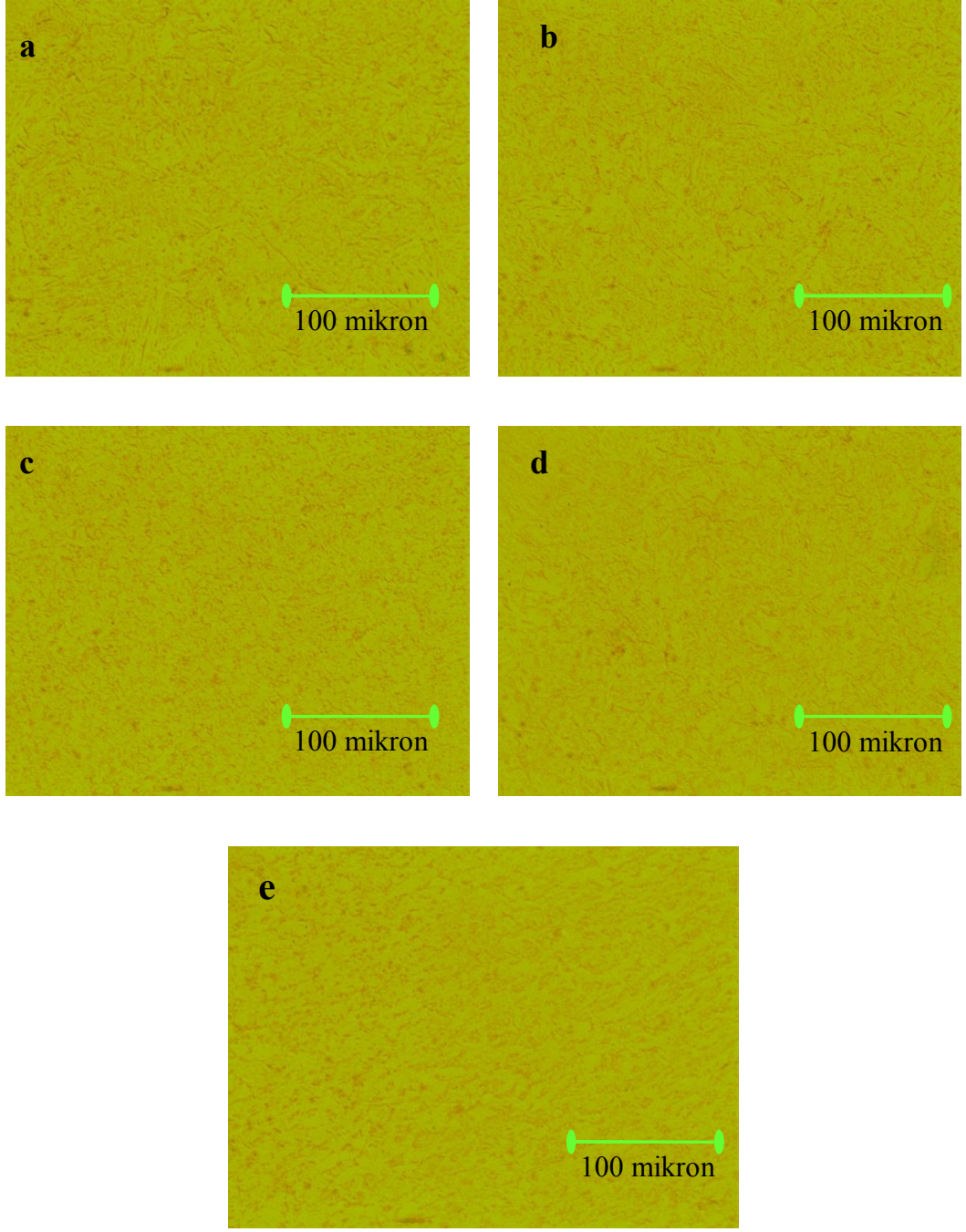
Sertlik Okunan Bölge	Nokta No	Sertlik HV10
Kaynak Metali	1	226.07
	2	214.63
	3	198.50
	4	190.71
	5	195.60
Ana Metal	1	174.54
	2	167.68
	3	153.46
	4	157.70
	5	154.30
	6	153.46

IV.4 METALOGRAFİK İNCELEME SONUÇLARI

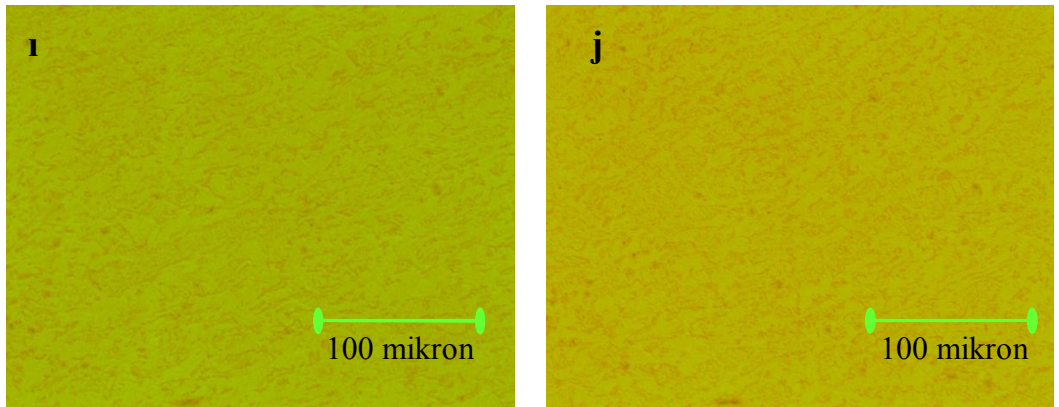
Plakaların ilk birleştirilmeleri sonrası alınan 1 No'lu numuneden mikroyapı için görüntü alınan bölgeler Şekil IV.30'da gösterilmektedir. 1 No'lu numunenin ITAB mikroyapı görüntüleri Şekil IV.31'de, ana metal mikroyapı görüntüleri Şekil IV.32'de ve kaynak metali mikroyapı görüntüleri Şekil IV.33'de gösterilmektedir.

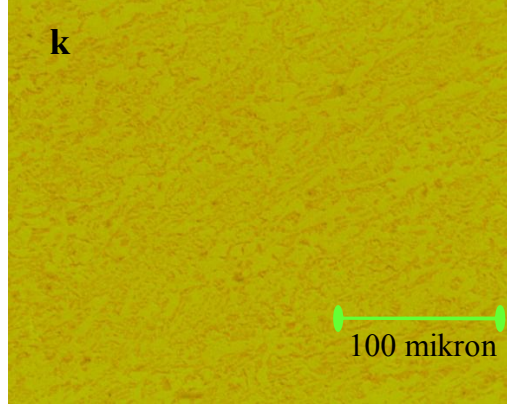


Şekil IV.30 1 No'lu Numuneden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler

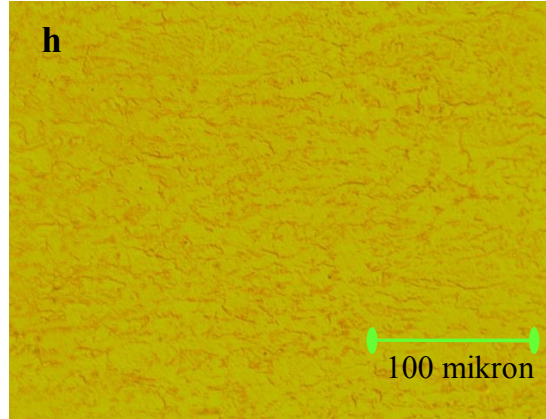
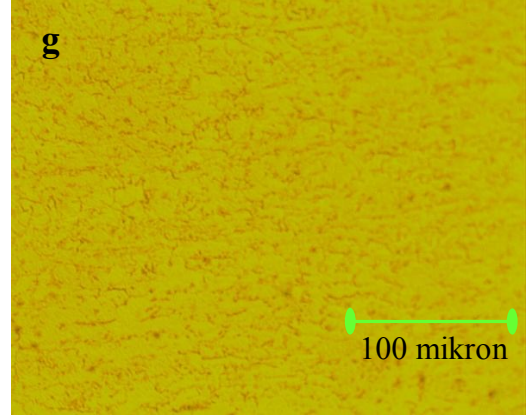
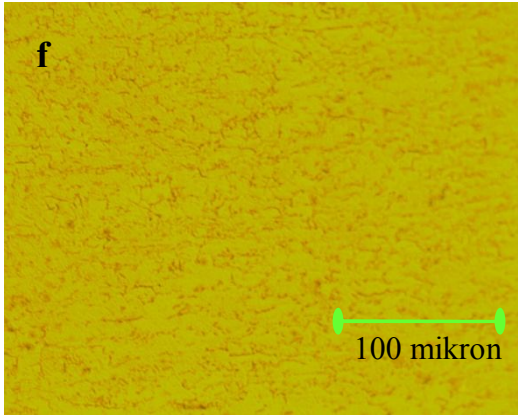


Şekil IV.31 1 No’lu Numunenin ITAB Mikroyapı Görüntüleri



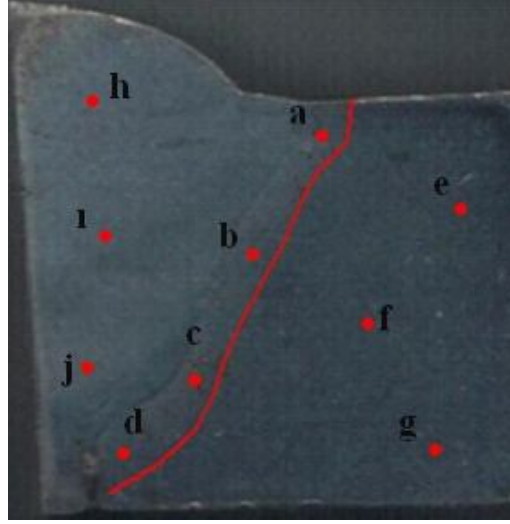


Şekil IV.32 1 No’lu Numunenin Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri

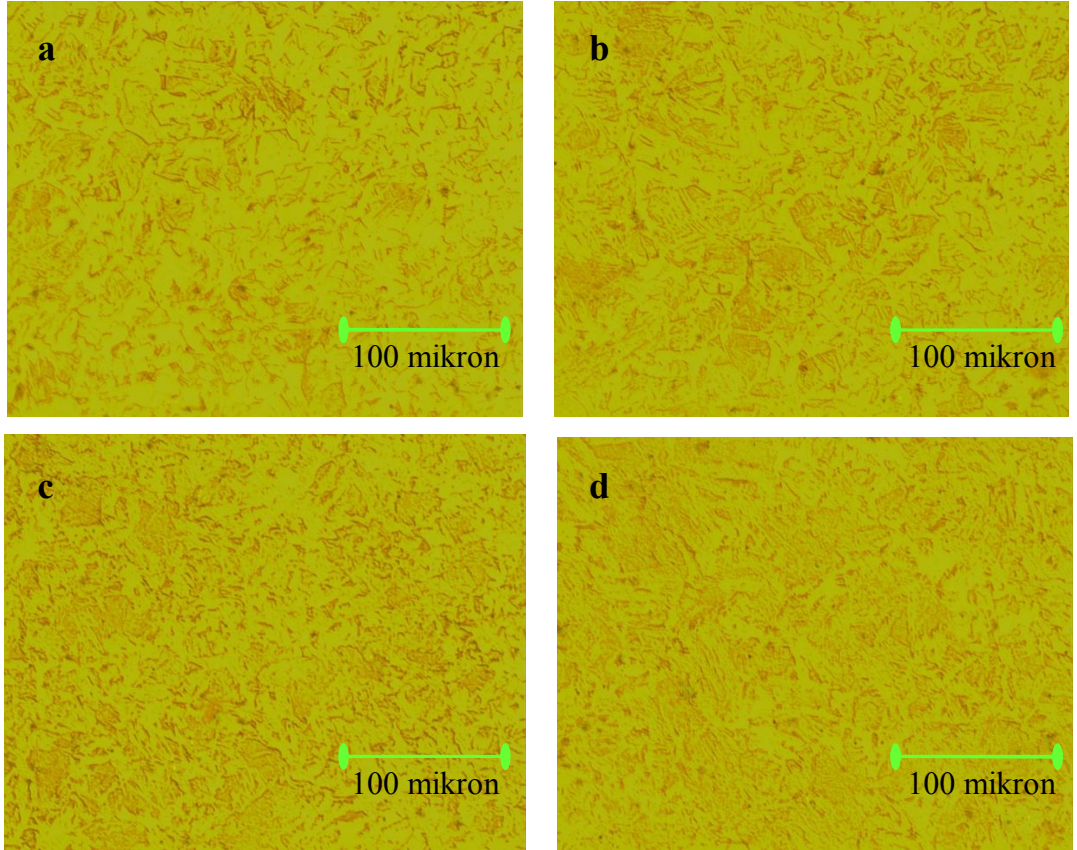


Şekil IV.33 1 No’lu Numunenin Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri

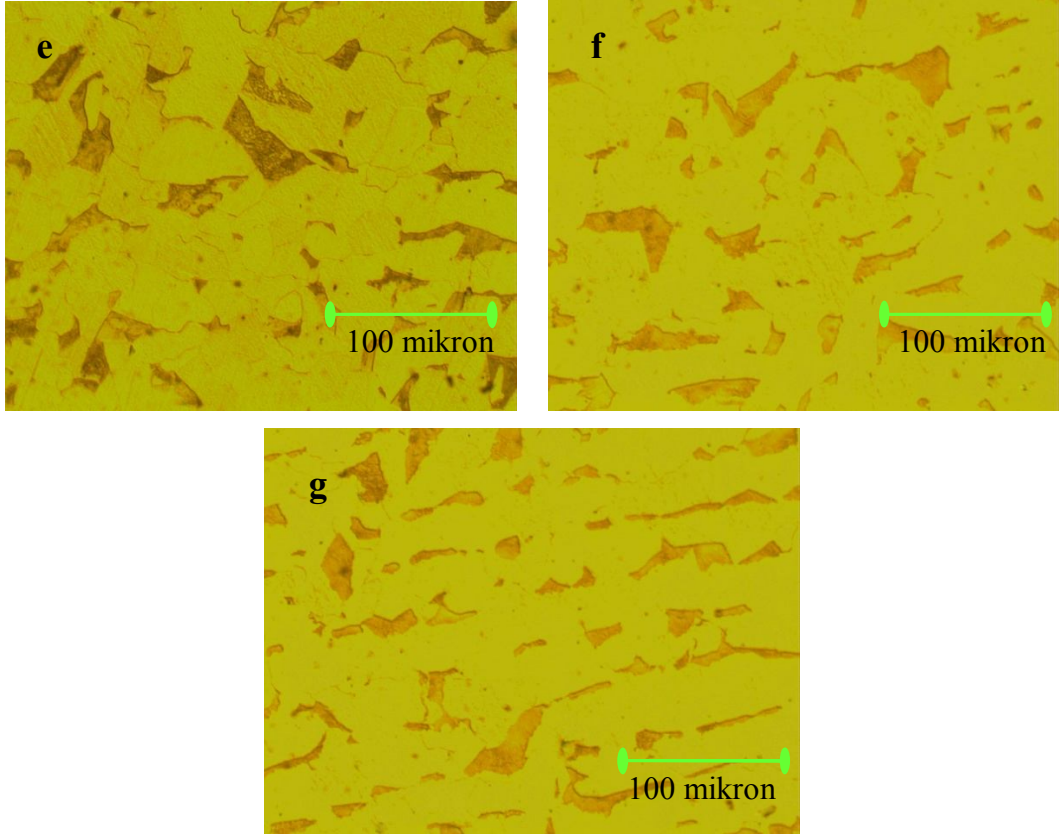
Plakaların ilk birleştirilmeleri sonrası alınan 4 No’lu numuneden mikroyapı için görüntü alınan bölgeler Şekil IV.34’de gösterilmektedir. 4 No’lu numunenin ITAB mikroyapı görüntüleri Şekil IV.35’de, ana metal mikroyapı görüntüleri Şekil IV.36’da ve kaynak metali mikroyapı görüntüleri Şekil IV.37’de gösterilmektedir.



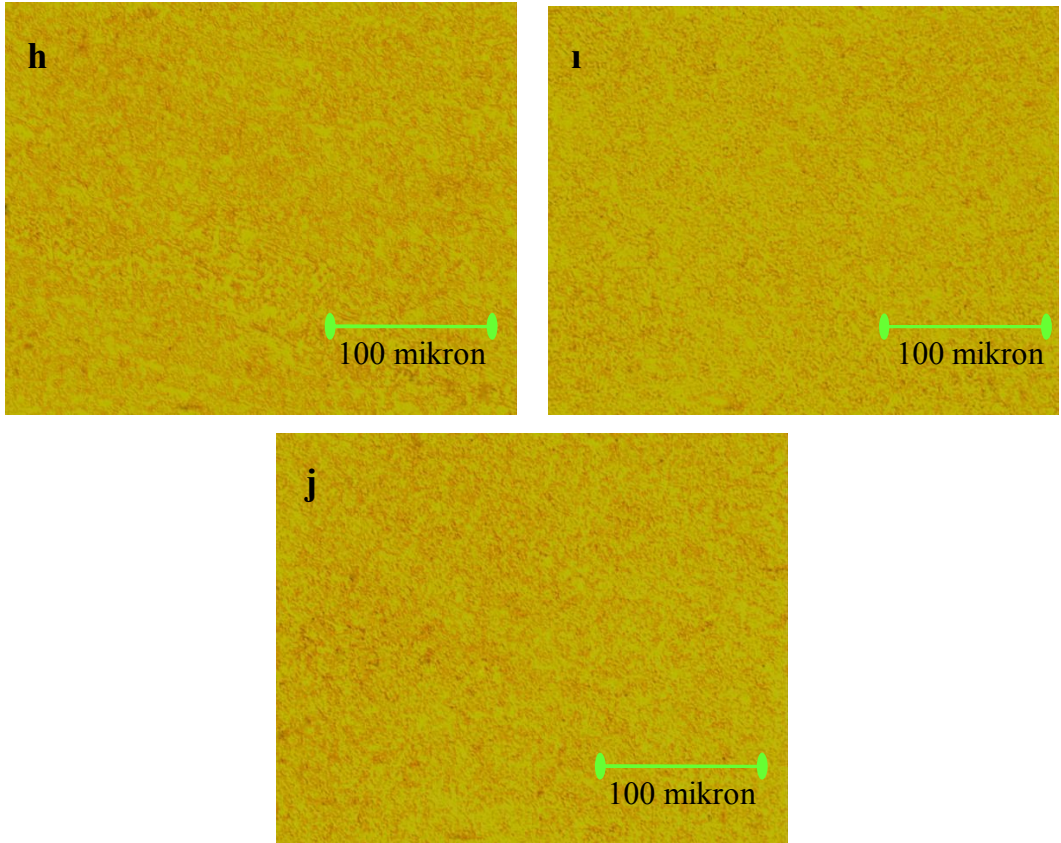
Şekil IV.34 4 No'lu Numuneden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler



Şekil IV.35 4 No'lu Numunenin ITAB Mikroyapı Görüntüleri

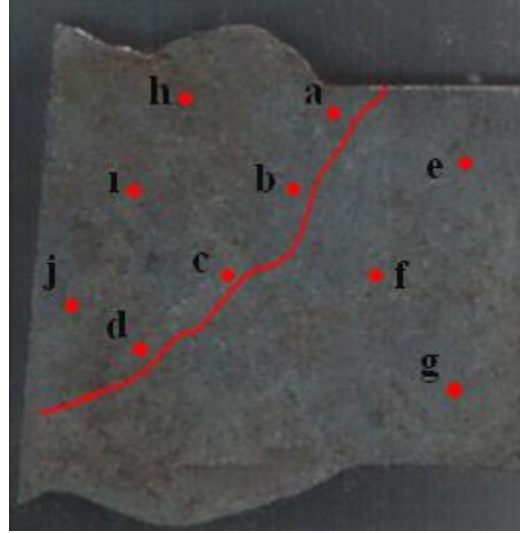


Şekil IV.36 4 No'lu Numunenin Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri

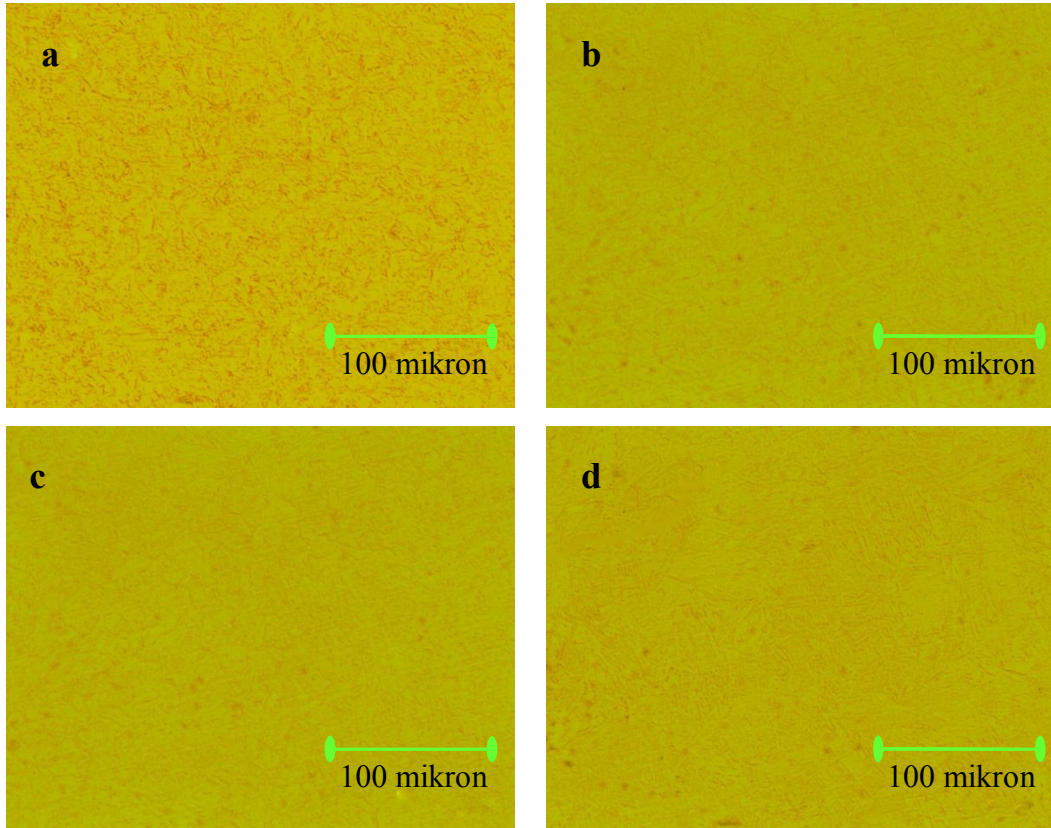


Şekil IV.37 4 No'lu Numunenin Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri

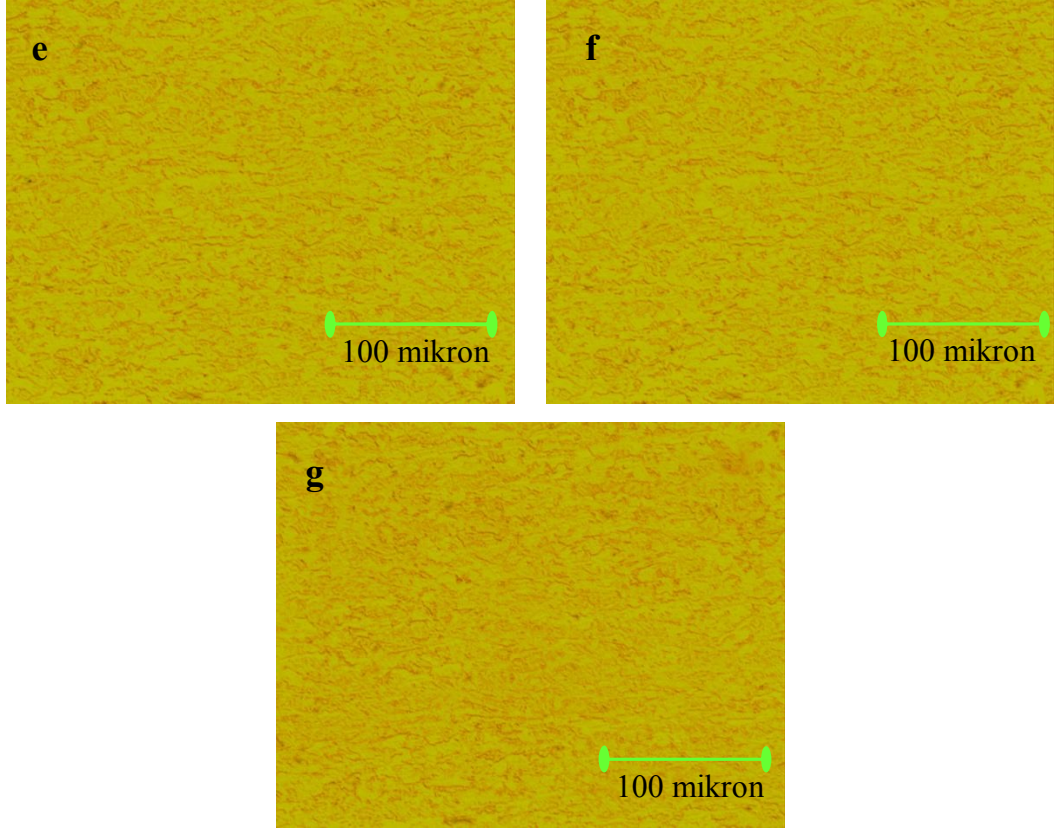
1 No'lu parçanın 1. tamiri (1.1) sonrası alınan numuneden mikroyapı için görüntü alınan bölgeler Şekil IV.38'de gösterilmektedir. 1 No'lu parçanın 1. tamiri ITAB mikroyapı görüntüleri Şekil IV.39'da, ana metal mikroyapı görüntüleri Şekil IV.40'da ve kaynak metali mikroyapı görüntüleri Şekil IV.41'de gösterilmektedir.



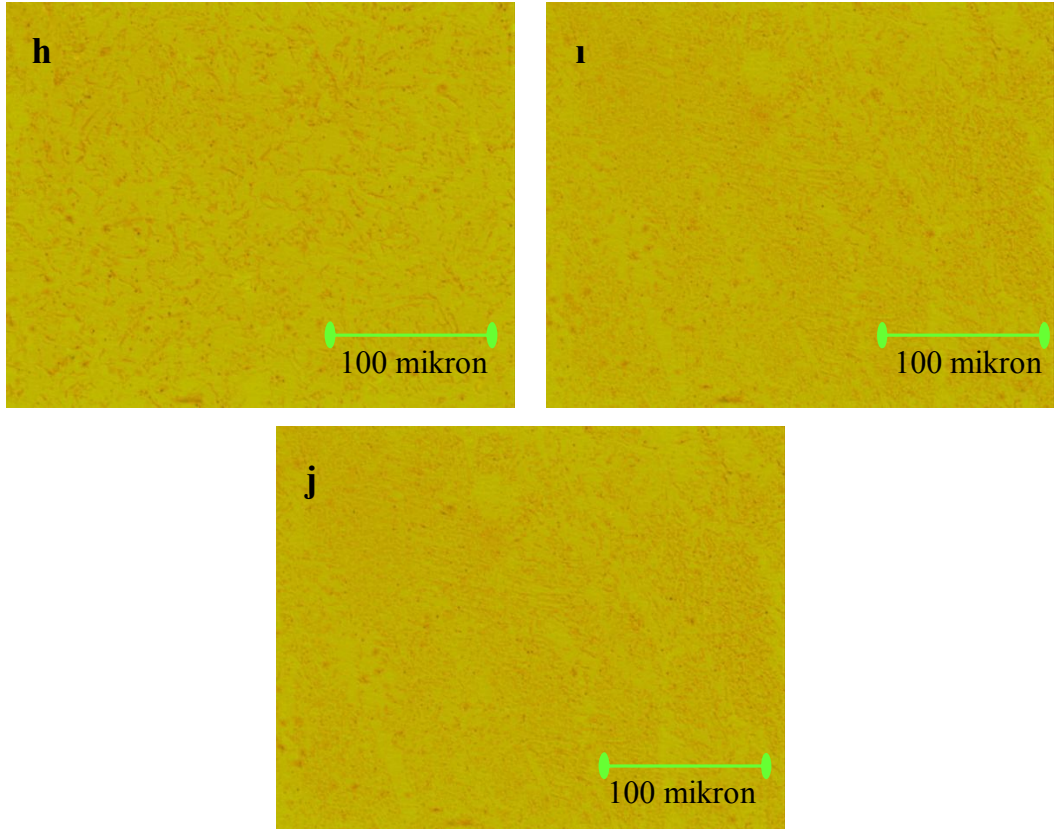
Şekil IV.38 1 No'lu Parçanın 1. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler



Şekil IV.39 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri

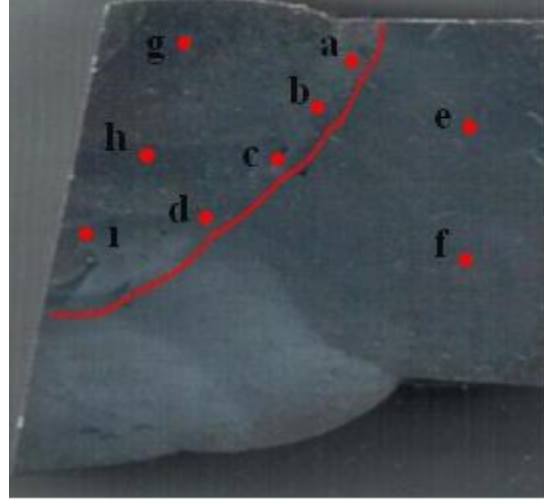


Şekil IV.40 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri

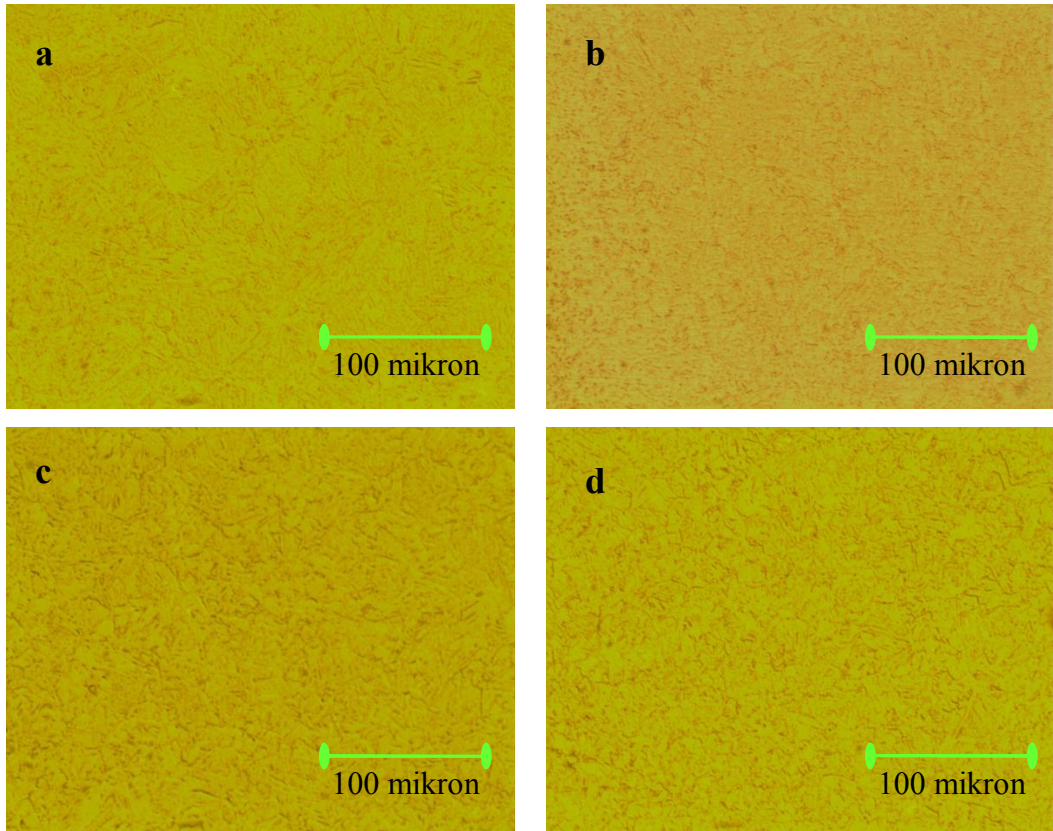


Şekil IV.41 1 No'lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri

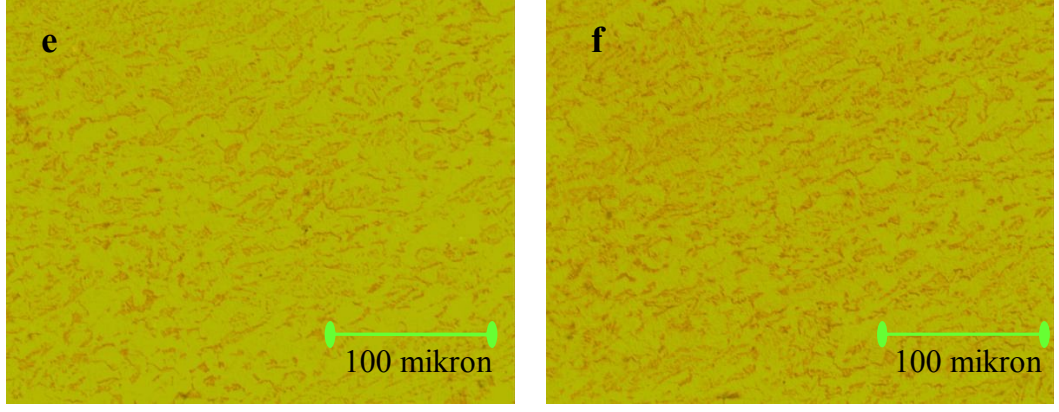
1 No'lu parçanın 2. tamiri (1.2) sonrası alınan numuneden mikroyapı için görüntü alınan bölgeler Şekil IV.42'de gösterilmektedir. 1 No'lu parçanın 2. tamiri ITAB mikroyapı görüntüleri Şekil IV.43'de, ana metal mikroyapı görüntüleri Şekil IV.44'de ve kaynak metali mikroyapı görüntüleri Şekil IV.45'de gösterilmektedir.



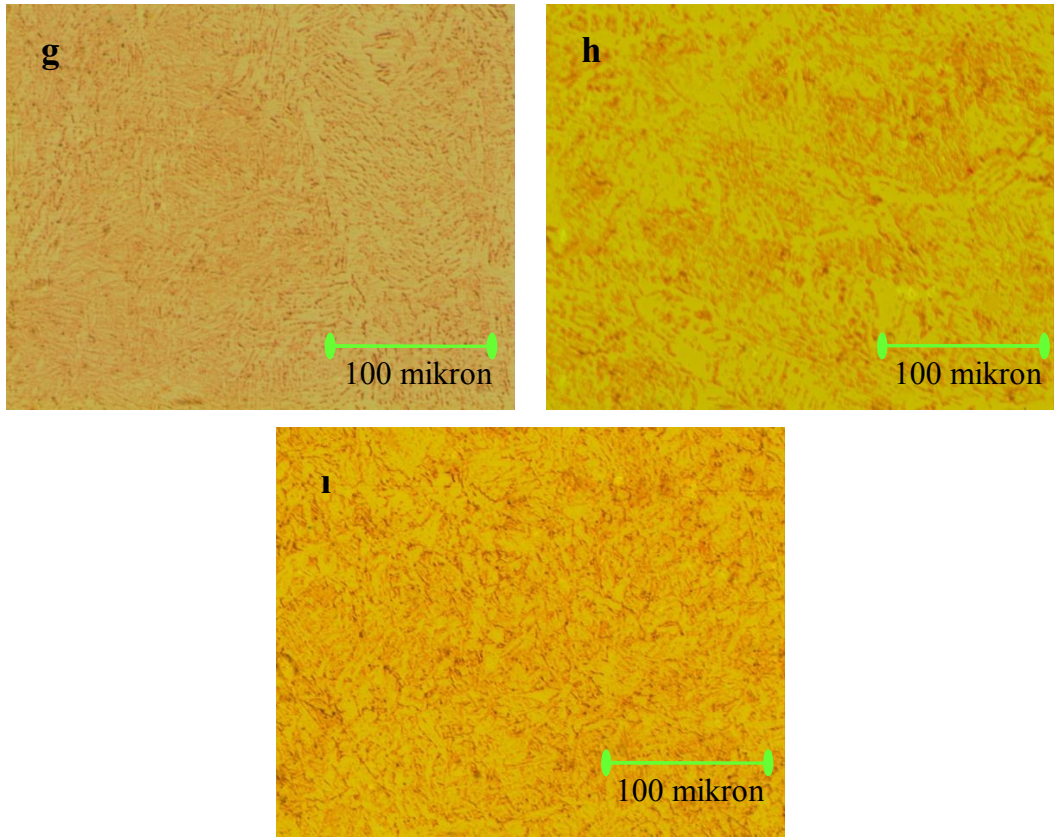
Şekil IV.42 1 No'lu Parçanın 2. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler



Şekil IV.43 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri

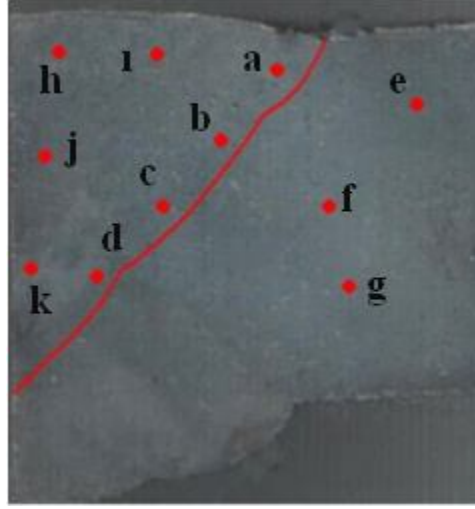


Şekil IV.44 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri

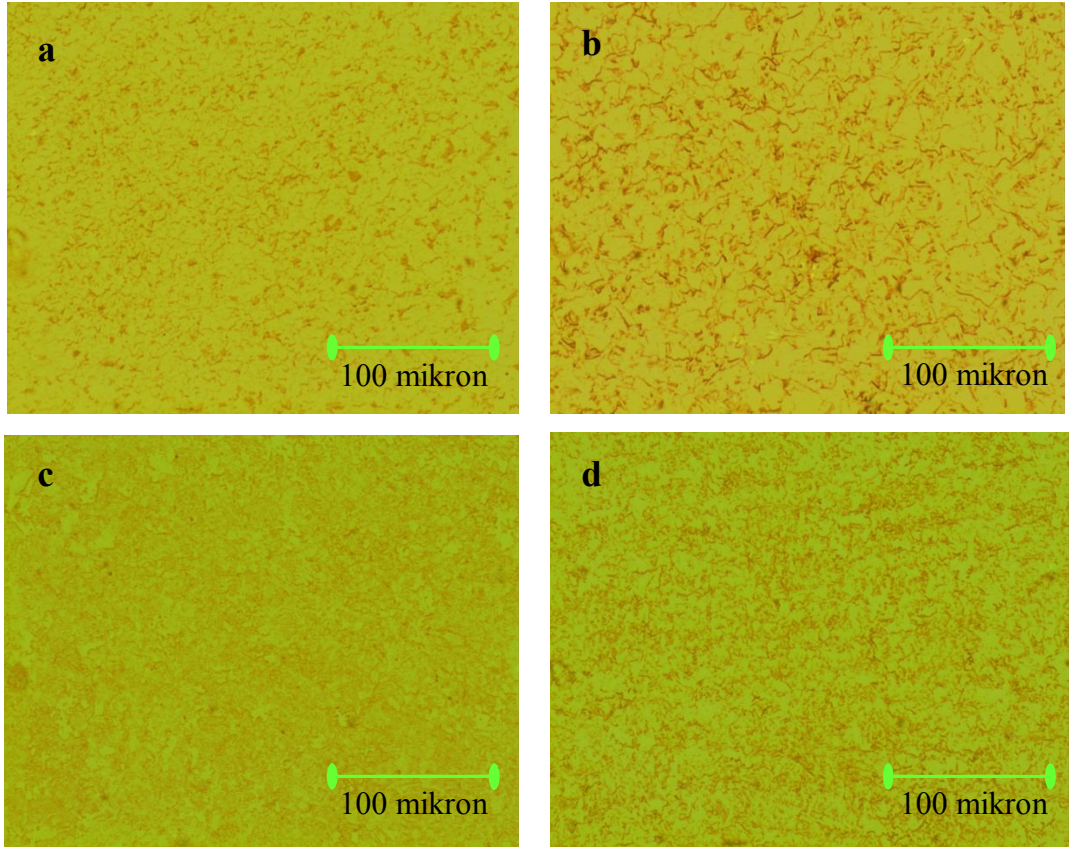


Şekil IV.45 1 No'lu Parçanın 2. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri

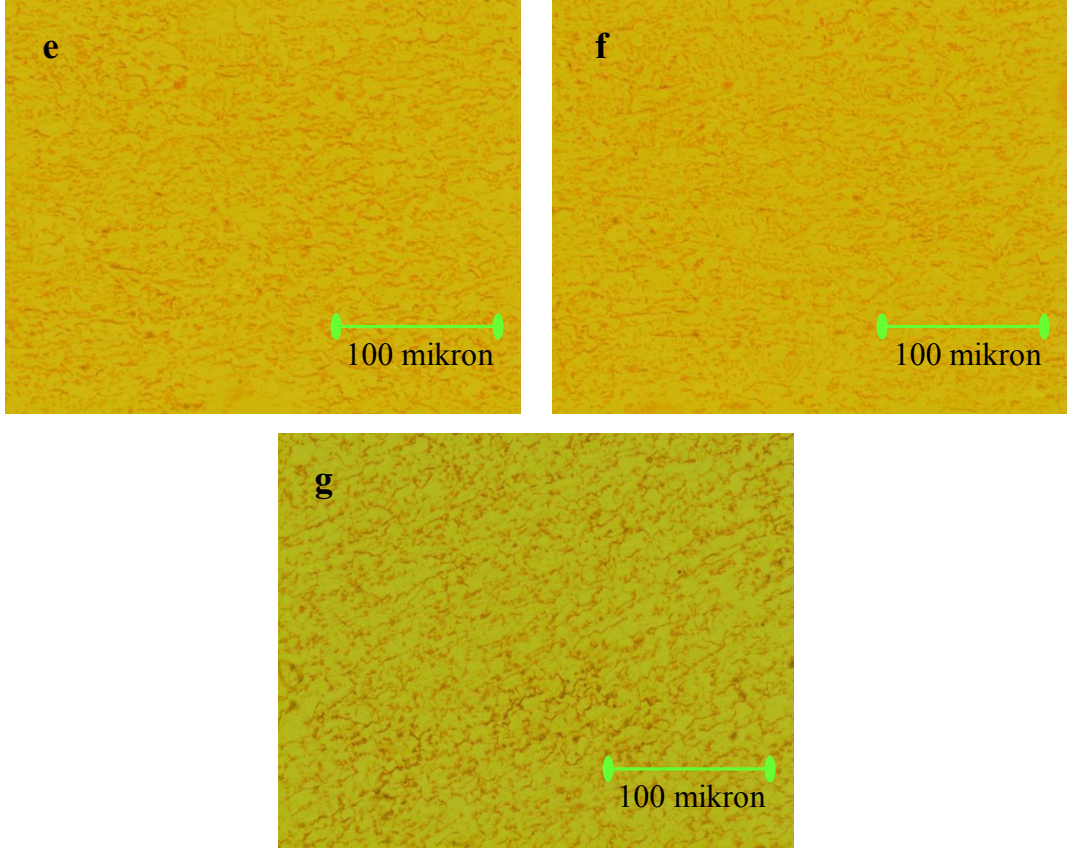
2 No'lu parçanın 1. tamiri (2.1) sonrası alınan numuneden mikroyapı için görüntü alınan bölgeler Şekil IV.46'da gösterilmektedir. 2 No'lu parçanın 1. tamiri ITAB mikroyapı görüntüleri Şekil IV.47'de, ana metal mikroyapı görüntüleri Şekil IV.48'de ve kaynak metali mikroyapı görüntüleri Şekil IV.49'da gösterilmektedir.



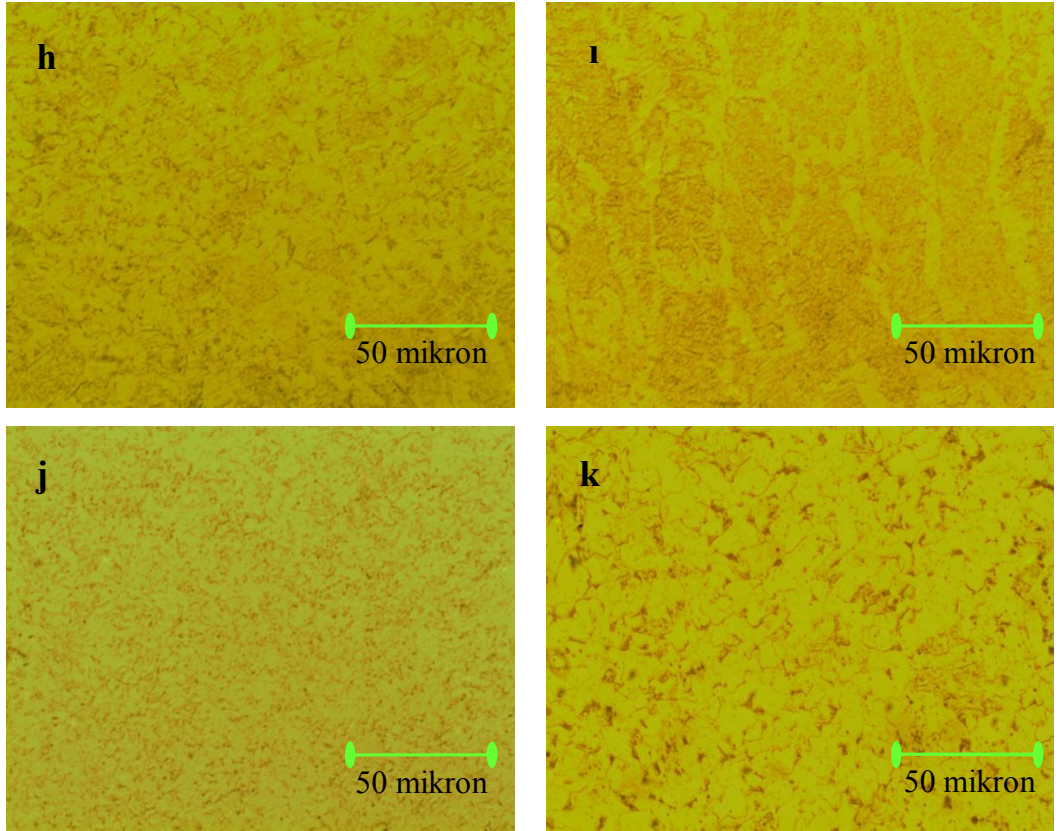
Şekil IV.46 2 No'lu Parçanın 1. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler



Şekil IV.47 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri

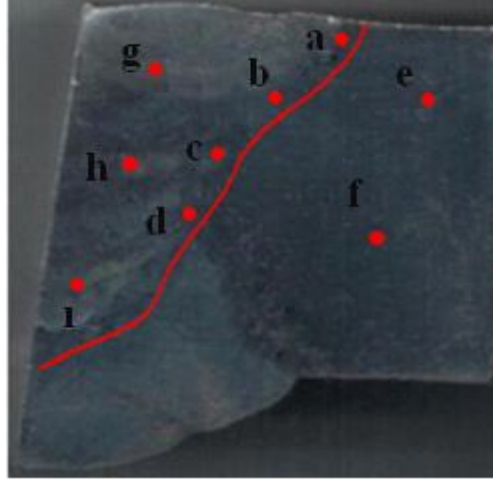


Şekil IV.48 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri

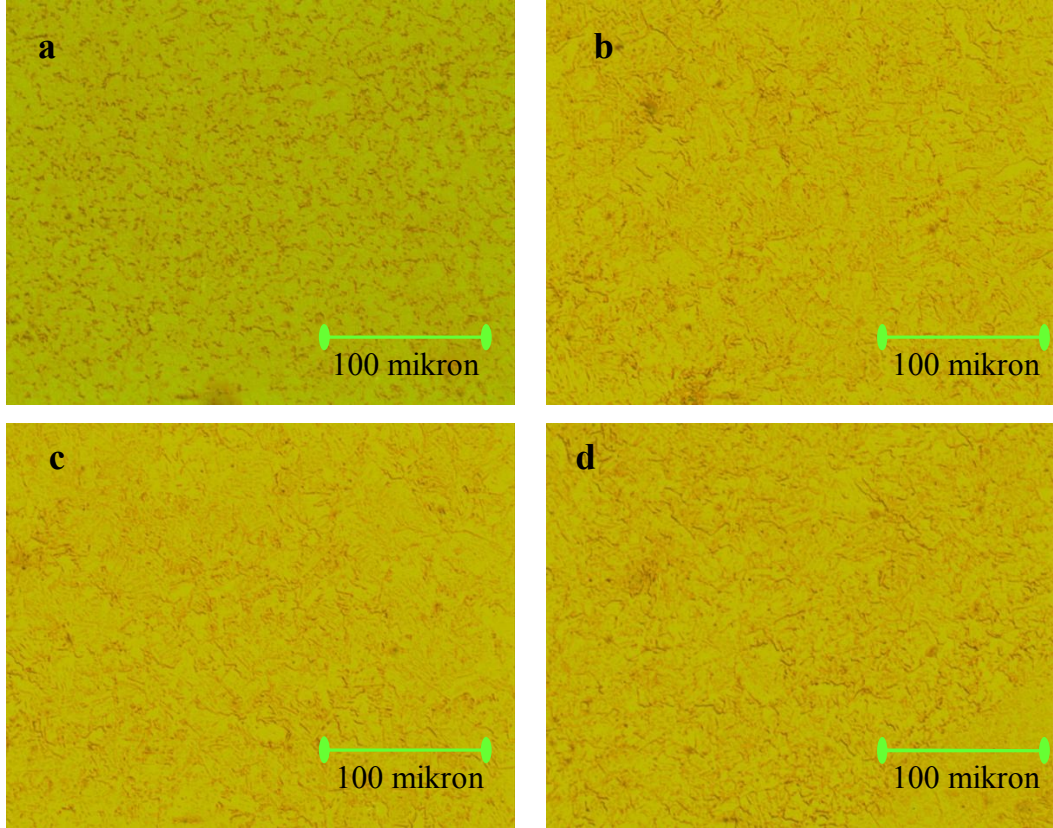


Şekil IV.49 2 No'lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri

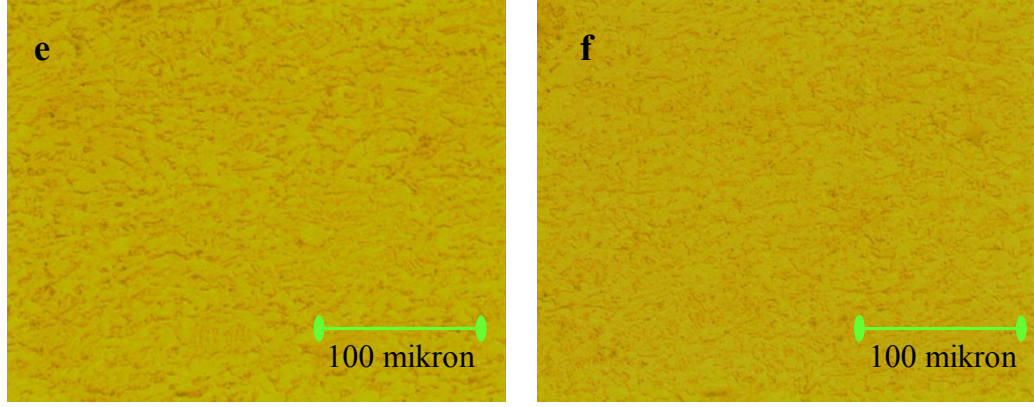
2 No'lu parçanın 2. tamiri (2.2) sonrası alınan numuneden mikroyapı için görüntü alınan bölgeler Şekil IV.50'de gösterilmektedir. 2 No'lu parçanın 2. tamiri ITAB mikroyapı görüntüleri Şekil IV.51'de, ana metal mikroyapı görüntüleri Şekil IV.52'de ve kaynak metali mikroyapı görüntüleri Şekil IV.53'de gösterilmektedir.



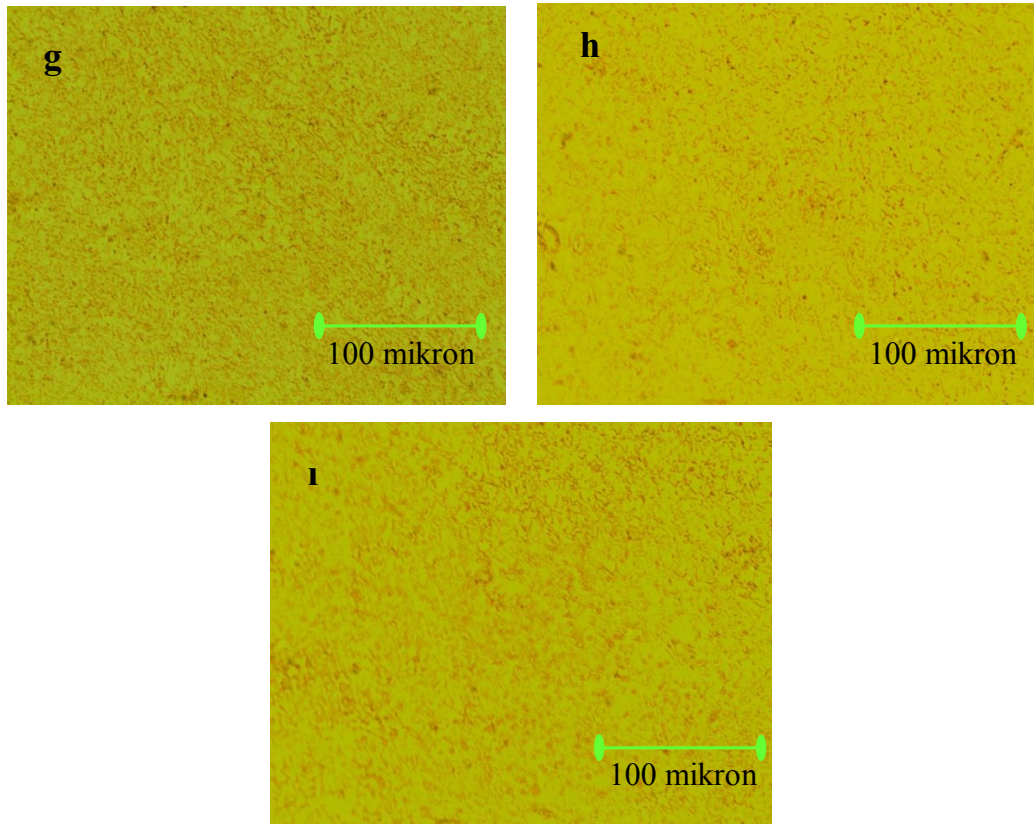
Şekil IV.50 2 No'lu Parçanın 2. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler



Şekil IV.51 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri

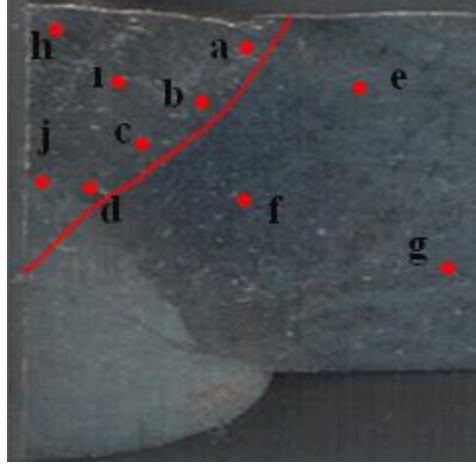


Şekil IV.52 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri

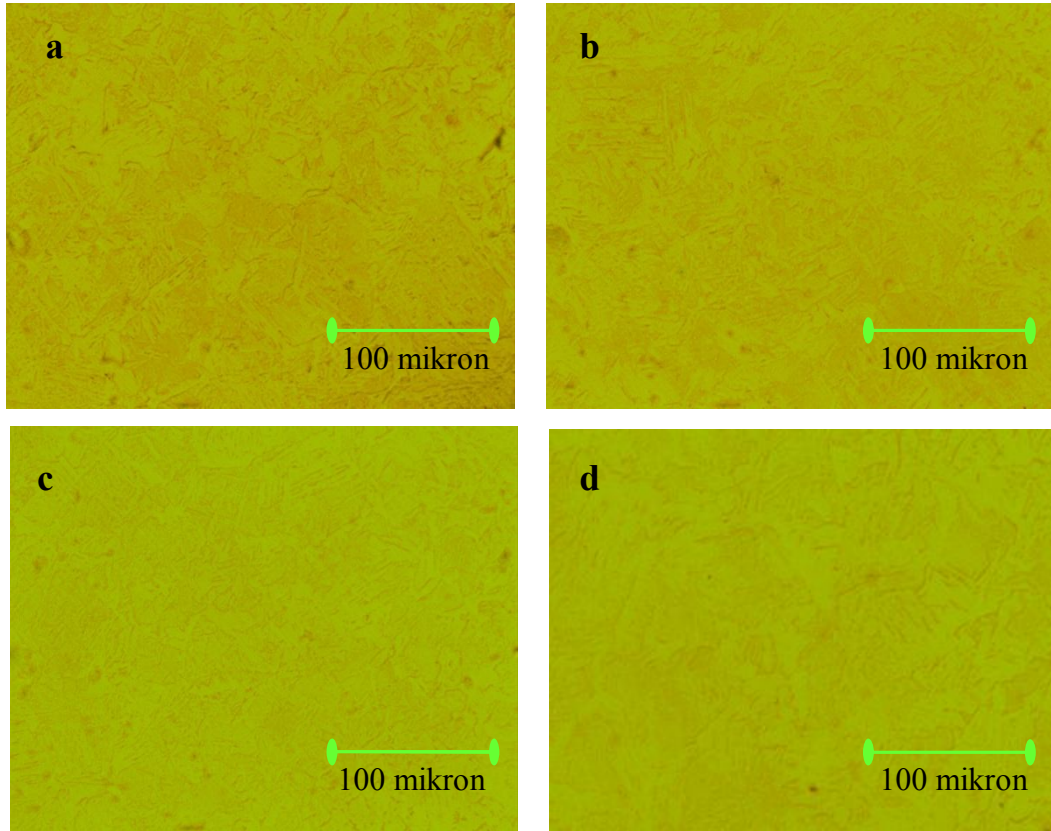


Şekil IV.53 2 No'lu Parçanın 2. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri

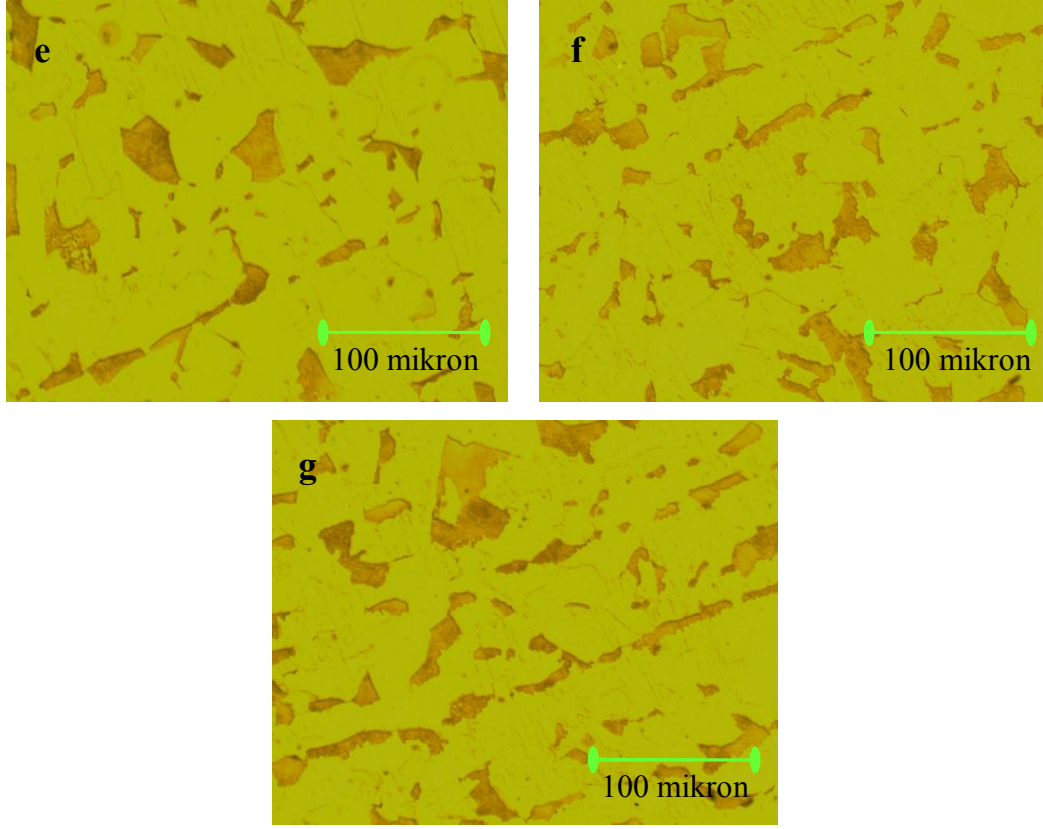
3 No'lu parçanın 1. tamiri (3.1) sonrası alınan numuneden mikroyapı için görüntü alınan bölgeler Şekil IV.54'de gösterilmektedir. 3 No'lu parçanın 1. tamiri ITAB mikroyapı görüntüleri Şekil IV.55'de, ana metal mikroyapı görüntüleri Şekil IV.56'da ve kaynak metali mikroyapı görüntüleri Şekil IV.57'de gösterilmektedir.



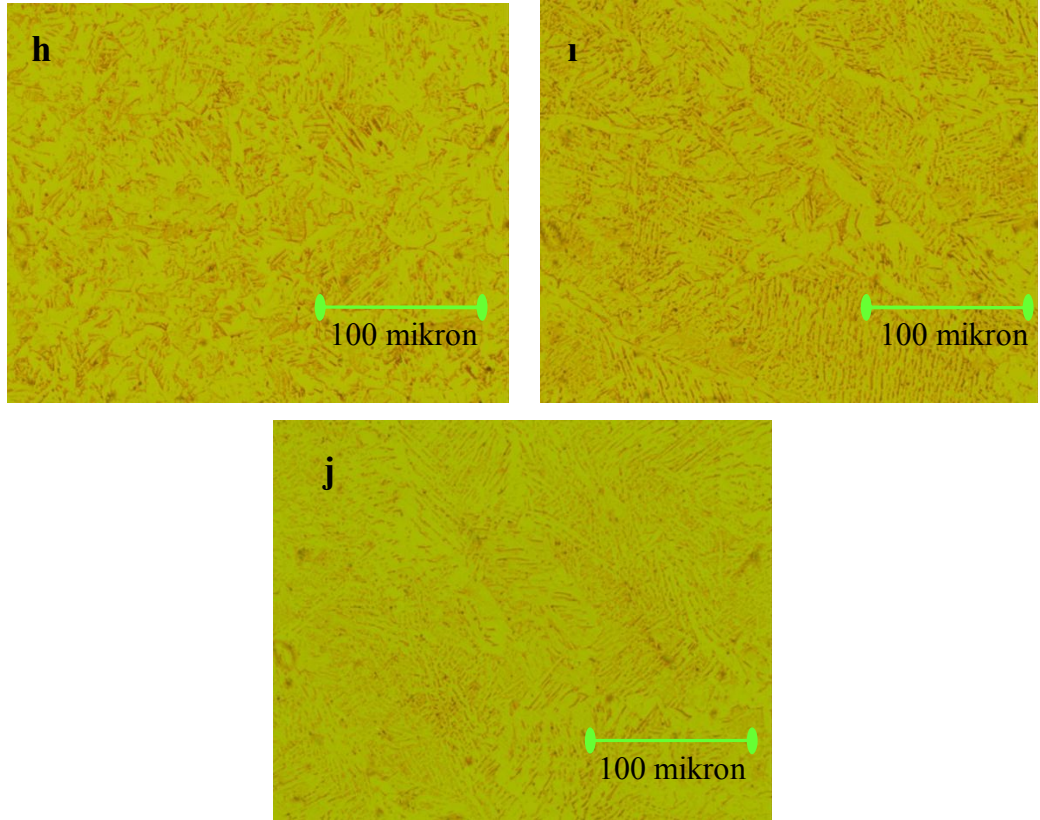
Şekil IV.54 3 No'lu Parçanın 1. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler



Şekil IV.55 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri

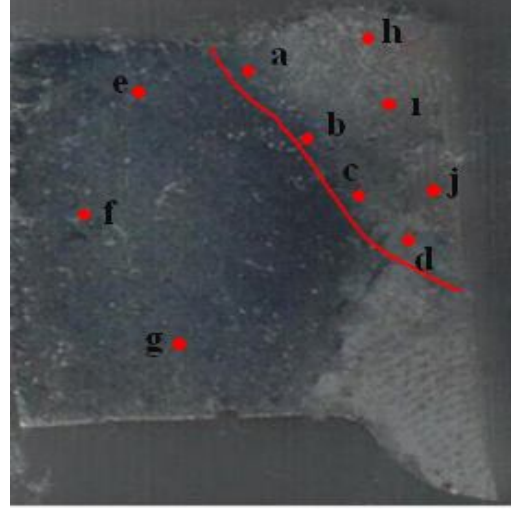


Şekil IV.56 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri

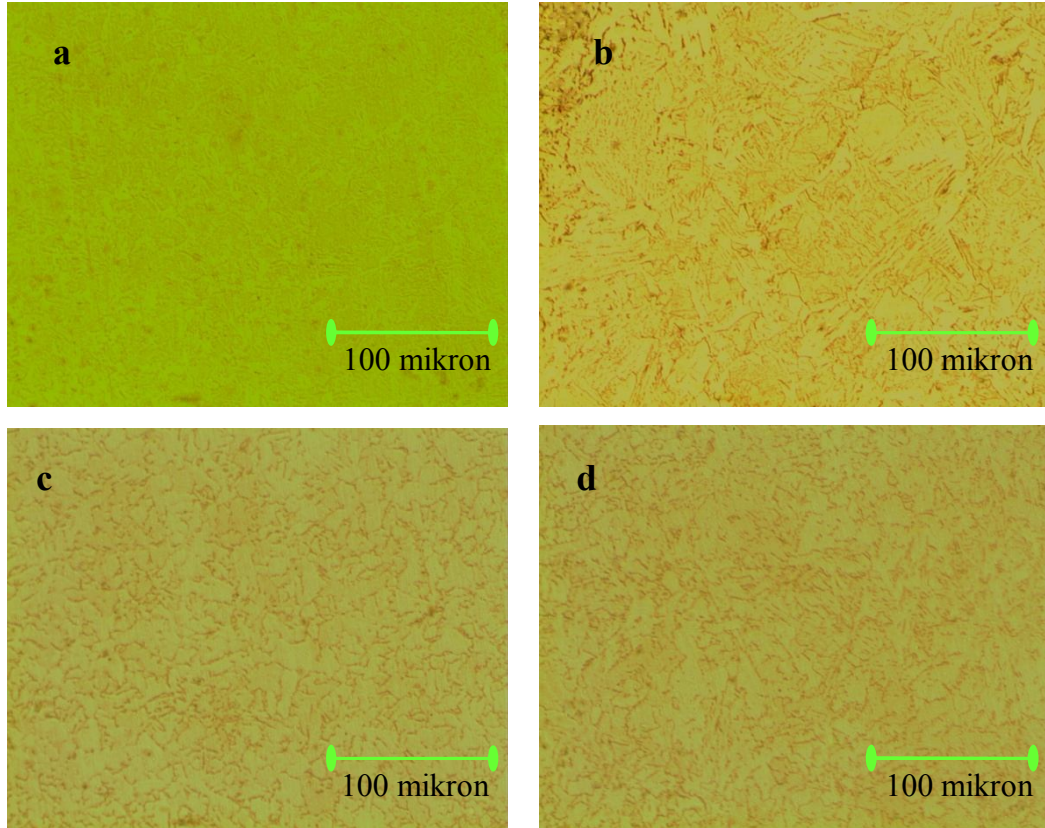


Şekil IV.57 3 No'lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri

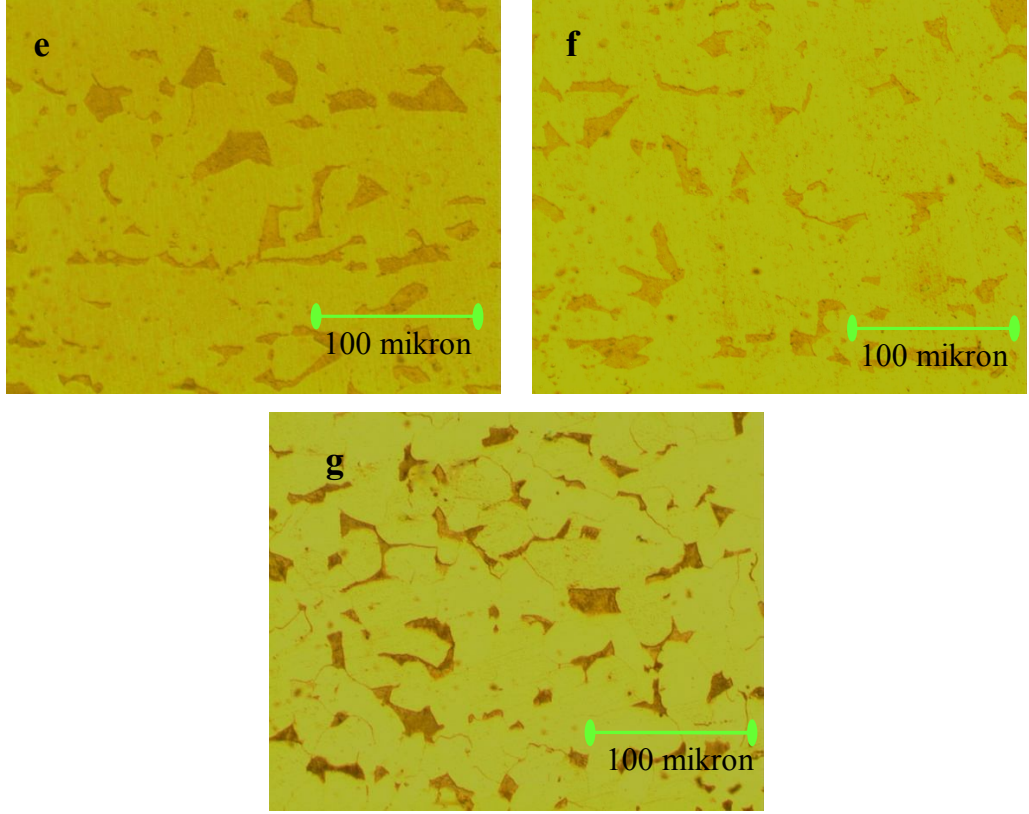
3 No'lu parçanın 2. tamiri (3.2) sonrası alınan numuneden mikroyapı için görüntü alınan bölgeler Şekil IV.58'de gösterilmektedir. 3 No'lu parçanın 2. tamiri ITAB mikroyapı görüntüleri Şekil IV.59'da, ana metal mikroyapı görüntüleri Şekil IV.60'da ve kaynak metali mikroyapı görüntüleri Şekil IV.61'de gösterilmektedir.



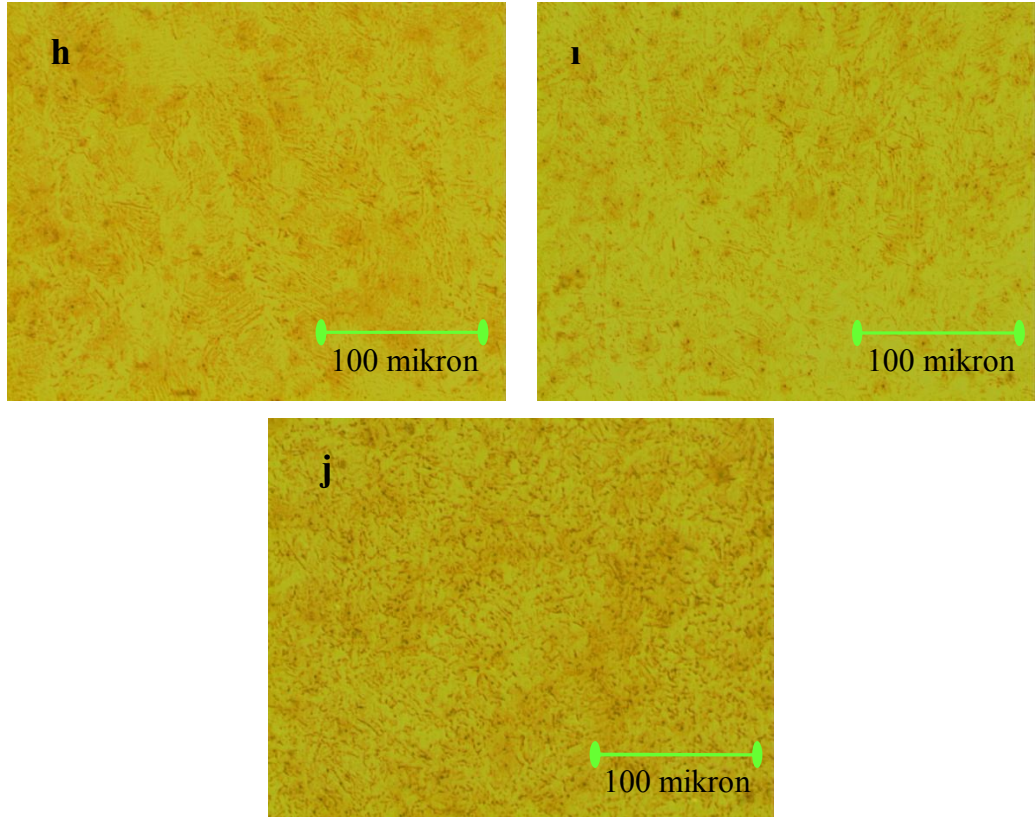
Şekil IV.58 3 No'lu Parçanın 2. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler



Şekil IV.59 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri

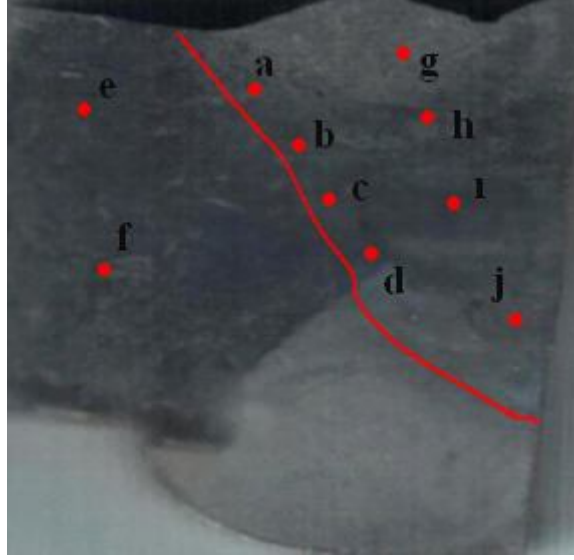


Şekil IV.60 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri

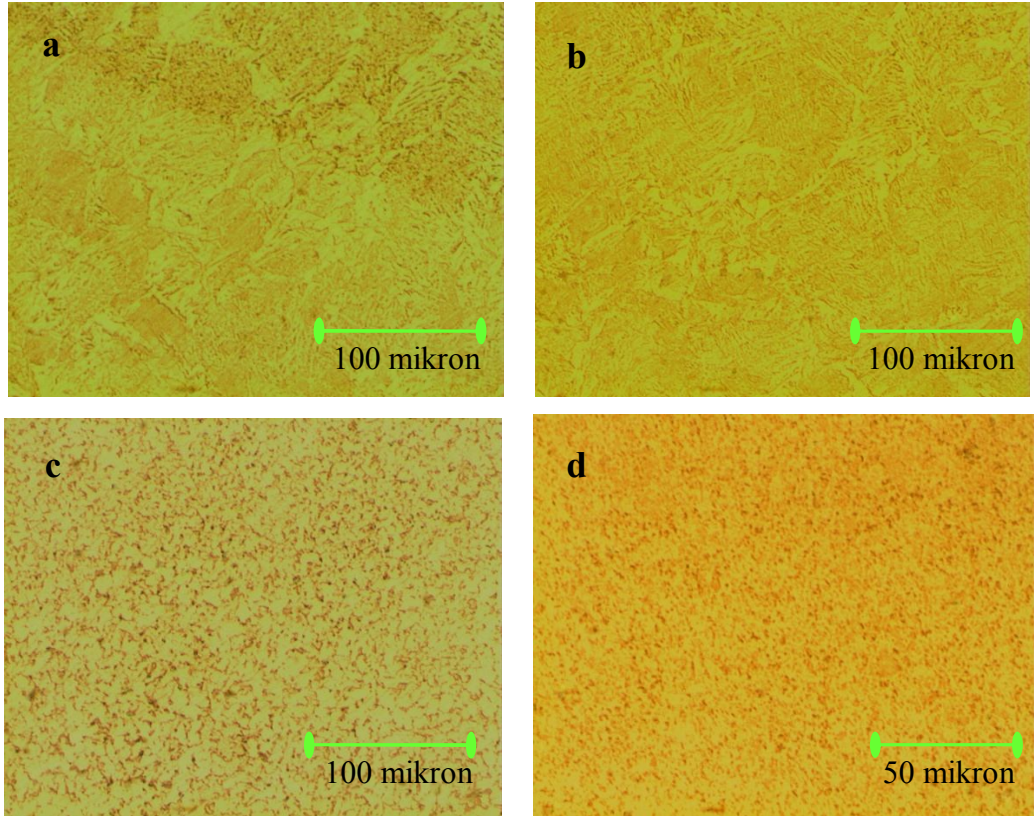


Şekil IV.61 3 No'lu Parçanın 2. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri

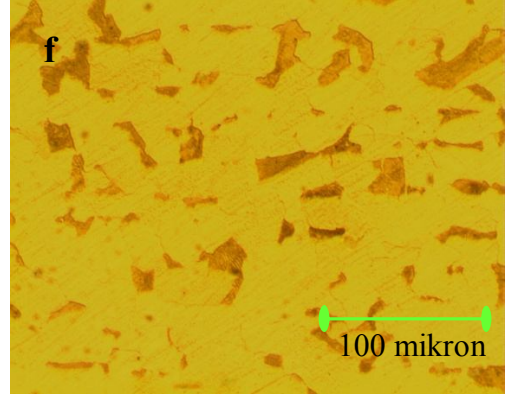
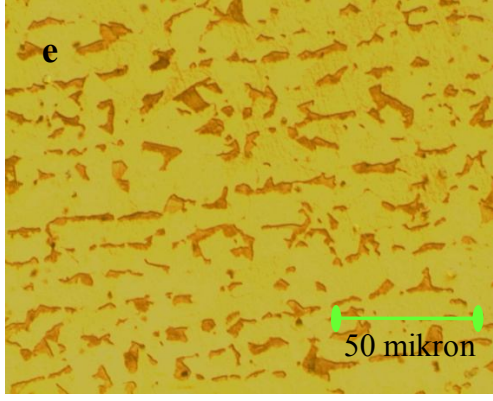
4 No'lu parçanın 1. tamiri (4.1) sonrası alınan numuneden mikroyapı için görüntü alınan bölgeler Şekil IV.62'de gösterilmektedir. 4 No'lu parçanın 1. tamiri ITAB mikroyapı görüntüleri Şekil IV.63'de, ana metal mikroyapı görüntüleri Şekil IV.64'de ve kaynak metali mikroyapı görüntüleri Şekil IV.65'de gösterilmektedir.



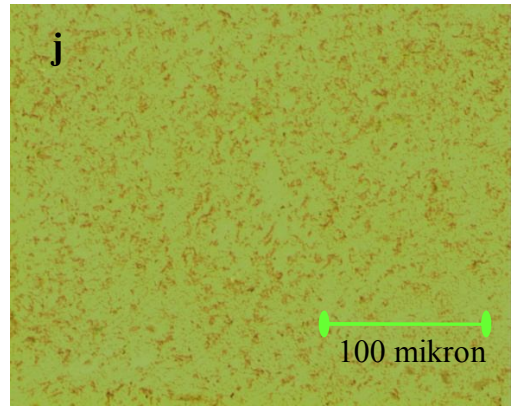
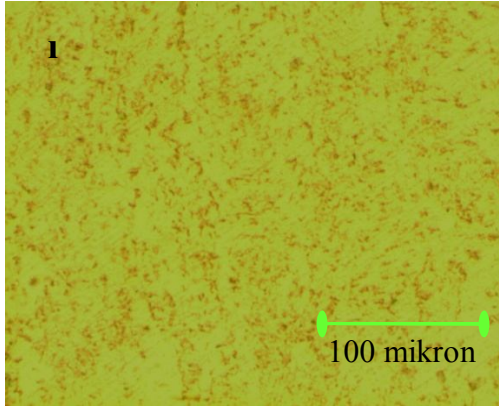
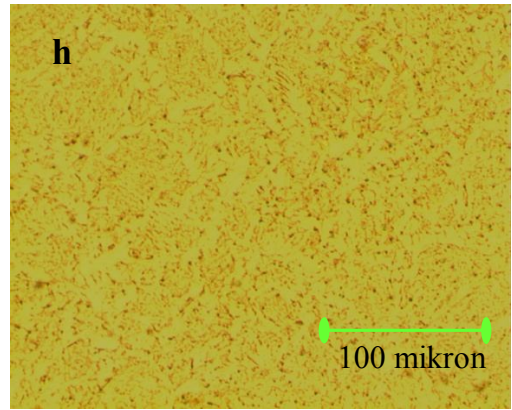
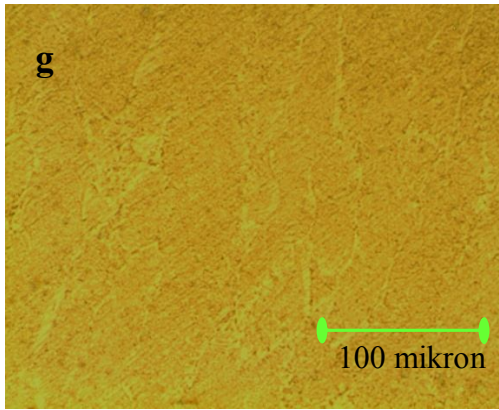
Şekil IV.62 4 No'lu Parçanın 1. Tamirinden Mikroyapı için Görüntü Alınan Bölgeler



Şekil IV.63 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri ITAB Mikroyapı Görüntüleri



Şekil IV.64 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri Ana Metal Mikroyapı Görüntüleri



Şekil IV.65 4 No'lu Parçanın 1. Tamiri Kaynak Metali Mikroyapı Görüntüleri

BÖLÜM V

SON DEĞERLENDİRMELER VE ÖNERİLER

Yapmış olduğumuz mekanik ve metalografik deneysel çalışmalar ışığı altında çeliklerin tamir bakım kaynaklarında; Elektrik ark, Gazaltı (MAG), Özlü tel ve Tozaltı kaynak yöntemlerinden hangisini kullanırsak kullanalım mukavemet ve sertlik gibi mekanik özelliklerde hiçbir değişiklik olmayacağı, çıkan sonuçların birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir.

Çeliklerin tamir bakım kaynaklarında en büyük problem tamir sonrası oluşan açısız distorsiyonlardır. Distorsiyon; kaynak işlemi sırasında yüksek ısıya maruz kalan bölgenin düzensiz olarak gerilmelere sebep olması ve kaynağın dik kesit yüzeyinde merkezden kaçık kuvvetlerin oluşması sonucu meydana gelir. Bir distorsiyon çeşidi olan açısız distorsiyonlar kaynak metalinin yüzey kısmının kök kısmına nazaran daha fazla çekilmesi ve büzülmesi sonucu oluşur. Açısız distorsiyonlar kaynatılan parçaların kaynak dikişi boyunca çaprazlama eğilmesine yol açar. Yaptığımız deneysel çalışmada tamir sonrası en fazla açısız çarpılma Elektrik ark ve Özlü tel kaynak yönteminde en az açısız çarpılma ise Gazaltı (MAG) kaynak yönteminde meydana gelmiştir. Elektrik ark kaynak yöntemini kullanarak yaptığımız tamir sonucunda malzemede 19°'lik yüksek bir açısız çarpılma meydana geldiğinden dolayı malzemeye 2. tamir işlemi uygulanamamıştır.

Kaynaklı tamirlerde meydana gelen açısız distorsiyonlara, kaynak ağız şekli, kaynak paso miktarı ve sırası ile parça kalınlığı gibi faktörler etki etmektedir. Kaynaklı tamirlerde kaynak paso sayısı arttıkça her paso sonrası açısız distorsiyon miktarı artmaktadır. Kaynak ağız genişliği ve tamir için açılan oyuk derinliği arttıkça açısız distorsiyon miktarı artmaktadır.

Tamir bakım kaynaklarında meydana gelen açısız distorsiyon miktarlarını azaltmak için şu önerilerde bulunabiliriz;

- Kaynaklı tamir bakımlarda kaynak paso sayısı mümkün mertebe düşük tutulmalıdır ve ilk atılan paso daha sonraki atılacak pasoların yaratacağı büzölme kuvvetlerine karşı bir direnç oluşturacağından oldukça geniş tutulmalıdır.
- Sonraki pasonun önceki pasoların yarattığı artık gerilmeleri gidermesi için tamiri yapılan parçaya bir miktar ısı girdisi uygulanmalıdır.
- Kaynaklı tamire başlanılmadan önce mutlaka ön tavlama yapılmalı ve tamir sonrası gerilme giderme tavı uygulanmalıdır.
- Kaynaklı tamirlerde kök paso ve son kapak paso dışında kalan ara pasolarda gerilme uçlarının ortadan kaldırılması için kaynak dikişleri çekişlenmelidir.
- Son olarak kaynak ağız genişliği ve tamir için açılan oyuk derinliği mümkün olduğu kadar düşük tutulmalıdır. Çünkü açılan oyuk derinliği arttıkça kaynak ağız genişliği artacak, kaynak ağız genişliği arttıkça kaynak paso sayısı artacak ve dolayısı ile açısal distorsiyon miktarı artış gösterecektir. Bundan dolayı kaynaklı tamirlerde açılacak olan oyuk miktarı azami değerlerde tutulmalı, X ve U biçiminde tasarlanmış kaynak ağızları kullanılmalıdır.

Çeliklerin tamir bakım kaynakları ile ilgili detaylı bir türkçe yayın mevcut değildir. Bundan dolayı yapmış olduğumuz deneysel çalışmalar sonucu hazırladığımız bu tez endüstriyel uygulamalara ve bundan sonraki yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Fidaner, S.; Çelik, S; Doğmuş, H.; Süzen, C. ve Duran, A.: “Dökümcülük Bilgisi”, *Devlet Kitapları*, Cilt 2 (1986).
- [2] Aran, A.: “Metal Döküm Teknolojisi”, Birsen Yayınevi, (1993).
- [3] “Döküm Sempozyumu”, *Bildiriler Kitabı*, İ.T.Ü. Ayazağa Kampüsü, İSTANBUL, (1996).
- [4] “Uluslararası Döküm ve Çevre Sempozyumu”, *Bildiriler Kitabı*, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım- Yayın Merkezi, (2000).
- [5] Tükel, N.: “Demir-Karbon Alaşımları”, Yalkın Ofset Matbaası, (1979).
- [6] http://www.sanalkantin.net/ders_notu/teknik_egitim_fakultesi/dokum_ogretmenligi/dokum_hatalari.doc
- [7] “Ulusal Döküm Sempozyumu”, *Tebliğler*, İ.T.Ü. Metalürji Fakültesi, (1981).
- [8] “Isıl İşlem Sempozyumu”, İ.T.Ü. Maslak Kampüsü, Oditoryum, (1998).
- [9] TS-4034.: “Çelik Dökümler, Genel Amaçlar İçin Genel Esaslar”, *Türk Standartlar Enstitüsü*, Ankara, Türkiye, (1984).
- [10] Anık, S.; Dikicioğlu, A. ve Vural, M.: “Tamir Kaynağının Esasları”, *Sert Dolgu Kaynağı ile Tamir Bakım*, İ.T.Ü Makine Mühendisliği, İstanbul, Türkiye, (1993) 36-42.
- [11] Çolakoğlu, H.: “Aşınma Hasarı”, *Gedik Kaynak Mühendisliği*, İstanbul, Türkiye, (2008) 4-10.
- [12] Eryürek, B.: “Hasar Analizi”, Birsen Yayınevi, İstanbul, (1993) 171.
- [13] Varol, H.: “Av ve Spor Tüfekleri için Kritik Parçaların Hasar Analizi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye, (2008) 34-43.
- [14] <http://www.materialsengineer.com/CA-fatigue.htm>
- [15] Tülbentçi, K. ve Kaluç, E.: “Kazı Makinelerinde Aşınmış Parçaların Kaynakla Tamirinin Teknolojik ve Ekonomik Önemi”, *Kaynak Dünyası*, Sayı 91-2, (1993) 3-6.

- [16] Jahre, H.: “Heuristik beim Reparaturschweissen”, *ZIS-Mitteilungen*, 22. Jahrgang, Heft 8, (1980), 926 – 935.
- [17] “Fackhunde für Schweisser-Band 5 Reparaturschweissen”, TWA Nr. 155, Verlag Technik, Berlin, (1988).
- [18] “Tamir Kaynağı”, *Gedik Kaynak Mühendisliği*, İstanbul, Türkiye, (2008) 1-10.
- [19] Anık, S.; Vural, M. ve Ceyhun, V.: “Yöntem ve Donanımlar”, *Kaynak Tekniği El Kitabı*, Kansu Matbaacılık, (1991).
- [20] Anık, S.: “Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti”, *Kaynak Tekniği El Kitabı*, İ.T.Ü Kütüphanesi, İstanbul, (1981).
- [21] <http://www.arsiv.mmo.org.tr/pdf/11072.pdf>
- [22] <http://www.arsiv.mmo.org.tr/pdf/11078.pdf>
- [23] Ekinci, Ş.: “Malzemelerin Ultrasonik Testi Seviye 1”, Çekmece Nükleer Araştırma Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2002).
- [24] Kökdemir, E.: “Alaşımsız Yapı Çeliği Levhalarında Kaynak Dikişlerinin Ultrasonik Muayenesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2007) 29-80.
- [25] Berke, M.; Hoppenkamps, U.: “Testing Materials Ultrasonically” *Krautkrämer Training System*, Level 1, 3rd Edition (1990).
- [26] Berke, M.; Hoppenkamps, U.: “Practical Training With Digital Ultrasonic Instruments”, *Krautkrämer Training System*, Part 4, 3rd Edition, (1992).
- [27] Corsepius, H.W.: “Nondestructive Testing of Materials Using Ultrasonics, Introduction to Basics”, Special Issue 218, USA, (1977).
- [28] Krautkrämer, J.; Krautkrämer, K.: “Ultrasonic Testing of Materials”, Krautkrämer GmbH & Co., 4th Edition, Springer-Verlag, (1990).
- [29] Baikie, B.L.; Wagg, A.R.; Whittle, M.J.; Yapp, D.: “Ultrasonic Inspection of Austenitic Welds”, *J. Br. Nuclear Energy Soc.* 15, (1976) 257-261.

ÖZGEÇMİŞ

22.08.1985 yılında Bitlis’te doğdum. İlkokulu 3. sınıfa kadar Bitlis Gazi Paşa ilkokulunda okudum. 4 ve 5. sınıfı İzmir Tuğsavul ilkokulunda okudum. Ortaokul öğrenimimi Buca Saadet Emir ilköğretim okulunda tamamladım. 2002 yılında Buca Anadolu Teknik, Teknik ve Endüstri Meslek lisesinden metal işleri bölümü diplomasını alarak mezun oldum. 2008 yılında Marmara Üniversitesi’nden yine aynı branşta teknik öğretmenlik eğitim ve öğretim sürecini tamamlayarak mezun oldum. 2009 yılında yapılan Yüksek Lisans sınavı sonucunda Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metal Eğitimi bölümüne kayıt yaptırmaya hak kazandım. Halen Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metal Eğitimi bölümü Yüksek Lisans öğrencisiyim.