

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEMİ SAÇLARININ KAYNAK BAĞLANTILARINDA
KAYNAK PARAMETRELERİNİN DİKİŞ
GEOMETRİSİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Teknik Öğrt. Ahmet SÜZEN

Enstitü Anabilim Dalı : METAL EĞİTİMİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Salim ASLANLAR

Mayıs 2009

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

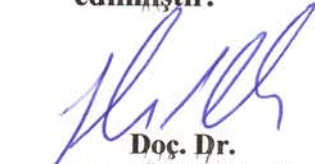
**GEMİ SAÇLARININ KAYNAK BAĞLANTILARINDA
KAYNAK PARAMETRELERİNİN DİKİŞ
GEOMETRİSİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

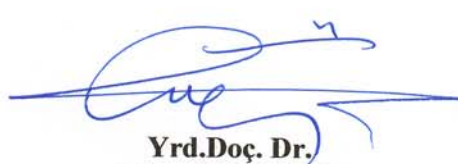
YÜKSEK LİSANS TEZİ


Teknik Öğrt. Ahmet SÜZEN

Enstitü Anabilim Dalı : METAL EĞİTİMİ

Bu tez 05 / 06 /2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


**Doç. Dr.
Salim ASLANLAR
Jüri Başkanı**


**Yrd.Doç. Dr.
Uğur ÖZSARAC
Üye**


**Yrd.Doç. Dr.
Erdinç İLHAN
Üye**

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi ve sonuçlandırılmasında bana her türlü yardımı esirgemeyen hocam Doç. Dr. Salim ASLANLAR' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Destek ve yardımlarından dolayı Arş.Gör. Murat ÇOLAK' a teşekkür ederim. Ayrıca Dentaş Tersanesinde görev yapan Gemi İnşaa Mühendisi sayın Deniz GÜRAY' a , kaynak ustası Mehmet CESUR' a desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilir saygılarımı sunarım.

Bu çalışmalarım sırasında bana her türlü maddi ve manevi desteği gösteren aileme, sabırla beni destekleyen eşime ve dualarıyla benim yanımda olan tüm sevdiklerime teşekkür ederim.

Teknik Öğret. Ahmet SÜZEN

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
SUMMARY.....	xiv

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
------------	---

BÖLÜM 2.

TERSANE ÇELİKLERİNİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ.....	3
2.1. Giriş.....	3
2.2. Oksijeni Alma İşlemleri.....	3
2.2.1. Kaynar çelikler (U).....	4
2.2.2. Durgun çelikler (R).....	4
2.2.3. Yarı durgun çelikler.....	5
2.2.4. Isıl işlem.....	5
2.2.5. Levhalar.....	5
2.3. Yüksek Mukavemetli Çelikler.....	6
2.3.1. Çeliğin çentik sertliği özellikleri.....	7
2.3.1.1. Dönüşüm sıcaklığı.....	7
2.3.1.2. Levha kalınlığının etkisi.....	7
2.4. Haddelenmiş Levhaların Yönel Özellikleri.....	8
2.5. Soğuk Şekillendirmenin Malzemeye Etkisi.....	8

2.6. Kaynak Metalinin Çentik Sertliği ve Isı Geçiş Bölgesi.....	9
BÖLÜM 3.	
ELEKTRİK ARK KAYNAĞI.....	10
3.1. Giriş.....	10
3.2. Ark.....	11
3.2.1. Arkta meydana gelen olaylar.....	12
3.3. Elektrot Örtüsünü Oluşturan Maddelerin Görevleri.....	13
3.4. Kullanılan Örtülü Elektrotların Çalışma Karakteristikleri.....	13
3.4.1. Bazik örtülü elektrotların özellikleri ve kullanım alanları.....	14
BÖLÜM 4.	
MIG-MAG KAYNAK YÖNTEMİ.....	18
4.1. Giriş.....	18
4.2. MIG-MAG Kaynağının Çalışma Prensibi ve Özellikleri.....	20
4.3. Damla İletim Mekanizmaları.....	21
4.3.1. Kısa devre iletimi (kısa ark).....	22
4.3.2. İri damla iletimi (uzun ark).....	23
4.3.3. Sprey iletimi.....	23
BÖLÜM 5.	
TOZALTI KAYNAĞI.....	25
5.1. Giriş.....	25
5.2. Tozaltı Kaynağında Kullanılan Kaynak Tozları.....	28
5.2.1. Ergimiş kaynak tozları.....	29
5.2.2. Aglomere edilmiş kaynak tozları.....	30
5.3. Kaynak Arkında Oluşan Reaksiyonlar.....	31
BÖLÜM 6.	
TAHRİBATLI VE TAHRİBATSIZ TESTLER.....	32
6.1. Giriş.....	32
6.2. Tahribatlı Testler.....	32

6.2.1. Çekme deneyi.....	32
6.2.2. Eğme deneyi.....	35
6.2.3. Çentik darbe deneyi.....	38
6.2.4. Sertlik ölçme deneyi.....	40
6.2.4.1. Mikro-sertlik deneyi.....	42
6.3. Tahribatsız Testler.....	43
6.3.1. Radyografik muayene.....	44
BÖLÜM 7.	
DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	46
7.1. Giriş.....	46
7.2. Test Parçalarının Hazırlanması.....	46
7.3. Test Parçalarına Farklı Kaynak Yöntemlerinin Uygulanması.....	47
7.4. Kaynaklı Numunelerin Gözle Muayenesi.....	57
7.5. Radyografik Yöntemle Yapılan Muayene.....	57
7.6. Deney Numunelerin Çıkarılması.....	61
7.7. Çekme Testi Numunesinin Hazırlanması ve Yapılması.....	61
7.8. Eğme Deney Numunesinin Hazırlanması ve Yapılması.....	62
7.9. Çentik Darbe Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Yapılması....	63
7.10. Makro-Mikro Yapı İncelemeleri ve Sertlik Ölçümünün Yapılması	63
BÖLÜM 8.	
DENEYSEL SONUÇLAR.....	65
8.1. Çekme Deneyi Sonuçları.....	65
8.2. Eğme Deneyi Sonuçları.....	73
8.3. Çentik Darbe Deneyi Sonuçları.....	77
8.4. Makro ve Mikro yapı İncelemeleri ve Sonuçları.....	81
8.5. Sertlik Sonuçları.....	95
BÖLÜM 9.	
GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	100
9.1. Genel Sonuçlar.....	100

9.2. Öneriler.....	102
KAYNAKLAR.....	103
ÖZGEÇMİŞ.....	104

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

GRADE	: Gemi saclarının kalite standardı
MIG-MAG	: Metal inert gaz-Metal aktif gaz kaynağı
SAW	: Tozaltı kaynağı
SMAW	: Örtülü elektrotla ark kaynağı
FCAW	: Özlü telle gazaltı kaynağı
TIG-WIG	: Tungsten inert gaz-Wolfram inert gaz
ITAB	: Isı tesiri altında kalan bölge
DIN	: Alman normu
TSE	: Türk standartları enstitüsü
DC-AC	: Doğru akım-Alternatif akım
σ	: Orantı sınırı
ε	: Birim uzama
E	: Elastik modülü
σ_a	: Akma dayanımı
$\sigma_{\check{c}}$: Çekme dayanımı
lk	: Kopma sonrası toplam boy
l_0	: Numunenin ilk boyu
K.M	: Kırılma modülü
D	: Numune çapı
B	: Numune genişliği
Me	: Eğme momenti
P	: Uygulanan yük
L	: Mesnetler arası uzaklık
Z	: Kesit modülü

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Elektrik ark kaynağının çalışma prensibi.....	11
Şekil 3.2.	Ark oluşumu (çarpma iyonizasyonu).....	12
Şekil 3.3.	Bazık örtülü elektrotta damla geçişi.....	16
Şekil 4.1.	MIG_MAG kaynak yöntemi.....	18
Şekil 4.2.	MIG_MAG kaynağının prensibi.....	20
Şekil 4.3.	MIG_MAG kaynak donanımı.....	21
Şekil 4.4.	Kısa damla iletimi.....	22
Şekil 4.5.	Eksenel sprej iletimi.....	24
Şekil 5.1.	Tozaltı kaynağı yönteminin şematik gösterimi.....	26
Şekil 5.2.	Tozaltı kaynağının çalışma prensibi.....	27
Şekil 5.3.	Elektrik ark kaynağı ve tozaltı kaynağında ısı bilançosu.....	28
Şekil 6.1.	Çekme deneyinin şematik olarak uygulanması.....	33
Şekil 6.2.	Çekme deneyinde gerilim-gerinim eğrisi.....	35
Şekil 6.3.	Eğme deneyi şeması.....	36
Şekil 6.4.	Çentik darbe deneyi.....	39
Şekil 6.5.	Sertlik deneyi bilya çeşitleri.....	41
Şekil 6.6.	Mikro-sertlik deneyinin yapılaş şeması.....	43
Şekil 6.7.	Radyografik muayenenin prensibi.....	45
Şekil 7.1.	Test parçaları.....	46
Şekil 7.2.	Elektrik ark kaynaklı numunelerin montaj dizayn detayı.....	48
Şekil 7.3.	MIG-MAG kaynaklı numunelerin montaj dizayn detayı.....	51
Şekil 7.4.	Tozaltı kaynaklı numunelerin montaj dizayn detayı.....	54
Şekil 7.5.	Kaynaklı numunelerin gözle muayenesi.....	57
Şekil 7.6.	Radyografik yöntemle test numunelerin filmlerinin görüntüleri.....	58
Şekil 7.7.	Radyografik test raporu.....	60
Şekil 7.8.	Kaynaklı levhalardan test parçalarının çıkarılması.....	61

Şekil 7.9.	DIN 50120 standardına göre çekme test numunesi.....	62
Şekil 7.10.	DIN 17100 standardına göre eğme test numunesi.....	62
Şekil 7.11.	TS EN 10045-1 standardına göre çentik darbe test parçası.....	63
Şekil 7.12.	Sertlik alınan bölgeler.....	64
Şekil 8.1.	Elektrik ark kaynaklı E1 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	65
Şekil 8.2.	Elektrik ark kaynaklı E2 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	66
Şekil 8.3.	Elektrik ark kaynaklı E3 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	66
Şekil 8.4.	Elektrik ark kaynaklı E1, E2, E3 numunelerinin çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrilerinin aynı grafik üzerinde gösterilmesi.....	66
Şekil 8.5.	Gazaltı kaynaklı G1 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	67
Şekil 8.6.	Gazaltı kaynaklı G2 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	67
Şekil 8.7.	Gazaltı kaynaklı G3 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	67
Şekil 8.8.	Gazaltı kaynaklı G1, G2, G3 numunelerinin çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrilerinin aynı grafik üzerinde gösterilmesi.....	68
Şekil 8.9.	Tozaltı kaynaklı T1 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi	68
Şekil 8.10.	Tozaltı kaynaklı T2 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	68
Şekil 8.11.	Tozaltı kaynaklı T3 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	69
Şekil 8.12.	Tozaltı kaynaklı T1, T2, T3 numunelerinin çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrilerinin aynı grafik üzerinde gösterilmesi.....	69

Şekil 8.13.	Numunelerin çekme deneyi sonrasında a) Akma mukavemetlerinin b) Çekme mukavemetlerinin c) Kopma mukavemetlerinin karşılaştırılması.....	70
Şekil 8.14.	Çekme deneyinin yapılışı ve deney sonrasında test parçasının Biçimleri.....	71
Şekil 8.15.	Çekme deneyi sonrasında oluşan kırılmaların sünek kopma Biçimleri.....	72
Şekil 8.16.	Çekme deneyi sonrasında numunelerin %uzamalarının Karşılaştırılması.....	72
Şekil 8.17.	Eğme testi sonrası test parçalarının şekilleri.....	73
Şekil 8.18.	Kaynaklı test parçalarının kök paso eğme deney sonuçları.....	74
Şekil 8.19.	Kaynaklı test parçalarının kep eğme deney sonuçları.....	74
Şekil 8.20.	Eğme deneyi esnasında numunelerde oluşan a) kök eğmesi sırasında oluşan gerilmeler b) kep eğmesi sırasında oluşan gerilmeler.....	75
Şekil 8.21.	Eğme deneyi sonuç raporu.....	76
Şekil 8.22.	E1 numunesi çentik darbe deney sonucu.....	77
Şekil 8.23.	E2 numunesi çentik darbe deney sonucu.....	77
Şekil 8.24.	E3 numunesi çentik darbe deney sonucu.....	78
Şekil 8.25.	G1 numunesi çentik darbe deney sonucu.....	78
Şekil 8.26.	G2 numunesi çentik darbe deney sonucu.....	78
Şekil 8.27.	G3 numunesi çentik darbe deney sonucu.....	79
Şekil 8.28.	T1 numunesi çentik darbe deney sonucu.....	79
Şekil 8.29.	T2 numunesi çentik darbe deney sonucu.....	79
Şekil 8.30.	T3 numunesi çentik darbe deney sonucu.....	80
Şekil 8.31.	Deney numunelerinin çentik darbe deney sonuçları.....	80
Şekil 8.32.	Çentik darbe deney sonrası test parçalarının şekilleri.....	81
Şekil 8.33.	Kaynak damla geometrisi.....	82
Şekil 8.34.	Test parçalarının kaynak damla geometri fotoğrafları.....	84
Şekil 8.35.	(E1 numunesi) Elektrik ark kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları.....	86

Şekil 8.36.	(E2 numunesi) Elektrik ark kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları.....	87
Şekil 8.37.	(E3 numunesi) Elektrik ark kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları.....	88
Şekil 8.38.	(G1 numunesi) Mıg-Mag kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları.....	89
Şekil 8.39.	(G2 numunesi) Mıg-Mag kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları.....	90
Şekil 8.40.	(G3 numunesi) Mıg-Mag kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları.....	91
Şekil 8.41.	(T1 numunesi) Tozaltı kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları.....	92
Şekil 8.42.	(T2 numunesi) Tozaltı kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları.....	93
Şekil 8.43.	(T3 numunesi) Tozaltı kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları.....	94
Şekil 8.44.	Sertlik alınan bölgeler.....	95
Şekil 8.45.	Sertlik deneyi E1 numunesi sonuçları.....	96
Şekil 8.46.	Sertlik deneyi E2 numunesi sonuçları.....	96
Şekil 8.47.	Sertlik deneyi E3 numunesi sonuçları.....	96
Şekil 8.48.	Sertlik deneyi G1 numunesi sonuçları.....	97
Şekil 8.49.	Sertlik deneyi G2 numunesi sonuçları.....	97
Şekil 8.50.	Sertlik deneyi G3 numunesi sonuçları.....	97
Şekil 8.51.	Sertlik deneyi T1 numunesi sonuçları.....	98
Şekil 8.52.	Sertlik deneyi T2 numunesi sonuçları.....	98
Şekil 8.53.	Sertlik deneyi T3 numunesi sonuçları.....	98
Şekil 8.54.	Sertlik deney sonuçları.....	99

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1.	Elektrod örtüsünü oluşturan maddelerin görevleri.....	13
Tablo 7.1.	Farklı kaynak yöntemi uygulanan numunelerin gruplandırılması...	47
Tablo 7.2.	Elektrik ark kaynağı 1 numune kaynak parametreleri.....	48
Tablo 7.3.	Elektrik ark kaynağı 2 numune kaynak parametreleri.....	49
Tablo 7.4.	Elektrik ark kaynağı 3 numune kaynak parametreleri.....	49
Tablo 7.5.	AH 36 gemi sacının kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	50
Tablo 7.6.	B-248 elektrodun kimyasal ve mekanik özellikleri.....	50
Tablo 7.7.	Gazaltı kaynağı 1 numune kaynak parametreleri.....	51
Tablo 7.8.	Gazaltı kaynağı 2 numune kaynak parametreleri.....	52
Tablo 7.9.	Gazaltı kaynağı 3 numune kaynak parametreleri.....	52
Tablo7.10.	AH 36 gemi sacının kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	53
Tablo7.11.	SG3 telin kimyasal ve mekanik özellikleri.....	53
Tablo7.12.	Tozaltı kaynağı 1 numune kaynak parametreleri.....	54
Tablo7.13.	Tozaltı kaynağı 2 numune kaynak parametreleri.....	55
Tablo7.14.	Tozaltı kaynağı 3 numune kaynak parametreleri.....	55
Tablo7.15.	AH 36 gemi sacının kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	56
Tablo7.16.	S2 tozaltı telinin kimyasal ve mekanik özellikleri.....	56
Tablo7.17.	ELIFLUX BFB tozaltı tozunun kimyasal ve mekanik Özellikleri.....	56
Tablo 8.1.	Numunelerin kaynak geometrileri.....	82
Tablo 8.2.	Test parçalarının sertlik değerleri.....	99

ÖZET

Anahtar kelimeler: Elektrik Ark Kaynağı, MIG-MAG Kaynağı, Tozaltı Kaynağı, Mekanik Özellikler, Mikro yapılar

Günümüzde en yaygın olarak kullanılan birleştirme yöntemlerinden biri olan kaynak işleminde malzemenin kaynak sonrası davranışlarını önceden tahmin edebilmek, kaynaklı yapının mukavemeti ve çalışma verimi açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada, çeşitli kaynak yöntemleri kullanılarak kaynak edilmiş parçaların kaynak metali, ısının tesiri altında kalan bölge ve esas metal bölgelerinin mekanik özelliklerini, çekme, eğme, çentik darbe ve mikro sertlik numuneleri kullanılarak belirlemek amacıyla deneysel bir araştırma yapılmıştır. Ayrıca kaynaklı numunelerin mikro yapıları incelenerek tahribatsız olarak değerlendirilmeleri yapılmıştır.

THE INSPECTION OF THE EFFECT OF THE WELDING PARAMETERS OF METAL SHEET OF SHIP IN WELDED CONNECTIONS TO THE WELD SEAM GEOMETRY

SUMMARY

Key Words: Electrical arc Welding, MIG-MAG Welding, flux cored arc Welding, submerged arc Welding, mechanical properties

It is quite important to foresee the post-welding behaviors of the equipment for the strength and yield of the welded part in Welding-which is most commonly used way of combination nowadays in this study, using shrinkage, bending, notch and micro hardness samples, an experimental research is done to determine the mechanical properties of the actual metal areas, the area affected by the heat and Welding metal of the parts which were welded by using various Welding methods. Also by examining the micro structure of the welded samples, they were evaluated as undestructed.

BÖLÜM 1.GİRİŞ

Gemi inşaatında kullanılan malzemelerin teknik özelliklerinden bahsettiğimizde gemi üzerine gelecek çekme, basma ve kesme gerilmelerini karşılayabilme özelliği, sertliği, sünekliği, kırılganlığı, yorulmaya dayanımı, yoğunluğu ile yanma mukavemeti gibi özellikler anlaşılmalıdır. Gemi inşaatında genelde kullanılan çelik; fiyat, özellik ve bulunabilirlik yönünden uygun olan "yumuşak çelik" malzemedir. Soğuk ve sıcak şekil vermeye ve kaynağa uygun olan bu malzemenin işleme sıcaklıklarında mekanik özelliklerinde önemli bir değişme gözlenmez. Ancak çok düşük sıcaklıklarda darbe sertliğini kaybeder, kırılganlık kazanır ve yapıda kırılganlık zafiyeti yaratabilir. Bir çeliğin gemi inşaatında kullanılabilmesi için gemiyi belgeleyecek klas kurumunca denetlenmiş, test edilmiş ve damgalanmış olması gerekir. Klas kurumları gemi inşaatında kullanılan çelikleri belirli bir gruptandırmaya tabi tutmuş ve bunlara A'dan E'ye semboller vermiştir. Genel olarak A ve B yumuşak çelik türleridir.

Gemi inşasında kullanılan sacları birleştirme tekniklerinde çoğunlukla birçok kaynak yöntemi kullanılmaktadır. Örtülü elektrodla ark kaynağı ilk kaynak yöntemi olması, basit kaynak ekipmanlarına sahip olması nedeniyle ilk olarak kullanılan kaynak yöntemidir. Zamanla bu kaynak yönteminin bulunan dezavantajları nedeniyle yarı-otomatik bir yöntem olan Mıg-Mag kaynağı kullanılmaya başlanmıştır.

Mıg-Mag kaynağında sürekli tel elektrot olması ve kaynak hızının yüksek olması ısı girdisinin azalmasına ve otomasyon sistemlerine rahatlıkla uygulanmasını sağlamıştır. Tersanelerimizde kapalı alanların yetersiz olması (açık alanda yeterli gaz korumasının sağlanamaması) ve kaynaktan önce kaynak ağzı hazırlıklarının (yağ, pas, cüruf ve nemin yüzeyden arındırılması) istenilen standartlarda yapılmaması durumunda özlü telle gazaltı kaynağında, genellikle gözenek ve cüruf kalıntısı hataları oluşmaktadır.

Tozaltı kaynak yöntemi ise yüksek amperle akım yapılması yüksek nüfuziyet elde edilmesini sağlamıştır. Dikiş yüzeyi diğer kaynak usullerine göre çok iyidir.

Bu çalışmada AH 36 gemi sacları alınmış ve bu numunelere farklı kaynak yöntemleri ile kaynak yapılmıştır. Daha sonra bu kaynaklı bağlantıların tahribatlı ve tahribatsız deneylerle mekanik özellikleri araştırılmıştır.

BÖLÜM 2.TERSANE ÇELİKLERİNİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ

2.1. Giriş

Gemilerde kullanılan çelikler başlıca şu dört yöntemden biri ile yapılmaktadır. Gemi çeliklerinde yüksek mukavemet ve korozyona karşı dayanım aranan en büyük özelliklerdendir.

- a) Siemens-Martin
- b) Thomas yöntemi
- c) Bazik oksijen veya oksijen üfleme yöntemi
- d) Elektrik ark yöntemi.

Siemens-Martin yöntemi fırınları gemilerde kullanılan çeliklerin büyük bir kısmının yapımında senelerce kullanıldı. Daha yeni olan bazik oksijen yönteminde ise reaksiyonun hızını arttırmak için oksijen kullanılır. Çeliğin üretim aşamasının çok az bir bölümünde elektrik fırınları kullanılmaktadır. Bu elektrik fırınları daha çok alaşımlı çeliklerin, çelik dökümlerin yapımında kullanılmaktadır[1].

2.2. Oksijeni Alma İşlemleri

Çelik yapımında metalürjik durumları göz önüne alan birinci derecede reaksiyon karbon ve oksijen karışımının bir gaz ortamı oluşturmasıdır. Çelik yapımında kullanılan yöntem ve oksijeni alma işlemi elde edilen çeliğin türünü oluşturur. Oksit giderme işleminde oksijene karşı kimyasal ilgileri demirden daha fazla olan aşağıdaki elementlerden yararlanılır.

Mn-V-C-Si-Ti-B-Zr-Al

2.2.1. Kaynar elikler (U)

Bu tür çeliklerin oksijeni az miktarda alınmış olup genel olarak 12,5 mm kalınlığa kadar olan levhaların yapımında kullanılırlar. Bu nedenle bu çeliğin kullanım alanı daha az önemli elemanların imalatıyla sınırlı tutulmuştur. Gözeneksiz, karbon ve katışıkları çok az olan demir tabakası kaynar çelikler için karakteristiktir.

2.2.2. Durgun elikler (R)

Tamamen oksijeni alınmıştır olup en önemli tekne bünyesel elemanları için önerilmektedir. Eş dağılmış yani homojen olan içyapısı bu tür çelikleri bilhassa kalın levhalar için çok uygun kılar. Oksit giderme işlemi silisyum ve alüminyumun yardımıyla gerçekleştirilir. Durgun elik imali için silisyum katkısının %0,10 dan daha fazla olması gerekir. Durgun elik katılaşmaya başladığında elde edilen ingotun st bölümlerinde belirli büzülme oyukları veya boru şeklindeki, gaz boşlukları meydana gelir. İngotun bu kısmı (lunker) kesilerek atılır. Kafa lunkerleri blok haddesinde kesilir. Dolayısıyla durgunlaştırılmış çelikte üretim verimi durgunlaştırılmamış çeliklerden biraz daha düşüktür. Makro segragasyonlar kaynar çeliğe göre yok denecek kadar azdır.

Kaynar elik ingotlarındaki gibi demir tabakası bulunmadığından durgun çeliklerde haddelenen yarı mamullerin yüzey kalitesi iyi değildir. Derin ekme saçları bu nedenle çoğunlukla kaynar veya şekil değiştirme kabiliyetine büyük önem veriliyorsa düşük karbonlu özel durgun çeliklerden imal edilirler[1].

2.2.3. Yarı durgun çelikler

Durgun çeliğe oranla daha az oksijeni alınmıştır. Daha az oksijeni alınmış olmasına karşın kaynar çeliğe oranla daha çok kullanılır. Yapımı durgun çelikten daha ucuz ve içinde boru şeklindeki gaz boşlukları daha az bulunduğu için kaynak edilen çeliklerde daha çok kullanılır. Yani kaynak kabiliyetleri yeterli düzeydedir. Bu yüzden levha ve profil olarak gemilerde kullanılan çeliklerin büyük çoğunluğu yarı durgun çelikten yapılır.

2.2.4. Isıl işlem

Gemi yapımında kullanılan çeliğin büyük bir bölümü haddelenmiş olarak piyasaya sunulur. Bununla beraber geminin kritik bölgeleri için çentik mukavemeti yüksek olan malzeme veya yüksek mukavemetli çelikler istendiğinde normalizasyon ısıl işlemi istenir. İç yapının inceltilmesi çelik ölçülü oranlarda alüminyum veya diğer yapı inceltici elemanların katkısıyla elde edilir. Tamamen öldürülmüş, ince taneli normalize edilmiş karbon çeliği kontrollü bir kimyasal birleşme uygun olarak istenirse çentik darbe dayanımı yüksek olan çelikler elde edilebilir. Su verme ve temperleme işlemleri ile daha sert ve yüksek mukavemetli çelikler elde edilebilir. Fakat bu işlemler düşük alaşımlı veya alaşımsız çelikler için kullanılır[1].

2.2.5. Levhalar

Levhalar üç tür işlemle elde edilmekte olup bunlar; kenar kesmeli levhalar, düz haddelenen levhalar veya devamlı şerit hadde levhalarıdır.

Kenar kesmeli levhalar her iki yönde haddeleme özelliği taşımaktadır. Her iki yönde haddeleme işlemine cross rolling adı verilir. Bitirme işlemleri arasında soğutma, düzeltme, serme, damgalama, kesme ve kontrol bulunmaktadır. Bu türde yapılan

çeliklerin genellikle boyuna ve enine doğrultularda çok iyi çentik mukavemetleri vardır.

Düz haddelenen levhaların, her iki yönde haddeleme işleminden geçirilmedikleri için enine doğrultuda düşük uzama özelliği vardır. Bu tür çelik üreten fabrikalarda biri yatay diğeri düşey doğrultuda iki adet hadde vardır. Düşey hadde silindiri yan kesme olmadan levhanın enine boyutunu elde eder.

Devamlı şerit haddeleme işlemi daha çok ince ve geniş levhaların yapımında kullanılır. Ara sıra kütükler devamlı şerit haddelemeye girmeden önce belirli bir derecede her iki yönde haddeleme işleminden geçerler. Bu durumda levhaların her iki doğrultudaki nitelikleri kenar kesmeli ve devamlı şerit hadde işlemleri ile yapılan çeliklerinkinin arasındadır.

2.3. Yüksek Mukavemetli Çelikler

İstenilen mekanik özellikler ve kaynağa elverişlilik bakımından yüksek mukavemetli çeliklerin seçimi büyük bir özenle yapılmalıdır. Yüksek mukavemetli çelik saçların gemilerde kullanılması iki gruba ayrılabilir.

a) Akma sınırı 345 MPA =50.000 psi= 3502 kg/mm² olan yüksek mukavemetli karbon çelikleri.

b) Akma sınırı 690 MPA =100.000 psi =70,4 kg/mm²'ye kadar çıkan düşük alaşımlı sulama yoluyla hızlı soğutulmuş ve temperlenmiş çelikler.

Yüksek mukavemetli çelikler genelde şu durumlarda kullanılırlar.

1-Geminin çelik tekne ağırlığını azaltmak

2- Yüksek gerilmelerin olduğu bölgelerde çok kalın levhaların kullanılmasını önlemek için. Düşük alaşımlı nikel çelikleri alçak, bilhassa -57 derecenin altında sıcaklık isteyen yerlerde üstün çentik mukavemetli oldukları için yüksek gerilmelerin olduğu yerlerde kullanılırlar.

2.3.1. Çeliğin çentik sertliği özellikleri

Malzemenin çentik sertliği veya çarpmalara dayanıklılığı, yük altındaki plastik şekil değiştirmesinde yuttuğu enerji olarak tanımlanır. Malzemenin bu özelliği metalürjik veya mekanik çatlamlar ya da çentiklerin oluşması esnasında ansızın çatlamaya karşın dayanıklılığını artırır. Çatlamadan önce çok az veya hiç enerji plastik olarak yutulmamışsa ve kopma yarık tipinde ise malzeme gevrek olarak tanımlanır. Çeliğin bu özelliği büyük ölçüde sıcaklığa bağlı olduğundan dönüşüm sıcaklığı çentik sertliği için bir kriter olmuştur. Gerçekte dönüşüm dar bir sıcaklık bölgesinde oluşur.

2.3.1.1.Dönüşüm sıcaklığı

Çentik sertliği belirlemede en çok kullanılan yöntem V çentik darbe deneyidir. Ağırlık düşürme deneyi genel olarak bunun yerine geçerli bir yöntem kabul edilir ve gerçek dönüşüm sıcaklığını belirlemede daha geçerli sayılır. V çentik darbe deneyleri ASTM A 370'de belirlenmiştir. Ağırlık düşürme deneyleri ise ASTM E 208'de verilmiştir. Deney parçasının, yapının şeklinin veya geometrisinin dönüşüm sıcaklığındaki etkisinin çok fazla olduğunu unutmamak gerekir. Keskin çentikli ve dayanıklı deney parçalarının dönüşüm sıcaklıkları daha fazla olacak ve daha kalın malzemeden alınan deney parçalarının dönüşüm sıcaklığı benzer daha küçük deney parçalarınınkinden daha fazla olacaktır. Geometrinin etkisine ek olarak dönüşüm sıcaklığı aynı zamanda kullanılan çeliğin türüne germe oranı ve yükleme dereceleri ile beraber yükselirler.

2.3.1.2.Levha kalınlığının etkisi

Metalürjik bakımdan aynı gruptan veya dökümden bir çelik için daha kalın levhalar ince levhalara göre çentik etkisine daha fazla duyarlıdır. Bu durum daha fazla çelik fabrikasında haddeleme sırasındaki bitirme sıcaklıklarındaki değişikliklere

bağlıdır. Levha kalınlığını 12,5 mm den 38 mm ye artırmak bazı durumlarda çarpma dönüşüm sıcaklığını 10 ila 20 derece arasında yükseltir. Levhanın kalınlığı artarken, kalınlık yönündeki şekil değiştirme yeteneği azalır. Bu nedenden dolayı geometrik açıdan bir çentik dolayındaki kalınlık artışı karşı gerilimi çoğaltır ve gevreklik bozulma olasılığını artırır. Belirli yerlerde, daha kalın levhalar için daha büyük çentik sertliği olan çelik kullanma yoluyla bu kalınlık etkisi ortadan kaldırılabilir. Her şeye rağmen kalın levhaların kullanılmasında yerleri neresi olursa olsun çok dikkatli davranmak gerekir[1].

2.4. Haddelenmiş Levhaların Yönel Özellikleri

Levhalar haddelenirken içyapı haddeleme yönünde uzar. Sonuç olarak boyuna alınan deney parçalarının çentik vurma değerleri enine alınan deney parçalarınınkinden daha yüksek olarak bulunur. Bu nedenden dolayı gemilerin kaplama saçlarının sarılmasında levhaların baş ve kış yönlerinde boyuna olarak bulunmasına dikkat edilmelidir. Böylece haddelemenin boyuna olduğu yönde gelecek olan gerilmelere uygun hareket edilmiş olur. Kalınlık boyunca yani levha yüzeyine dik yönde levhaların çentik sertliği daha azdır. Buna ek olarak kalınlık yönünde levhanın kopma mukavemeti ve esnekliği azalmaktadır. Bu nedenden levhaların kalınlığı yönünde yüksek yüksek kopma gerilmelerinin taşınmasını istemeyen dizaynlar kullanılmalıdır.

2.5. Soğuk Şekillendirmenin Malzemeye Etkisi

Soğuk şekil verme; malzemedeki değişik hasarlar oluşturur. Birinci olarak flençleme veya fazla şekil verme sonucu malzeme yüzeyinde çatlaklar v.b kusurlar oluşur. İkinci olarak aşırı derecede soğuk şekil verilmiş parçalarda çentik dayanımında ve sertlikte düşme gözlemlenir. Bazı çeliklerde gerilmelerin sürekliliği sonucunda ters birer etki oluşabilir ki bunu da orta dereceli bir ısıtma hızlandırır.

Soğuk şekillendirmede çentik sertliğindeki azalma çelik yaklaşık olarak %3 'den fazla gerildiği zaman ortaya çıkar. Karine döküm saçların veya şiyer-stringer döküm saçların haddelenmesi sorun yaratmaz. Bununla beraber kalın saçların ufak yarıçaplara haddelenmeleri çentik sertliğini etkiler. Tekne çeliğinin zorlanma yaşlanması genellikle az görülen bir olay olmakla birlikte buna karşın gerekli önlemler; Bessemer çeliği zorlanma sonucu yaşlanmada esnekliğinden çok kaybettiği için bu tür çeliğin soğuk şekil verilmesi gerekli herhangi bir yapısal eleman için kullanılmaması şeklinde algılanmalıdır. Bilhassa kalın levhalarda makasta kesilmiş kenarların düzeltilmesi buralardan herhangi birer çatlamanın başlaması olasılığını ortadan kaldırır[1].

2.6. Kaynak Metalinin Çentik Sertliği ve Isı Geçiş Bölgesi

Değişik türdeki çeliklerin oluşmasının başta gelen nedeni yapının tipine, levha kalınlığına ve kullanım sıcaklığına bağlı olarak değişik çentik sertliklerinin istenmesidir. Belirgin kaynak parametrelerini ve kullanma yöntemlerini seçerek kaynakta ve ısı geçiş bölgesinde kaynak metalinin en az çentik sertliği elde edilebilir. Bununla beraber yüksek ısı gerektiren kaynak işlemleri kullanıldığında genellikle özelliklerinde yeniden bir türleşme oluşur. Bu sebeple özel malzemelerin kullanılmasının istendiği yüksek gerilmelerin olduğu yerlerin kaynağında bazı kaynak işlemlerinin kullanılmasına izin verilmez.

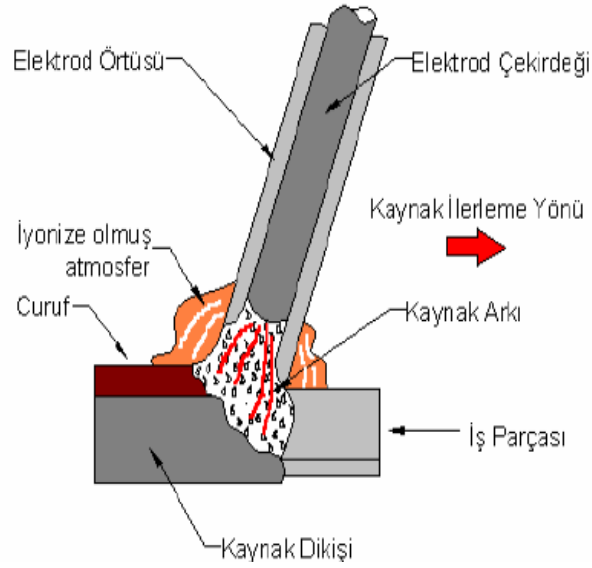
Aynı şekilde büyük döküm parçalarının yerini alan kaynaklı yapılarda elektrik, mag ve bazı çok telli tozaltı kaynak işlemleri çok pasolu kaynaklarla karşılaştırıldıklarında çentik sertliğini azaltmıştır. Çok yüksek sertlik özelliklerinin istendiği yerlerde tek pasolu kaynakların yokluğunda çok pasolu tozaltı kaynakları istenebilir. Bu bilhassa yüksek mukavemetli çelikleri ve alçak sıcaklıktaki kullanılacak çelikleri kaynatırken önemlidir. Darbe istekleri gittikçe artarken bilhassa -29 °C altındaki sıcaklıklarda ve yüksek mukavemetli çeliklerin kaynağında ana malzemenin darbe çentiği özelliklerine uygun kaynak oluşturabilmek oldukça zor ve pahalı olmaktadır. Bazı tozaltı kaynak işlemlerinde istenilen darbe çentiği özelliklerini elde edebilecek olan yöntemler henüz geliştirilmemiştir[1].

BÖLÜM 3. ELEKTRİK ARK KAYNAĞI

Kaynak aynı veya farklı ısısız özelliklerdeki malzemeleri, ilave dolgu metali kullanarak veya kullanılmadan, oluşan yüksek sıcaklıkta, ana malzemenin belli bir miktarının da ergiyerek iki malzemelerin birleştirilme yöntemine denilir. Kaynak yöntemleri ilave dolgu elektrodu kullanılması veya kullanılmamasına, kullanılan koruyucu ortamına, basınç uygulanmasına göre sınıflandırılır. İlave dolgu metali kullanılan yöntemlerde elektrotlar ise ergimeyen ve ergiyen tip olarak sınıflandırılır.

Ergimeyen elektrodun görevi yüksek sıcaklıklarda (3500°C–4000°C) ergimeden kalarak ark oluşumunu sağlamaktır. Özellikle TIG-WIG kaynaklarında kullanılan tungsten, wolfram en önemli ergimeyen elektrotlardandır. Ergiyen elektrotlar ise hem kaynak arkı oluştururken hem de ergiyerek ilave dolgu metali görevini üstlenir. Ergiyen elektrotlar ise örtülü, çıplak ve özlü elektrotlar olarak sınıflandırılır.

Örtülü elektrotlar ilk defa 1904 yılında üretilmeye başlanmış ve çıplak kaynak teli üzerine sarma, daldırma ve ekstrüzyon yolu ile örtü kaplanarak üretilmiş elektrotlardır. Örtü kaplanmasıyla kaynak esnasında örtünün oluşturduğu gaz ile ergiyen kaynak dikişi havanın olumsuz etkilerinden korunur ve cüruf tabakası oluştuktan sonra ergimiş kaynak metali yavaş soğuyarak ITAB' ta (Isı Tesiri Altındaki Bölge) oluşabilecek kırılğan faz önlenir[2].



Şekil 3.1. Elektrik ark kaynağının çalışma prensibi

Örtülü elektrotla ark kaynağının temel prensibi: kullanılacak elektrot genellikle kaynak makinesinin artı kutbuna, topraklama kablosunun ise eksi kutba bağlandıktan sonra elektroda gerilim uygulanır. Elektrot üzerinden yüksek miktarda akım (100-250A) geçişi sağlandıktan sonra; katot'tan yayılan elektronlar yüksek hızla anot kutbunu bombardıman etmeye başlar ve nötr moleküller iyonize olarak arkı oluştururlar. Oluşan ark sonrasında çok yüksek bir sıcaklık (2500°C–3500°C) ulaşılır ve hem ana metal hem de dolgu metali ergir. Ergiyen elektrot kaynak banyosuna farklı büyüklükteki (ince, orta, kaba) damlacıklar halinde düşer. Kaliteli kaynak dikişi için ark boyunun sabit tutulmaya çalışılması gerekir. Ark üfleme oluşumundan kaçınılması için, uygun kaynak parametreleri (akım, kaynak hızı) kullanılarak ve kaynakçının el melesini kontrol etmesi ile ark boyu sabit tutulabilir[2].

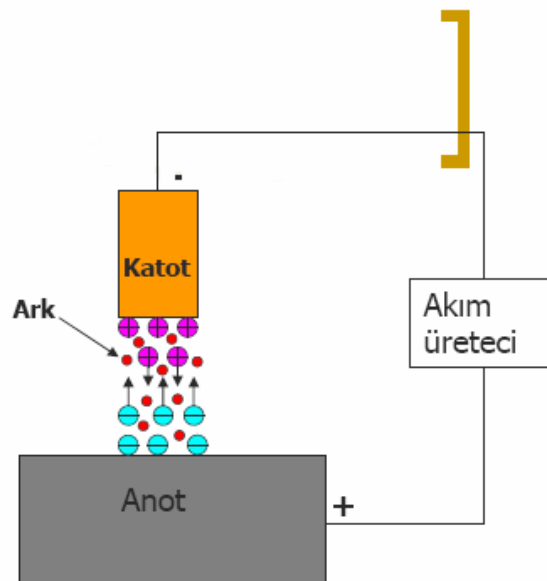
3.2. Ark

Arkın korunmasındaki amaç, kaynak çevresinde bulunan havanın birleştirme alanında oksitleme yapılmasını önlemek veya benzeri kimyasal olaylardan

korumaktır. Arkın korunması birkaç biçimde yapılmaktadır. Elektrot üzerinde bulunan örtünün ark sırasında yanması ile oluşan kesif dumanın korunması veya gaz ile yapılan korumalar en çok uygulananlardır. Ark kaynakları yarı otomatik, otomatik veya elle kumandalı olarak yapılmaktadır. Ark kaynak işlemleri oluş ve yapılış tekniği bakımından genel olarak metalik ark ve karbon arkı olmak üzere ikiye ayrılır. Metalik arkın oluşumu ve türleri çok önemlidir. Bunlar örtülü elektrotlar, koruyucu olarak yapıları kaynak telleri ve çıplak elektrotlardır[3].

3.2.1. Arkta meydana gelen olaylar

Hava, normal şartlar altında kötü bir elektrik iletkenidir. Arkın tutuşturulması ve sürdürülmesi için ilk olarak elektrik iletkenliğinin sağlanması gerekir. Bu durum iyonizasyon olarak adlandırılır. Bu durumda elektrot ile parça arasındaki boşlukta bulunan havanın molekülleri ve diğer gazlar, ilk olarak dissosiyasyon olur ve daha sonra da elektronlar ve iyonlar açığa çıkar. Ark içindeki elektronlar ve iyonlar, yük taşıyıcı olarak görev yaparlar. Pozitif ve negatif yük taşıyıcılar, ark içinde kendilerine uygun kutba doğru hareket ederler; diğer bir deyişle elektronlar anoda (pozitif kutba) doğru giderken iyonlar katoda (negatif kutba) doğru hareket eder. Bu nedenle ark içinde her iki yönde bir kutuplu bir akım akışı mevcuttur [şekil 3.2.].



Şekil 3.2. Ark oluşumu (çarpma iyonizasyonu)

3.3. Elektrod Örtüsünü Oluşturan Maddelerin Görevleri

Bir örtünün formülü hazırlanırken çok sayıda kimyasal bileşik kullanılır. Tablo 3.1. de çeliklerin kaynağında kullanılan örtülü elektrotların örtülerine katılan maddeler ve bunların görevleri verilmiştir.

Tablo 3.1. Elektrod örtüsünü oluşturan maddelerin görevleri

Madde	Esas Görevi	İkinci Görevi
Demir oksit	Cüruf oluşturur	Arkı kararlı kılar
Titanyum oksit	Cüruf oluşturur	Arkı kararlı kılar
Magnezyum oksit	Yüzey gerilimini ayarlar	-
Kalsiyum florid	Cüruf oluşturur	Yüzey gerilimini ayarlar
Potasyum silikat	Arkı kararlı kılar	Bağlayıcı *
Diğer silikatlar	Cüruf oluşturucu, bağlayıcı	Yüzey gerilimini ayarlar
Kalsiyum karbonat	Gaz oluşturur	Arkı kararlı kılar
Diğer karbonatlar	Gaz oluşturur	-
Selüloz	Gaz oluşturur	-
Ferro - manganez	Alaşımlandırma	Oksit giderici
Ferro - krom	Alaşımlandırma	-
Ferro - silisyum	Oksit giderici	-

* Bağlayıcı örtüye mukavemet kazandırır ve örtünün elektrod çekirdeğine yapışmasını sağlar.

3.4. Kullanılan Örtülü Elektrotların Çalışma Karakteristikleri

Çeliklerin kaynağında kullanılan dört temel grup elektrot mevcuttur. Bunlar örtülerinde, çalışma karakteristiklerini belirleyen, farklı temel katkı maddelerine sahiptirler[4].

- a) Asit örtüler
- b) Bazik örtüler
- c) Rutil örtüler
- d) Selülozik örtüler
- e) Demir tozu

3.4.1. Bazik örtülü elektrotların özellikleri ve kullanım alanları

Tersane uygulamalarında yoğun kullanım alanına sahip bazik elektrotların en önemli özelliği düşük hidrojen içeriğine sahip olmalarıdır. Sahip olduğu yüksek mekanik özellikleri, darbeye yüksek dayanım göstermeleri, dinamik zorlamalarda istenilen teknik özellikleri göstermesi nedeniyle tersanelerde ilk kullanılan kaynak yöntemidir. Bazik elektrot tersane uygulamalarında genellikle; armuz-sokra kaynaklarında, foundation, menhol, boru birleşimlerinde v.b. çelik tekne-teçhiz kaynaklı imalatlarında kullanılır[5].

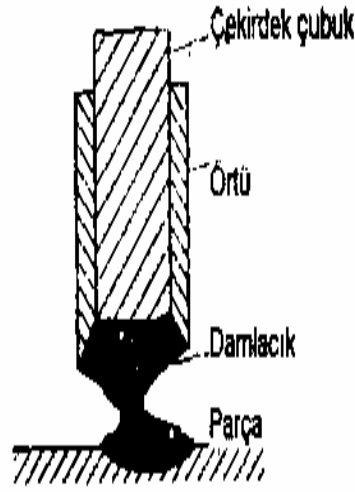
400 °C' de kurutulmuş bazik elektrotların hidrojen içeriği 10 ml/100 gr. dir. Bu özelliğinden dolayı "HİDROJEN KONTROLLÜ ELEKTROD" olarak adlandırılırlar. Yüksek mukavemetli çeliklerde ve kalın kesitli parçaların kaynaklarında güvenle kullanılabilir [5].

Bazik örtülü elektrotların özellikleri;

- a)Soğukta kaynağa olanak verir
- b)Kaynak dikişinin darbe dayanımı yüksek, sünek-gevrek geçiş sıcaklığı düşüktür.
- c)Kullanımı zor bir elektrot türüdür. Tecrübeli kaynakçıya gereksinim vardır. Ark boyu diğer elektrotlara nazaran daha kısa tutulmalıdır. (1/2xelektrod çapı gibi)
- d)Cürufu kolay kalkmaz.
- e)Genellikle DC akımda ve pozitif(+) kutupla kullanılırlar
- f)Nüfuziyetleri azdır.
- g)Kalın örtülü olduklarından damla geçişleri orta büyüklüktedir.
- h)Neme karşı çok hassas olup kullanılmadan önce mutlaka kurutulmalıdır

Genellikle katın örtülü olarak üretilen bazik karakterli elektrotların örtüsü, kalsiyum ve diğer toprak alkali metallerin karbonatları ile bir miktar kalsiyum fluorür içermektedir. Bu örtünün bileşiminde karbonatlar yalnız başlarına kullanılmazlar, aksi halde meydana gelen cüruf kaynak metalini örtemez, kalsiyum fluorür cürufa, kaynak metalini iyi ıslatma ve banyoyu oksidasyondan ve gaz emişinden diğer cüruf yapıcı minerallere oranla daha iyi korur. Bu tür cüruflar sıvı iken çok akışkan olduklarından, akışkanlığı azaltmak amacı ile örtüye, az miktarda silikat veya rutil katılmaktadır; örtüye katılmış olan ferrosilisyum ise kaynak metalinde karbon oksitlerinin neden olabileceği gözeneklerin oluşmasını önlemektedir.

Bazik elektrotların Örtülerinde hidrojen oluşturacak maddeler bulunmadığından kaynak sırasında, dikişin hidrojen kapma olasılığı çok azdır. Hidrojen'in, geçiş bölgesinde ince dikiş altı çatlaklarına neden olduğu göz önüne alınırsa, bazik elektrotların kullanılmasının önemi kendini gösterir. Kaynakta hidrojen oluşturan ve bağlayıcı olarak kullanılan sodyum veya potasyum silikatın içindeki nemi tamamen yok edebilmek için bu elektrotlar 400 -500 °C' lik kurutma işlemine tabi tutulurlar. Bazik elektrotlar çok higroskopik olduklarından kuru yerlerde depolanmalı ve rutubet kapmış elektrotlar ise kullanılmadan önce mutlaka 250 °C'de 30 dakika kurutulmalıdırlar. Bazik elektrotlar bütün kaynak pozisyonlarında kullanılabilirler. Aralık doldurma yetenekleri çok iyidir. Bu elektrotlarla yapılmış olan kaynak dikişleri gayet iyi mekanik özelliklere sahiptir. Bazik elektrotlar, 0 °C' nin altında dahi gayet iyi olan dikişler verirler. Bazik elektrot örtüsü, daha önce de belirtildiği gibi sıvı halde iken çok akışkan bir cüruf meydana getirir; bu durum kaynak dikişinin konkav ve kaba görünümlü olmasına yol açar. Bunu önlemek, yani cürufu biraz daha viskoz hale getirmek için örtüye, bir miktar zirkonyum oksit veya zirkonyum silikat katılır. Örtüsü böyle olan elektrotlara zirkon - bazik tür elektrot adı verilir. Örtüye zirkonyum oksit veya silikat yerine; rutil veya ilmenit katılması ile de cürufun akıcılığını ayarlamak mümkündür. Ancak, bu durumda örtü, bazik türden çok içine kalsiyum fluorür katılmış rutil tür elektrot özellikleri taşımaktadır. Bugün bu tür örtüsü olan elektrotlara rutil -bazik tür adı verilmektedir[5].



Şekil 3.3. Bazik örtülü elektrotta damla geçişi

Bazik örtülü elektrotların kullanma yerleri;

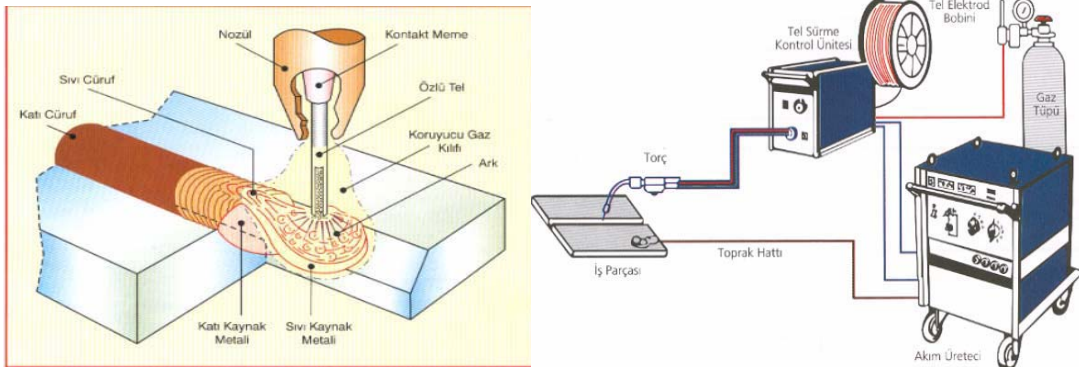
- a) Bileşimi bilinmeyen, karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında,
- b) Yüksek miktarda karbon, kükürt, fosfor ve azot içeren çeliklerin kaynağında,
- c) Farklı karbon içeren çeliklerin kaynakla birleştirilmelerinde,
- d) Çatlama olasılığını azaltmak bakımından kalın kesitli parçaların kaynağında,
- e) 0 °C' nin altındaki sıcaklık derecelerinde çalışan makine, donanım ve yapıların kaynağında,
- f) Dinamik zorlamalara karşı yüksek dayanım istenen kaynak dikişlerinde,
- g) Rijit konstrüksiyonların kaynağında

Bazik elektrotların örtüleri hidroskopik olduğundan kuru yerlerde depolanmalıdırlar. Örtüsü rutubet alan elektrotları kurutmadan kullanmak doğru değildir. Rutubetli elektrotların kaynaktan önce 250 °C' de en az ½; saat bekletilerek kurutulması gereklidir. Aksi durumda kaynak dikişinde gözenekler oluşur ve hidrojen gevrekleşmesi meydana gelir. Bu elektrotların depolanmasında özel olarak imal edilen ve kapaklarında nem alan maddeler bulunan depoların kullanılması rutubetin elektrot örtüsünde oluşturduğu olumsuz etkileri engeller. Genel özelliklerine bakıldığında;

- 1) Kalsiyum bileşiklerinden oluşturulmuş örtüye sahip elektrotlardır
- 2) Oksijen içerikleri düşüktür. Bu nedenle dikiş profili dış bükeydir.

BÖLÜM 4. MIG-MAG KAYNAK YÖNTEMİ

MIG-MAG kaynağında ark, aynı zamanda ilave tel görevi yapan ergiyen bir elektrod ile iş parçası arasında yanar. Koruyucu gaz olarak argon, helyum ve argon kullanılan MIG (Al, SS kaynağında) yöntemi ile koruyucu gaz olarak aktif gaz olan karbondioksit kullanıldığında MAGC ve koruyucu gaz olarak karışım gazı (Ar-CO₂-O₂) kullanıldığında da yöntemin adı MAGM olarak isimlendirilir. Çalışma prensibi olarak uçsuz bir elektrodun bir tel iletme mekanizması yardımıyla bir tel sürme makarasından geçtikten sonra akım kontak borusuna gelir. Serbest tel ucu nispeten kısıdır; böylece ince elektroda yüksek akım şiddeti (>100A/mm²) uygulanabilir[6].



Şekil 4.1. Mig-Mag kaynak yöntemi

Kaynak kutuplarının artı olanı tel elektroda, eksi kutup ise parçaya bağlanır; böylece ark, ergiyen tel elektrod ile iş parçası arasında yanar. Elektrod aynı anda hem enerji taşıyıcı ve hem de kaynak ilave metali görevi yapar. Koruyucu gaz elektrodun eş eksenli olarak bulunduğu bir memeden akar ve arkı, ergiyen damlaları ve arkın altında ergimiş banyoyu atmosferin olumsuz etkilerinden korur.

MIG-MAG yönteminin avantajları arasında; elektrod değişimleri için harcanan ölü zamanın ortadan kaldırılması, kaynak başlangıç ve bitişinde sıkça karşılan gözenek, krater çatlağı hatalarının önüne geçilmesi, yarı-otomatik olan bu yöntemin kaynakçılar tarafından uygulamasının kolay olması, sprej ark ile metal taşınımıyla ince damlacıklar oluşturarak derin nüfuziyet elde edilir, örtülü elektrodla nazaran koçan kaybının olması, örtüdeki yanma ve sıçrama kayıplarının az olması nedeniyle; toplam maliyetler hesaplandığında bazik elektroda göre ekonomik bir yöntem olduğu görülmektedir. Full-otomatik taşıyıcı sistemlere ve kaynak robotlarına adaptasyonun mümkün olması nedeniyle tersanelerde en çok kullanılan yöntem olmuştur[6].

Japon tersanelerinde tüm kaynak prosesleri arasında kullanım oranı % 70–80 özlü telle gazaltı (FCAW) yöntemleridir. Özlü tel elektrodun, solid tel elektroda göre; dolgu veriminin çok yüksek olması, öz maddesi yardımıyla kaynak esnasında koruyucu ortam oluşturması, sıçrama kayıplarının az olması, kaynak hızının yüksek olması ve derin nüfuziyetli kaynak elde edilmesi nedenleri ile kullanım oranları her geçen gün artmaktadır.

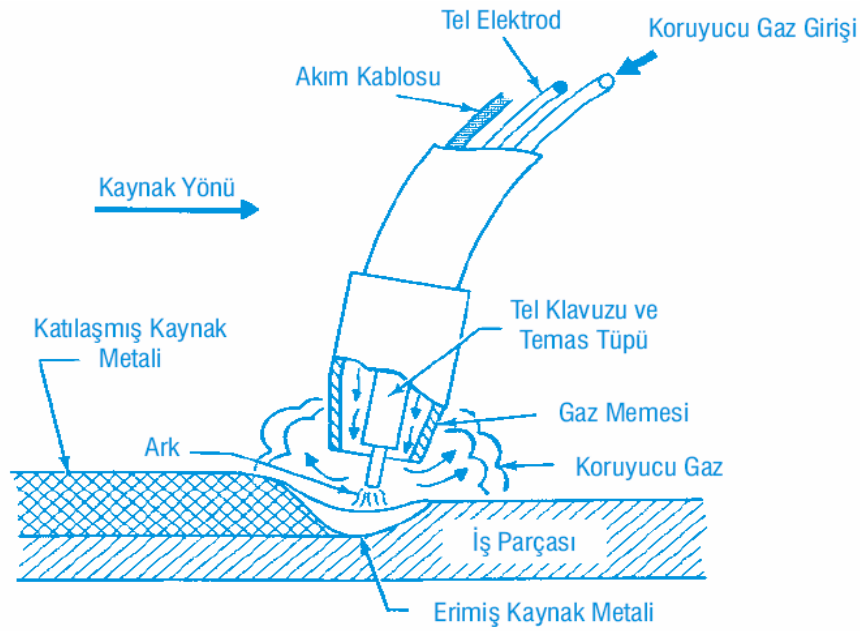
1. Özlü teller rutil, bazik ve metal özlü olmak üzere 3 tipi vardır. Rutil karakterli özlü teller yumuşak ark karakteristiği, yüksek kaynak kabiliyeti, kolay cüruf kalkışı ve güzel dikiş görüntüsüne sahiptir. Her pozisyonda kaynak yapmaya uygun olması nedeniyle tersanelerde en çok kullanılan özlü teldir.
2. Bazik tip teller yüksek mekanik özellikleri nedeniyle ince taneli ve yüksek dayanımlı çeliklerde kullanılır. Düz ve yatay pozisyonlarda kullanılması, sınırlı uygulanma alanına neden olduğu için tersanelerde fazla kullanılmazlar.
3. Metal özlü teller ise sprej ark modunda yatay pozisyonlarda yüksek metal yığıma hızına sahiptir. Çok az sıçrama kaybı olması ve kaynak üzerinde cüruf oluşturmaması önemli avantajlarından. Genellikle boruların kök pasolarında ve üst binalarda yukarıdan aşağıya köşe kaynaklarında kullanılırlar.

Tersanelerimizde kapalı alanların yetersiz olması (açık alanda yeterli gaz korumasının sağlanamaması) ve kaynaktan önce kaynak ağzı hazırlıklarının (yağ, pas, cüruf ve nemin yüzeyden arındırılması) istenilen standartlarda yapılmaması

durumunda özlü telle gazaltı kaynağında, genellikle gözenek ve cüruf kalıntısı hataları oluşmaktadır[6].

4.2. MIG-MAG Kaynağının Çalışma Prensibi ve Özellikleri

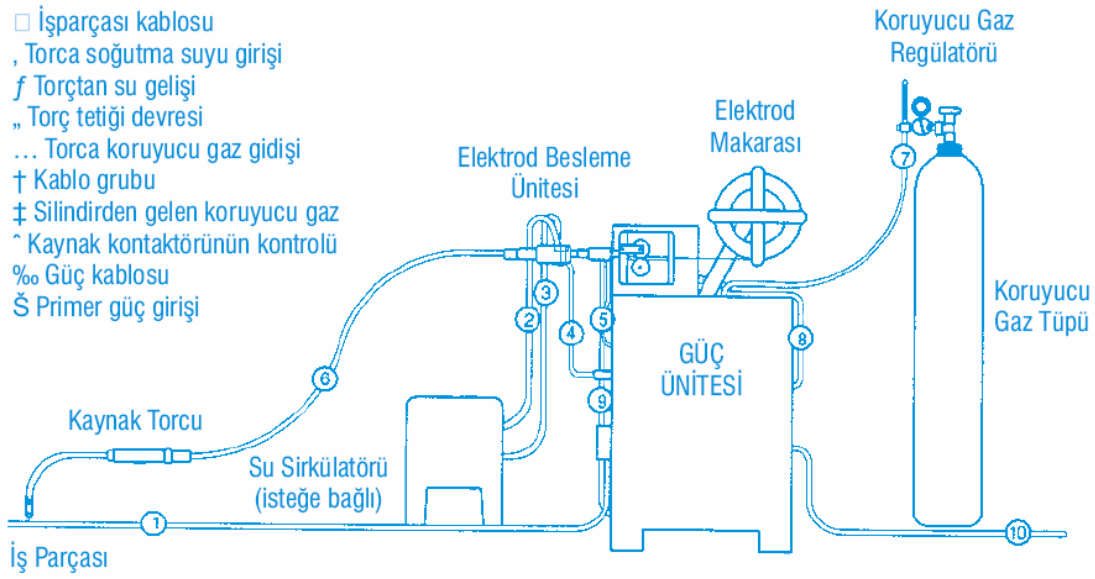
Bu yöntemle dışarıdan sağlanan gazla korunan ve otomatik olarak sürekli beslenen ve eriyen elektrod kullanılır. Kaynakçı tarafından ilk ayarlar yapıldıktan sonra arkın elektriksel karakteristiğinin kendi kendine ayarını otomatik olarak kaynak makinesi sağlar. Bu nedenle yarı otomatik kaynakta kaynakçının gerçekleştirdiği elle kontroller, kaynak hızı, doğrultusu ve torcun pozisyonundan ibarettir. Uygun donanım seçilip, uygun ayarlar yapıldığında ark boyu ve akım şiddeti (elektrod besleme hızı) kaynak makinesi tarafından otomatik olarak sabit değerde tutulur[7].



Şekil 4.2.MIG-MAG kaynağının prensibi

Kaynak donanımı 4 temel gruptan oluşmuştur:

- a) Kaynak torcu ve kablo grubu
- b) Elektrod besleme ünitesi
- c) Güç ünitesi
- d) Koruyucu gaz ünitesi



Şekil 4.3. MIG-MAG kaynak donanımı

4.3. Damla İletim Mekanizmaları

MIG-MAG kaynağında metal damlalar elektroddan iş parçasına üç temel iletim mekanizmasıyla geçer:

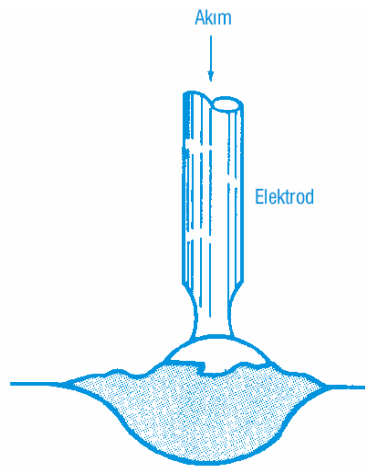
- a) Kısa devre iletimi (kısa ark)
- b) İri damla iletimi (uzun ark)
- c) Sprey iletimi

Damla iletim tipi çok sayıda faktör tarafından etkilenir. Bunlar içinde en etkili olanlar şunlardır:

- a) Kaynak akımının tipi ve şiddeti
- b) Elektrod çapı
- c) Elektrodun bileşimi
- d) Serbest elektrod uzunluğu
- e) Koruyucu gaz

4.3.1.Kısa devre iletimi(kısa ark)

Kısa devre iletimi, gazaltı kaynağındaki en düşük kaynak akımı aralığında ve en küçük elektrod çaplarında gerçekleştirilir. Bu tip bir iletim ince kesitlerin birleştirilmesi için, pozisyon kaynağı için ve büyük kök açıklıklarını birleştirmeye uygun olan küçük ve hızla katılan bir kaynak banyosu oluşturmak için kullanılır. Metal, elektrodan iş parçasına, sadece elektrod kaynak banyosu ile temas halinde olduğu sırada iletilir. Ark aralığı boyunca herhangi bir metal iletimi olmaz. Elektrod iş parçasına saniyede 20 ila 200 kez temas eder. Elektrod kaynak banyosuna temas edince, kaynak akımı artar. Akımın artma hızı elektrodu ısıtmaya ve metal iletimi sağlamaya yetecek kadar yüksek, ancak metal damlasının şiddetli ayırmasının neden olacağı sıçramayı en az düzeyde tutacak kadar düşük olmalıdır. Ark oluşuktan sonra elektrod yeni bir kısa devre oluşturmak üzere ileri doğru beslenirken elektrodun ucu erir. [6]



Şekil 4.4. Kısa damla iletimi

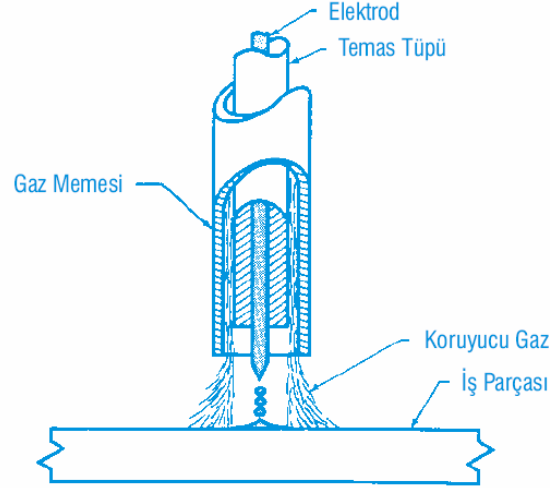
4.3.2. İri damla iletimi(uzun ark)

Doğru akım elektrod pozitif kutuplamada kaynak akımı göreceli olarak düşük ise koruyucu gazın cinsine bağlı olmaksızın iri damla iletimi meydana gelir. Ancak CO₂ ve helyumla bu tip iletim tüm kullanılabilen kaynak akım değerlerinde oluşur. İri damla iletiminin en önemli özelliği damla çapının elektrod çapından daha büyük oluşudur. İri damla yerçekimi etkisiyle kolaylıkla hareket eder. Bu nedenle iri damla iletimi başarılı bir biçimde ancak oluk pozisyonunda gerçekleşir. Kısa devre damla iletiminde kullanılan akımlardan biraz daha yüksek akım değerlerinde, tam asal gaz koruması altında aksenel olarak yönlenmiş iri damla iletimi elde edilebilir. Eğer ark boyu çok kısa (düşük gerilim) ise tel ucunda büyüyen damla iş parçasına temas edip aşırı ısınabilir ve parçalanarak aşırı sıçramaya neden olabilir. Bu nedenle ark, damla kaynak banyosuna değmeden önce elektroddan ayrılma imkânı bulacak kadar uzun olmalıdır. Ancak daha yüksek gerilim kullanarak yapılan kaynakların yetersiz erime, yetersiz nüfuziyet ve aşırı dikiş taşması nedeniyle reddedilme olasılığı yüksektir. Bu ise iri damla iletiminin kullanımını büyük ölçüde sınırlar. Kaynak akımı kısa devre iletimi için kullanılan akım aralığından oldukça yüksekse, karbondioksitle koruma tesadüfi şekilde yönlenmiş iri damla iletimine neden olur. Aksenel iletim hareketinden sapmaya, kaynak akımının oluşturduğu ve erimiş elektrod ucuna etki eden elektro manyetik kuvvetler neden olur. Bu kuvvetlerin en önemlileri elektromanyetik büzme kuvveti (P) ile anod reaksiyon kuvveti (R) dir[7].

4.3.3. Sprey iletimi

Argonca zengin gaz korumasında kararlı, sıçramasız "aksenel sprej" tipi bir iletim elde etmek mümkündür. Bunun için elektrod pozitif kutupta doğru akım kullanılması ve akım şiddetinin geçiş akımı adı verilen kritik bir değerinin üzerinde olması gerekir [Şekil 4.5.]. Bu akımın altında iletim daha önce açıklanan iri damla iletimi yoluyla olur ve damla iletiminin hızı saniyede birkaç damladır. Geçiş akımının üzerindeki değerlerde ise iletim, küçük çaplı (elektrod çapından daha küçük çapa sahip)

damlaların oluşumu ve bunların saniyede yüzlerce damla iletim hızında ayrılmasıyla oluşur. Bunlar ark aralığı boyunca aksel olarak hızlanırlar.



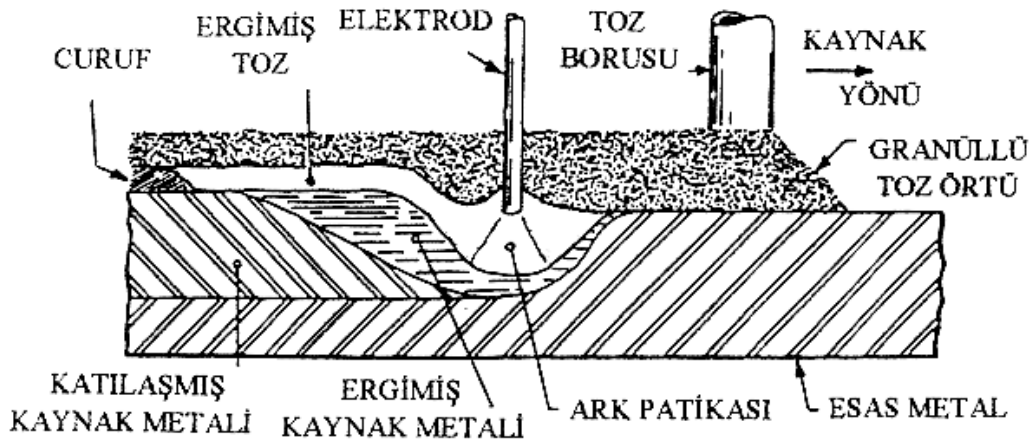
Şekil 4.5. Aksel Spray İletimi

Sıvı metalin yüzey gerilimine bağlı olan metal "geçiş akımı" elektrod çapıyla ve bir dereceye kadar da serbest elektrod uzunluğu ile ters orantılı olarak değişir. Elektrodun erime sıcaklığı ve koruyucu gazın bileşimi de geçiş akımını etkiler. Spray damla iletimi kuvvetle yönlenmiş damlalar demetinden ibaret olup damlalar ark kuvvetleri tarafından ivmelendirilerek yerçekimi etkisini yenen hızlara ulaşırlar. Bu nedenle belirli şartlar altında yöntem her pozisyonda kullanılır. Damlaların çapı ark boyundan daha küçük olduğu için kısa devre meydana gelmez ve bu nedenle de sıçrama, tamamen yok olmasa bile ihmal edilecek mertebe düşer[7].

BÖLÜM 5. TOZALTI KAYNAĞI

Tozaltı ark kaynağı yöntemi ilk olarak Mc Keesport, Pensilvanya'da kurulan bir boru fabrikası için National Tube firması tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem borulardaki boyuna dikişlerin kaynağını yapmak amacıyla tasarlanmıştır. Bu yöntemin patenti 1930'da Robinoff tarafından alınmış ve daha sonra Linde Air Products firmasına satılmıştır. Tozaltı ark kaynağı yöntemi 1930'ların sonlarında ve 1940'ların başlarında savunma yapılanması süresince tersanelerde ve savunma sanayinde kullanılmıştır. Bu yöntem en verimli kaynak yöntemlerinden birisidir ve günümüzde güncelliğini korumaktadır. Tozaltı kaynağı, 1933 yılından itibaren Amerika'da yayılmaya başlamış. 1937'den itibaren de Avrupa'da uygulama alanı bulmuş ve özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra gelişerek endüstride büyük önem kazanmıştır. Türkiye'de ise likit (sıvılaştırılmış) petrol gazlarının kullanılmaya başlanmasıyla çok miktardaki LPG tüpünü imal etmek için 1960 yıllarında uygulanmaya başlanmıştır. Çelik malzemelerin kaynağı için elverişli olan bu metot gemi inşa sanayinde, kaynaklı boru imalatında, sanayi kazanlarının ve basınçlı kapların imalatlarında, çelik konstrüksiyon imalatında, dolgu kaynağı işlerinde ve metal kaplama işlerinde kullanılmaktadır[8].

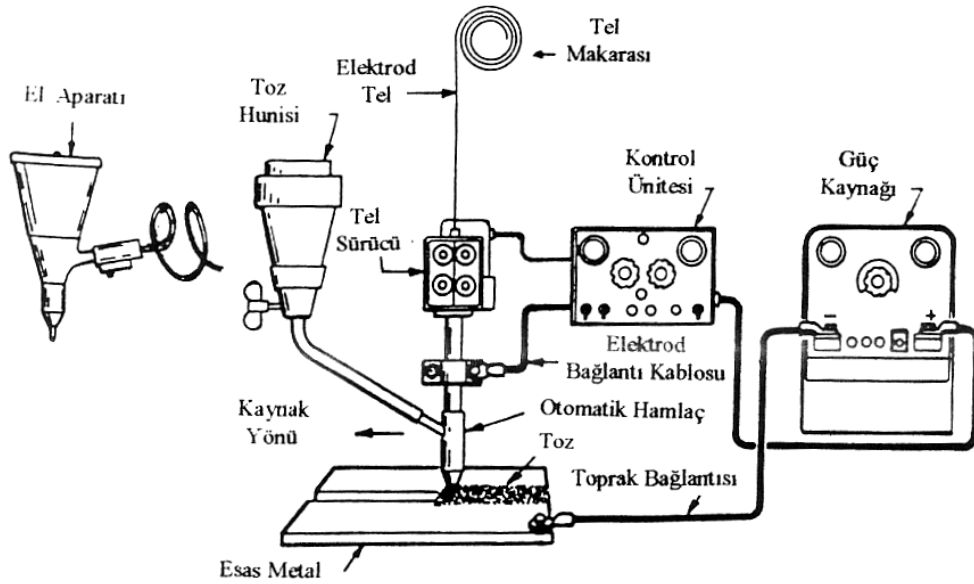
Tozaltı kaynağı, temelde otomatik olarak kaynak yerine gelen çıplak tel elektrod ile iş parçası arasında oluşan arkı kullanan bir ark kaynağı prosesidir. Bu yöntemde ark, kaynak yerine devamlı olarak dökülen koruyucu bir toz tabakası altında oluşur. Bu sebepten, bu yöntem tozaltı ark kaynağı olarak adlandırılmıştır. Şekil 5.1. de yöntemin şematik diyagramı yer almaktadır.



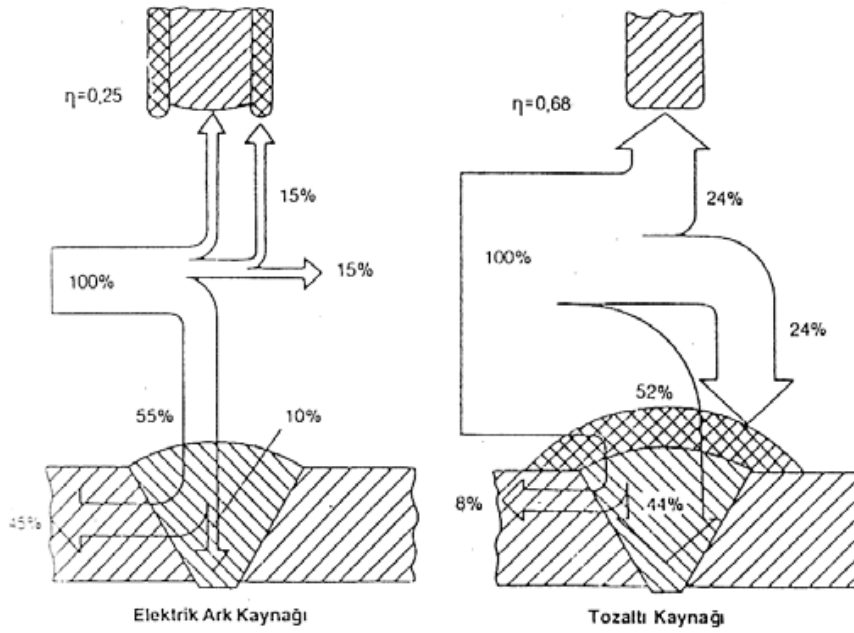
Şekil 5.1. Tozaltı kaynağı yönteminin şematik gösterimi

Elektrik arkı metalin ergimesi için gerekli ısıyı sağlar. Böylelikle arkın ürettiği yüksek miktardaki ısı birleştirilecek parçaların kenarlarını ergitirken, sürekli olarak kaynak bölgesine itilen elektrod ergiyerek gerekli ilave metali sağlar. Elektrod eridiğinden, servo kontrolü motor tarafından arka doğru beslenir. Elektrodun besleme hızı erime hızına eşit tutulur. Böylece ark uzunluğu daima sabit kalır. Elektrod ve elektrodu besleyen sistem bir otomatik sistem tarafından bağlantı çizgisi boyunca hareket ettirilir. Kaynak edilen iş parçası sabit olup bir araba düzenine monte edilen ve kaynak kafası denilen toz hunisi, tel bobini, kontrol ünitesi birlikte hareket ederler. Kaynak süresince kaynak ilerleme hızı (araba hızı) sabit tutulur. Silindirik parçalarda ise kaynak kafası sabit olup, iş parçası döner. Toz, ark oluşumu başladığı anda dökülmeye başlar. Ark bu toz altında olduğundan dışarıdan görülmez. Toz denen tanecikli madde ergiyerek bir cüruf örtüsü oluşturarak elektrik arkını tamamen çevreleyerek arkı ve eriyik kaynak metalini havanın etkilerinden korur. Kaynak tozu kaynak kafasının üzerinde bulunan bir toz kabından aşağıya dökülerek elektrodun etrafından bir lüle vasıtasıyla yayılır. Ergimemiş toz bazı makinelerde yeniden kullanılmak amacıyla bir vakum sistemi ile çekilerek depolanır ve basınçlı hava ile fazla toz tekrar gönderilir. Tozaltı kaynağı donanımının şematik olarak gösterilişi Şekil 5.2. de verilmektedir. Tozaltı kaynağı yüksek kaynak hızı, güzel kaynak görünüşü ve doğru uygulandığında hatasız kaynak dikişleri verdiği için geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ayrıca tozaltı kaynağı otomatik bir kaynak usulü olmasının yanı sıra yüksek güçlü de bir yöntemdir. Bir paso ile 85 mm, iki paso ile 180 mm ve

çok paso ile 300 mm kalınlığa kadar parçaların kaynağını yapmak mümkün olmaktadır. Kaynak yapılabilecek en ince saç ise 1,2 mm dir. 5–50 mm arasındaki uygulamalar daha yaygındır. Gemi inşa endüstrisinde, basınçlı kaplar ve depolama tankları imalinde, demir yolu vagonları, otomotiv endüstrisi, boru imali, çelik binalar ve köprüler için kolon ve kirişler imali, inşaat makineleri yapımı gibi alanlarda çeşitli uygulamaları vardır. Bu yöntemde normal elektrik ark kaynağına nazaran elektrod teli daha yüksek bir akım şiddeti ile yüklendiğinden daha derin nüfuziyetli ve geniş banyolu dikişler elde edilir. Örneğin 4 mm çapındaki bir elektrodla elektrik ark kaynağında 150–190 amper arasında kaynak yapılırken, tozaltı ark kaynağında 400–650 amper arasında bir akım ile kaynak yapılabilir. Derine işleme kabiliyeti iyi olduğundan kaynak ağzı açmadan 30 mm'ye kadar kalınlıktaki parçaların iki taraftan kaynağında kullanılabilir. Şekil 5.3. de örtülü elektrod ile yapılan elektrik ark kaynağı ve tozaltı kaynağındaki ısı bilançosu değerleri görülmektedir[9].



Şekil 5.2. Tozaltı kaynağının çalışma prensibi



Şekil 5.3. Elektrik ark kaynağı ve toz altı kaynağında ısı bilançosu

Normal yapı çelikleri, hafif alaşımlı çelikler, paslanmaz çelikler, bakır ve bakır alaşımları bu yöntemle kaynatılabilirler. Alüminyum için uygun kaynak tozu son zamanlarda geliştirilmiş olmakla beraber henüz ticari uygulaması yoktur. Titanyum için de aynı şeyi söylemek mümkündür. Dökme demirin bu yöntemle soğuk kaynağı mümkün değildir. Yüksek ve orta karbonlu çelikler ile alaşımlı çeliklerin kaynağı da bu yöntemle yapılabilir, ancak uygulamada tercih edilmemektedir. Deneysel olarak bakır alaşımları, nikel alaşımları ve hatta uranyumun kaynağında kullanılmıştır. Bu yöntem daha ziyade yatay pozisyonda kaynağa elverişlidir. Bununla beraber 18–20° meyille yukarıdan aşağıya 6–7° meyille aşağıdan yukarıya kaynak uygulamaları vardır. Alın kaynağında bir pasoda 15 mm'ye kadar kalınlıkları kaynatmak, köşe kaynaklarında ise tek pasoda 6 mm boğaz kalınlıkları sağlamak mümkündür[10].

5.2. Tozaltı Kaynağında Kullanılan Kaynak Tozları

Tozaltı kaynak tekniğinde kullanılan kaynak tozları örtülü elektrotlardaki örtünün fonksiyonunu icra eder. Kaynak işlemine fiziksel ve metalürjik bakımından tesir

eder. Fiziksel olarak, meydana gelen cüruf kaynak banyosunu havaya karşı korur, dikişe uygun bir form verir ve çabuk soğumasına mani olur. Metalürjik olaylara esas metal ile kaynak telinin de etkisi vardır. Esas metal, kaynak teli ve tozun ترکیبی, dikişin kimyasal bileşimine tesir eden üç önemli faktördür. Mesela, birleştirme kaynağında kullanılan bir tozun, cürufu sünek ve akışkan; hızlı kaynak tozlarının cürufu tamamen akışkan; üzeri paslı ve kavli sacların kaynağında kullanılacak tozun da kuvvetli deoksidan bir özelliğe sahip olması gerekir.

İyi bir kaynak tozunun şu hususları yerine getirmesi lazımdır:

- a) Kaynak işlemi sırasında arkın kararlılığını sağlamalıdır. Alternatif akımla yapılan kaynaklarda kullanılan tozların bilhassa akımın O noktasından geçişi sırasında arkın sönmemesini temin etmesi gerekir.
- b) İstenen, kimyasal bileşimde, mekanik ve teknolojik özelliklere sahip bir kaynak dikişi vermelidir.
- c) Uygun bir içyapı sağlamalıdır.
- d) Kaynak dikişinde herhangi bir çatlağa veya gözenek teşekkülüne sebep olmamalıdır.
- e) Tozların (ambarlandığında) nem çekme miktarı mümkün mertebe düşük olmalıdır.
- f) Toz, çeşitli kaynak hatalarına sebep olabilecek organik maddeleri ihtiva etmemelidir.
- g) Kök pasolarının ve dar aralıkların kaynağında cüruf kolayca kalkabilmelidir.
- h) Kaynak esnasında katı, sıvı ve gaz fazları arasındaki bütün reaksiyonlar kaynak metali katılaşıncaya kadar kısa bir süre içerisinde vuku bulmalıdır.

Oksit ve florür gibi mineralleri içeren kaynak tozları üretim metoduna göre 2 ana gruba ayrılır. Bunlar; ergimiş ve aglomere edilmiş kaynak tozları olup, bazı durumlarda her ikisinin karışımından oluşan tozlarda üretilmektedir[9].

5.2.1 Ergimiş kaynak tozları

Erimiş tozlar, eritilmiş silikatlar olup, katı durumda kristal karakterli amorf bir kütleden ibarettir. Kuvartz, mangan cevheri, dolomit, düşük miktarda alüminyum

cevheri ile fluorispat gibi çeşitli minerallerin ark fırınlarında 1200–1400 °C arasında eritilip cürufun temizlenmesinden sonra kırma, öğütme ya da direkt su ile granilasyon işlemine tabi tutulması ile üretilirler.

5.2.2 Aglomere edilmiş kaynak tozları

Aglomere tozlar, son zamanlarda geliştirilmiş kaynak tozlarıdır, bunlara seramik toz adı da verilir. Aglomere kaynak tozları gayet ince öğütülmüş tozlarla bir takım tanelerden teşekkül etmiştir. Bunlar bir yapıştırıcı madde ile birlikte karıştırılarak aglomere edilir. Aglomere tozlar, erimiş tozlara nazaran aşağıdaki farkları arzeder:

- a- Manganez ve diğer elemanların erime sırasındaki kaynak metaline intikali aglomere tozlarda daha fazladır.
- b- Alaşımız tellerin kullanılması halinde, aglomere tozlarla daha iyi bir alaşımlanma sağlanır.
- c- Aglomere tozlara katılan ferro alaşımları ile kaynak yerini daha iyi bir şekilde alaşımlandırmak mümkündür.
- d- istenilen metalürjik tesirlere uygun aglomere tozun imali daha kolaydır.

Kaynak tozları kimyasal bileşimleri ve metalürjik etkileri bakımından da sınıflara ayrılır. Tozaltı kaynağında kullanılan tozlar daha ziyade belirli şartları yerine getirmek üzere geliştirilmektedir. Mesela, ince sacların kaynağında kullanılacak bir tozun, hızlı kaynak yapan bir özelliğe sahip olması gerekir. Kaynak tozlarının büyük kısmını (Si O₂) teşkil eder. Tozların bileşiminde bulunan diğer önemli bir madde de (MnO) dir. (MnO) bilhassa erimiş tozlarda dikişin emniyeti bakımından önemli bir rol oynar, genel olarak tozun terkipteki (MnO) miktarı yükseldikçe, akım yüklenebilme kabiliyeti de azalır. Mesela manganezi gayet az fakat silisyum miktarı yüksek tozlar kire ve pasa karşı çok hassastır. Bunun için kaynak yapılacak ağızların gayet iyi bir şekilde temizlenmesi icap eder. Diğer taraftan yüksek manganezli tozlar pas ve kire karşı pek hassas değildir. Tozaltı kaynağında manganezin yanında silisyum da önemli bir metalürjik tesire sahiptir. Silisyum kaynak esnasında kaynak banyosunu deokside eder. Böylece dikişin gözeneksiz olmasını sağlar ve ayrıca gazı alınmış bir kaynak banyosunu meydana getirdiğinden fosfor ve kükürt segregasyonu

da azalır. Kaynak esnasında silisyumun redüksiyonu tozdaki miktarına bağlıdır. Tozdaki (SiO₂) miktarı artınca kaynak dikişinin de silisyum miktarı yükselir. Aglomere tozlarda bu husus ferrosilisyumla ayarlanır. Diğer taraftan büyük tesir icra eder.

5.3. Kaynak Arkında Oluşan Reaksiyonlar

İlave kaynak metalinin (tel ve toz) seçiminde daima kaynak yerindeki manganezin silisyuma nispetinin asgari 2:1 olmasına dikkat edilmelidir. Bu nispet 3:1'e kadar da çıkabilir. Arktaki reaksiyonlar büyük çapta çalışma tekniğiyle ilgilidir. Akım şiddeti, ark gerilimi, kaynak hızı, tel çapı ve kaynak ağzı açısı gibi önemli faktörler, manganez ve silisyumun tozdan kaynak yerine geçişine belirli sınırlar dâhilinde tesir eder. Alaşım elementlerinin cins ve yoğunluğu ilk planda toz, tel ve esas metalin kimyasal bileşimiyle ilgilidir.

Kimyasal reaksiyonları en fazla etkileyen faktörler ise akım şiddeti, ark gerilimi ve kaynak hızıdır. Akım şiddeti yükseldikçe manganez ve silisyumun yanma nispeti artar; diğer taraftan kısa ark boyu ile kaynak yapıldığında, uzun ark boyuna nazaran daha az toz cüruf haline geçer ve dolayısıyla kaynak banyosu daha az alaşımlanır. Akım şiddeti ve ark geriliminin kaynak dikişinin bileşimine tesirini şu şekilde özetleyebiliriz:

- a- Akım şiddeti yükseldikçe dikişin manganez ve silisyum muhtevası azalır.
- b- Ark gerilimi arttıkça dikişin ihtiva ettiği manganez ve silisyum miktarı da artar.

Kaynak hızının ve kaynak ağız açısının da dikişin kimyasal bileşimi üzerine etkisi vardır. Kaynak hızının yükselmesiyle dikişin ihtiva ettiği manganez ve silisyum miktarı azalır. Kaynak ağız açısı büyüdüğünde daha fazla kaynak teli eriyerek ağız doldurulur; genellikle telin karbon miktarı esas metalden az olduğu için dikişin karbon yüzdesi azalır. Kaynak metalindeki silisyum miktarı eriyen ve cüruf haline geçen toz miktarına bağlı olduğundan, kaynak ağız açısının büyümesi halinde, daha fazla cüruf reaksiyonuna girdiğinden kaynak metalinin silisyum miktarı da artar. Ark boyunun artması yani ark geriliminin yükseltilmesi bu miktarı daha da arttırır.[9]

BÖLÜM 6. TAHRİBATLI VE TAHRİBATSIZ TESTLER

Tahribatlı muayene yönteminde test uygulanacak malzemeden çıkarılan numuneler tekrar kullanılmayacak duruma geldiklerinden dolayı bu ismi almıştır. Tahribatlı muayene belirlenmiş olan standartlara göre yapılmıştır. Çekme deneyi DIN 50120, eğme deneyi DIN 17100, çentik-darbe deneyi TS EN 10045-1 standartlarında gerçekleştirilir[11].

Tahribatsız muayene yöntemi iki ana temel üzerine oturmaktadır. Bu iki temelden biri nüfuziyet diğeri de algılama fonksiyonudur. Algılama fonksiyonu nüfuz ediciden aldığı bilgileri test operatörünün algılayacağı belirtiler haline getirmek, nüfuziyet fonksiyonu ise nüfuz edici elemanın test malzemesi içine giriciliği ve fiziksel süreksizliğini algılama elemanına aktarmaktır. Radyografide algılayıcı radyografi filmi, nüfuz edici ise radyasyondur. Radyografi filmine kimyasal işlem uygulanmasından sonra belirtiler test operatörünün incelemesi için gözle algılanır belirtiler oluşturmaktadır.

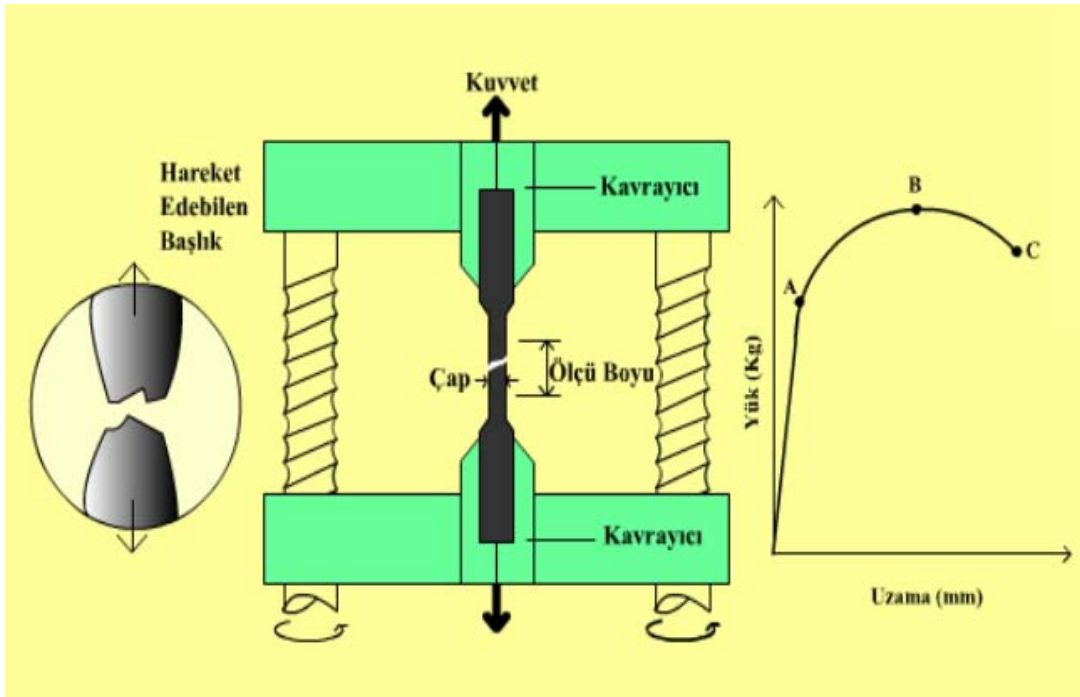
6.2. Tahribatlı Testler

6.2.1. Çekme deneyi

Çekme deneyi malzemelerin mukavemeti hakkında tasarım bilgilerini belirlemek ve malzemelerin özelliklerine göre sınıflandırılmasını sağlamak amacı ile geniş çapta kullanılır. Çekme deneyi standartlara göre hazırlanmış deney numunesinin tek ekseninde, sabit kabul edilebilecek bir hızla ve sabit sıcaklıkta koparıncaya kadar çekilmesidir. Deney sırasında, standart numuneye devamlı olarak artan çekme kuvveti uygulandığında, aynı zamanda da numunenin uzaması kaydedilir.

Çekme deneyi sonucunda numunenin temsil ettiği malzemeye ait aşağıdaki özellikler bulunabilir.

- a. Elastisite Modülü
- b. Elastik Sınırı
- c. Elastikiyet
- d. Akma Dayanımı
- e. Çekme Dayanımı
- f. Tokluk
- g. % Uzama
- h. % Kesit Daralması



Şekil 6.1. Çekme deneyinin şematik olarak uygulanması

Çekme deneyine tabi tutulan numunenin yukarıda belirtilen özelliklerin sıhhatli bir şekilde ortaya çıkarılabilmesi için, alındığı malzemeyi tam olarak temsil edebilmesi şarttır. Ayrıca şu hususların bilinmesi de, sonuçların irdelenmesi bakımından gereklidir[11].

Numunenin alındığı malzemenin;

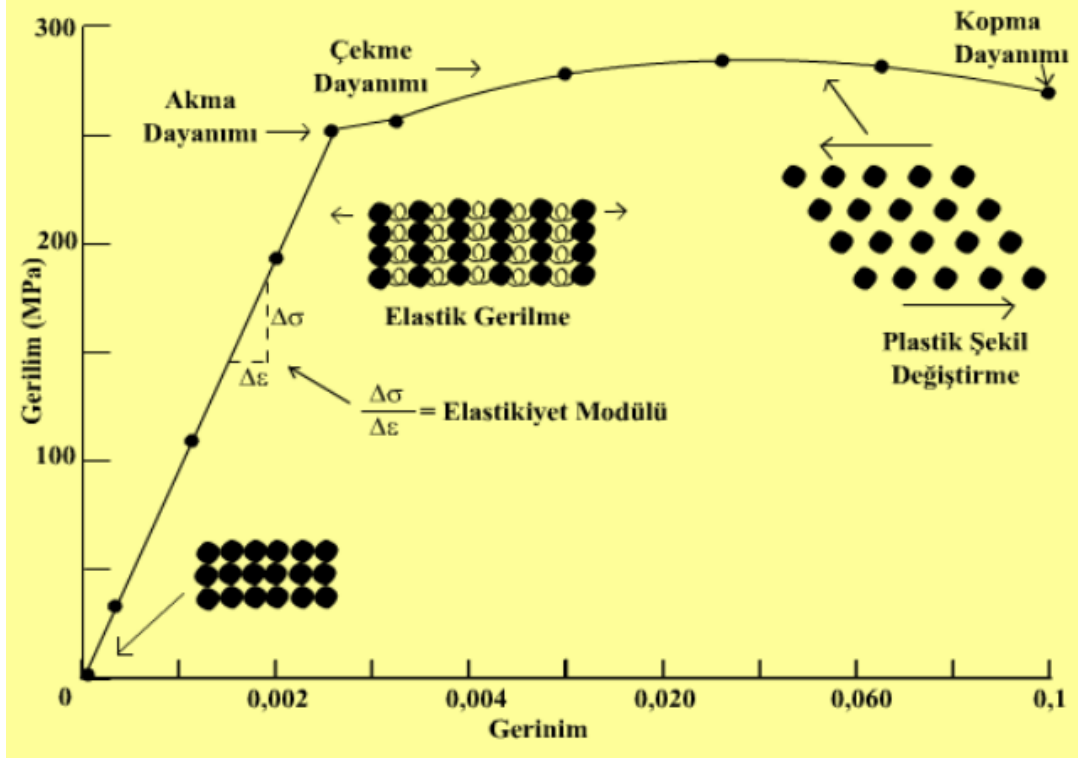
- a)Döküm
- b)Kaynak
- c)Sıcak dövme veya haddeleme
- d)Soğuk dövme veya haddeleme
- e)İmalat şekline göre yönlendirme
- f)Tatbik edilen ısı işlemler

Deney sonuçlarının irdelenmesinde, numunenin alındığı malzemenin durumu yanı sıra, alınan numunede de şu hususların bilinmesi faydalıdır:

- 1.Numunenin alındığı bölgeler
- 2.Numunenin alınış şekli
- 3.Numunenin hazırlanış şekli

Çekme deneyine tabi tutulacak numunelerin şekil ve boyutları standartlarda belirtilmektedir. Deney sonuçlarının belirli bir standarda uyma zorunluluğu vardır. Sonuçlar, numune boyut ve biçimine göre değişiklik arz edebilir. Numuneler iki kısımdan ibarettir.

- a)Numunenin baş kısımları; Yük tatbik edilmek için tutulan kısımlardır ve diğer bölgeye göre daha büyük boyutludur.
- b)Numunenin orta kısmı; Yük tatbik edildiğinde deformasyonun yer alması arzu edilen daha küçük boyutlu bölgedir. Deney sonuçları bu kısımda yapılan ölçmelerle tespit edilir. Numunenin bu kısmında, kesit ile uzunluk arasında belirli bir ilişki vardır.

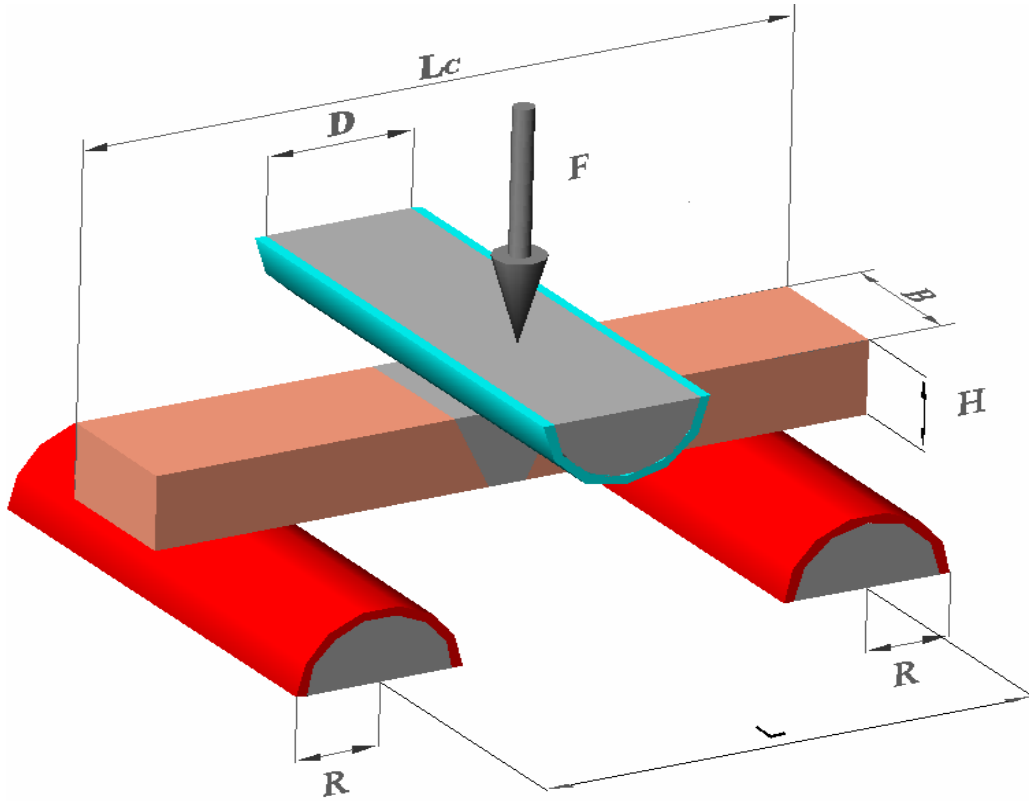


Şekil 6.2. Çekme deneyinde gerilim-gerinim eğrisi

6.2.2. Eğme deneyi

Eğmeye zorlanan bir çubuk boyunca, orta kısımdaki gerilmemiş doğal (nötr) liften başlayarak çevreye doğru artarak kenar bölgede maksimum değere ulaşan çekme ve basınç gerilmeleri etkiler. Aslında eğme gerilmeleri de çekme ve basınç gerilmeleri gibi etkileyen normal gerilmelerdir. Eğmeye zorlanan bir çubuğun hesaplanmasında, çekme ve basma deneylerinde elde edilen mukavemet değerleri esas alınabilir. Eğme deneyi özellikle yumuşak malzemelere tatbik edilmektedir[11].

Eğme deneyindeki amaç, kaynaklı ve kaynaklı olmayan numunelerin oda sıcaklığında çatlamadan katlanabileceği veya katlanamadığını tespit etmektir. A kalınlığındaki levhaların belirli bir çapta eğme mandreni ile iki yuvarlatılmış mesnet arasında basılarak katlanır. DIN 17100'e göre kaynak dikişinin eğme deneyinde uygulanan esaslar aşağıda verilmiştir. Eğme deneyi prensip seması şekil 6.3. de verilmektedir[12].



Şekil 6.3. Eğme deneyi şeması[12]

$$K.M. = \sigma_{e,max} = \frac{8.P_{MAX}.L}{\pi.D^3} = \frac{2,54.P_{MAX}.L}{D^3} \quad (6.1)$$

K.M = Kırılma Modülü kg/mm²,

D = Numune Çapı,

B = Numune Genişliği

$$\varepsilon = \frac{6.Y.H}{L^2} \quad (6.2)$$

ε = Elastik Deformasyon

Y = Eğilme Miktarı

L= Mesnet Uzaklığı

H = Numune Kalınlığı

$$E_e = \frac{P.L^3}{4.Y.B.H^3} \quad E = \frac{P.L^3}{48.I.Y} \quad (6.3)$$

$$\frac{M}{I} = \frac{E}{R} \quad (6.4)$$

M= Moment

I= Eylemsizlik momenti

E= Elastik Modül

R= Eğilme esnasındaki eğrilik yarıçapı

$$M_e = \frac{P.L}{4} \quad (6.5)$$

Me = Eğme Momenti (kg-mm)

P = Uygulanan Kuvvet (kg)

L= Mesnet merkezleri arası uzaklık (mm)

Eğilme Dayanımı kırılma modülü,

$$\sigma_{e,MAX} = \frac{M.c}{I} = \frac{M}{I/c} = \frac{M}{Z} \quad (6.6)$$

Dikdörtgen kesit,

$$I = \frac{B.H^3}{12} \quad Z = \frac{B.H^2}{6} \quad (6.7)$$

$$\sigma_{e,MAX} = \frac{M_e}{Z} = \frac{P_{MAX} \cdot L}{4 \cdot Z} \quad (6.8)$$

$Q_{e,max}$ = Eğilme Dayanımı (veya kırılma modülü) L= Mesnetler arası uzaklık

P_{max} = Kırılma anında uygulanan maksimum kuvvet (kg)

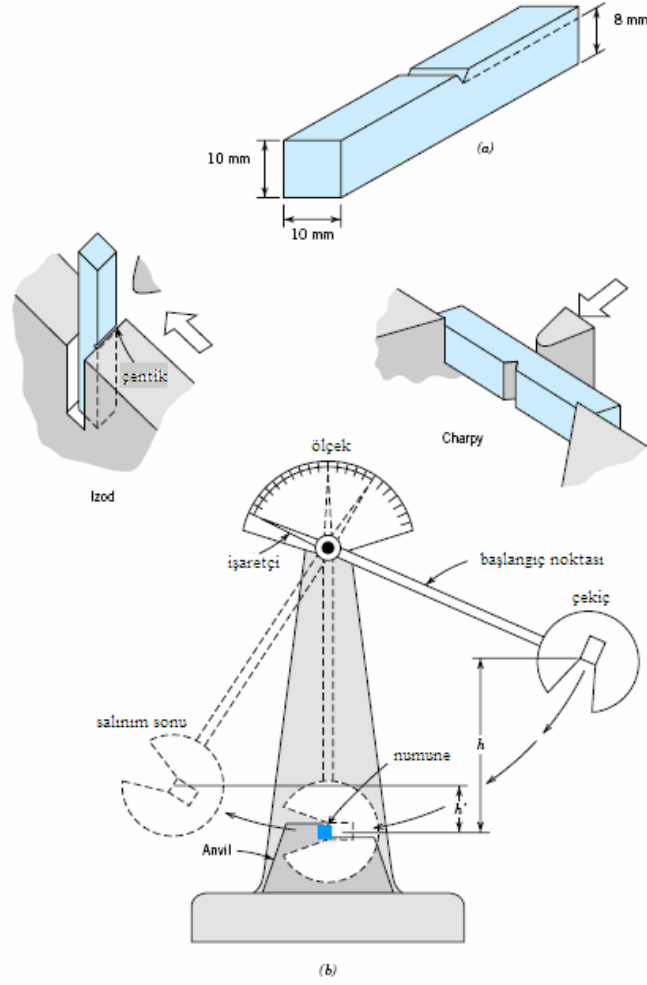
M_e = Eğme momenti (kg-mm)

Z = Kesit modülü (mm³)

6.2.3. Çentik darbe deneyi

Çentik darbe deneyinde amaç, malzemenin bünyesinde muhtemelen bulunacak bir gerilim konsantrasyonunun (gerilim birikiminin) darbe esnasında çentik tabanında suni olarak teşkil ettirilip, malzemenin bu durumda dinamik zorlamalara karşı göstereceği direnci tayin etmektir.

Deney esnasında, numune kırılmadan önce çoğu zaman plastik biçim değiştirme meydana gelir. Uygulanan kuvvet etkisi ile normal (dik) gerilime ilaveten, bununla yaklaşık olarak 45° farklı bir kayma gerilimi etki etmeğe başlar. Kayma gerilimi, kayma dayanımını (kritik kayma gerilimi) aştığı an, elastik (esnek) özellik sona erer ve plastik biçim değiştirme başlar. Bu durumda önce plastik biçim değiştirme, daha sonra kırılma meydana gelir. Buna sünek kırılma hali denir ve kırılma yüzeyi girintili çıkıntılı bir görünüştedir.



Şekil 6.4.Çentik darbe deneyi

Çentikli darbe deneyleri genellikle, iki türde yapılmaktadır;

1. Charpy Darbe Deneyi
2. İzod Darbe Deneyi

Darbe deneyinde, numunenin dinamik bir zorlama altında kırılması için gereken enerji miktarı tayin edilir. Bulunan değer, malzemenin darbe direnci (darbe mukavemeti) olarak tanımlanır. Bu deneylerde, Şekil (6.4.)'de şematik olarak gösterilen sarkaç tipi cihazlardan faydalanılır. Ağırlığı G olan sarkaç, h yüksekliğine çıkarıldığında potansiyel enerjisi ($G \times h$) mertebesindedir. Sarkaç bu yükseklikten serbest bırakıldığında, düşey bir düzlem içinde hareket ederek numuneyi kırar ve

aksi istikamette h_1 yüksekliğine kadar çıkar. Böylece, numunenin kırılmasından sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji ($G \times h_1$) mertebesinde demektir. Sarkacın, numune ile temas haline geldiği andaki potansiyel enerji ile numune kırıldıktan sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji farkı, o numunenin kırılması için gereken enerjiyi başka bir deyimle, darbe direncini verir. Bu enerji aşağıdaki formülle de gösterilebilir:

$$\text{Kırılma enerjisi} = G (h - h_1) = G.L. (\cos\beta - \cos\alpha)$$

G = Sarkacın ağırlığı (kg)

L = Sarkacın ağırlık merkezinin, sarkacın salınım merkezine uzaklığı (m),

h = Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği (m),

h_1 = Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (m),

α = Düşme açısı (derece),

β = Yükseliş açısı (derece),

Darbe direnci (kg-m) veya (kg-m/cm²) cinsinden ifade edilmektedir.

Bu deney tamamen ampirik olduğu ve şartlar değiştikçe malzeme farklı özellik gösterdiği için numunelerin cihaza uygun bir şekilde yerleştirilmesi, doğru sonuç alma yönünden önemlidir[11].

6.2.4. Sertlik ölçme deneyi

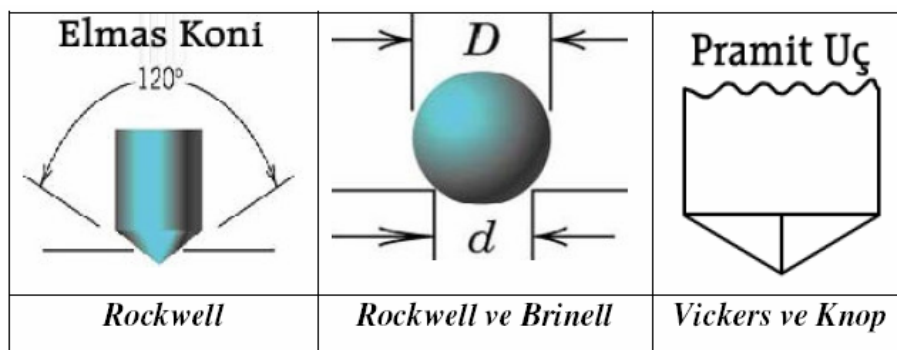
Malzemeler üzerinde yapılan en genel deney, sertliğinin ölçülmesidir. Bunun başlıca sebebi, deneyin basit oluşu ve diğerlerine oranla numuneyi daha az tahrip etmesidir. Diğer avantajı ise, bir malzemenin sertliği ile diğer mekanik özellikleri arasında paralel bir ilişkinin bulunmasıdır. Örneğin çeliklerde, çekme mukavemeti sertlik ile doğru orantılıdır; dolayısıyla, yapılan basit sertlik ölçmesi neticesinde malzemenin mukavemeti hakkında bir fikir edinmek mümkündür[10].

Sertlik izafi bir ölçü olup sürtünmeye, çizmeğe, kesmeğe ve plastik deformasyona karşı direnç olarak tarif edilir. Laboratuarlarda özel cihazlarla yapılan sertlik ölçümlerindeki değer, malzemenin plastik deformasyona karşı gösterdiği dirençtir.

Sertlik ölçme genellikle, konik veya küresel Standard bir ucun malzemeye batırılmasına karşı malzemenin gösterdiği direnci ölçmekten ibarettir. Uygun olarak seçilen sert uç, tatbik edilen bir yük altında malzemeye batırıldığında malzeme üzerinde bir iz bırakacaktır. Genel deyimle malzemenin sertliği, bu izin büyüklüğü ile ters orantılıdır.

Bugün laboratuarlarda uygulanan sertlik ölçme yöntemleri şunlardır:

- 1.Brinell sertlik ölçme yöntemi,
- 2.Rockwell sertlik ölçme yöntemi,
- 3.Vickers sertlik ölçme yöntemi,
- 4.Mikro- sertlik deneyi.



Şekil 6.5. Sertlik deneyi bilya çeşitleri[12]

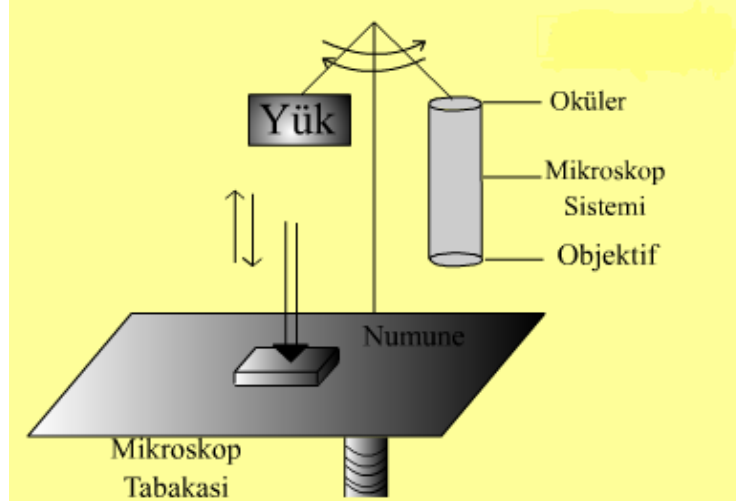
Sertlik ölçmeleri yapılırken kullanılan ölçme yöntemi ne olursa olsun, numunelerin üzerinde birkaç ölçme yapıp ortalamasının alınması gerekir. Yapılan sertlik ölçümlerindeki değerler birbirinden çok farklı ise, farklı değer ortalamaya dahil edilmeyip bu farkın mevcudiyeti mutlaka belirtilmelidir.

6.2.4.1. Mikro-sertlik deneyi

Bu deney, özellikle çok küçük numunelerin ve ince saçların sertliklerini ölçmede elverişlidir. Karbür ize, dekarbürize ve azotla sertleştirilmiş yüzeylerle, elektrolitik olarak kaplanmış malzemelerin sertlikleri de bu deney ile tespit edilebilir. Ayrıca, metalik alaşımlarda fazların sertliklerinin tespitinde, segregasyonların ve cam, porselen, metalik karbürler gibi çok sert ve kırılğan malzemelerin sertliklerini ölçmede de kullanılır. Deney malzemesinin sertliğine göre seçilen uygun yükler için, batıcı ucun malzemeye girdiği derinlik hiç bir zaman “1” mikronu geçmez.

Mikro - sertlik aleti hassas bir alet olup kontrolü otomatiktir. Diğer sertlik ölçme aletlerinden farklı olan yanı, aletin komple metal mikroskobunu ihtiva etmesidir. Sertliği ölçülecek numune mikroskobun tablasına oturtulur ve okülerde net görüntü elde edinceye kadar mikroskop tablası hareket ettirilir. Bundan sonra mikroskop tablası elle, sertlik ölçen kısmın altına getirilir ve düğmeye basarak sertlik ölçen ucun hareketi sağlanır. Uç, otomatik olarak numuneye batar ve 20 saniye sonra yine otomatik olarak geriye döner. Böylece numunenin üzerinde bir iz elde edilir. izin boyutlarını ölçmek için mikroskobun tablası yine elle objektifin altına getirilir ve okülerden iz gözlenir. Oküler üzerindeki özel taksimat ile izin boyutları tespit edilir.

Mikro – sertlik deneyi için iki standart uç kullanılır. Birincisi 136°'lik tabanı kare olan piramit uç (vickers ucu)dur. Diğeri ise knoop ucu diye bilinen 172° 30'lik piramit ucudur[13].



Şekil 6.6. Mikro-sertlik deneyinin yapıış şeması

136°'lik uç malzeme üzerine kare şeklinde iz bırakmasına rağmen, knoop ucu eşkenar dörtgen şeklinde bir iz bırakır.

6.3. Tahribatsız Testler

Tahribatsız muayene, Kullanım amacı için gerekli olan özellikleri bozmadan, hasar vermeden gerektiğinde tüm malzemenin muayenesine imkân veren deneylerdir. İncelenen bölgedeki hataların nereden kaynaklandığını bulup üretim başlangıcında hataları düzeltme imkânı verir. Dolayısıyla üretilen malzemenin güvenilirliğini artırır.

Tahribatsız muayene yöntemlerinin iyi bilinmesi, içyapının daha güvenilir şekilde incelenmesine olanak sağlar. Tahribatsız muayene, parça üzerinde hiçbir hasar veya iz bırakmaz. Bu açıdan tahribatsız muayene yöntemleri bitmiş parçalara uygulanır. Deney sonucunda parçanın hata içerip içermediği belirlenir.

Tahribatsız test uygulama yöntemleri aşağıda verilmiştir:

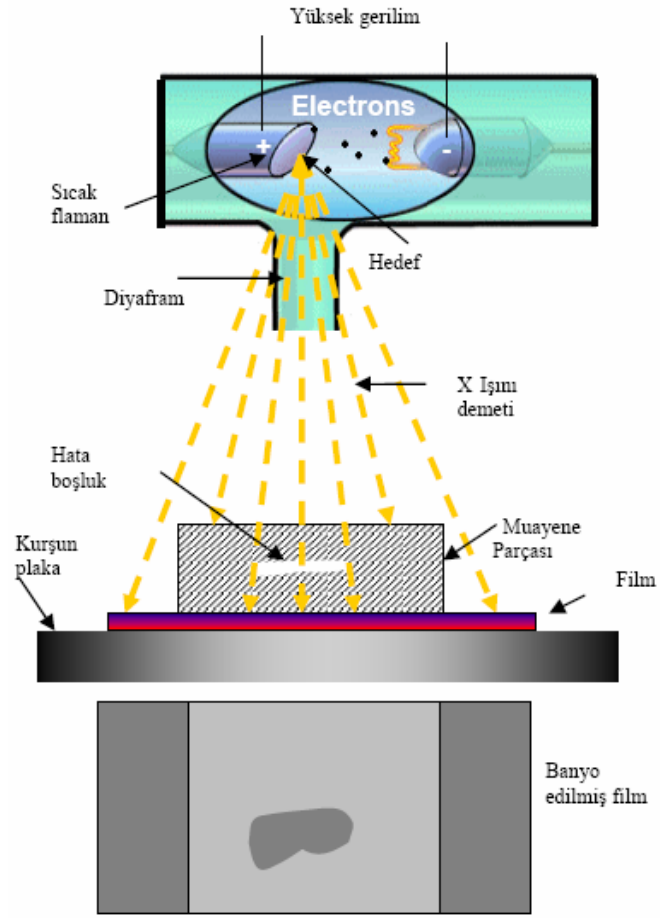
- a) Sıvı penetran testi
- b) Manyetik parçacık testi
- c) Ultrasonik test

d) Radyografik muayene

6.3.1. Radyografik muayene

Radyografik muayene metodu yöntemin son derece hassas ve kayıtların kalıcı olmasından dolayı oldukça yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Muayenelerin sağlıklı ve güvenilir sonuçlar verebilmesi için standartlara göre yapılması gerekir. Bu standartlar malzeme cinsine ve/veya ürün türüne göre hazırlanmıştır. Ayrıca muayenenin yapılışına yönelik uygulama standartları ile kabul edilebilir seviyelerinin verildiği uygulama standartları vardır. Muayene parçasının özelliklerine göre uygun standartlar belirlenerek muayene yapılır.

Test malzemesi radyasyon kaynağında çıkan (x veya gama ışınları) radyasyon demetiyle ışınlanır. Radyasyon malzemeye nüfuz edip geçtikten sonra malzemenin arka tarafına yerleştirilmiş olan filme ulaşır. Süreksizliklerin radyasyonu farklı soğumaları nedeniyle, süreksizliklerin olduğu bölge/bölgelerden geçen radyasyonun şiddeti film üzerinde farklı etkileşmelere yol açar. Banyo işleminden sonra bu farklı etkileşimler film üzerinde farklı kararmalar olarak kendini belli edecektir[11].



Şekil 6.7. Radyografik muayenenin prensibi[14].

BÖLÜM 7.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

7.1.Giriş

Ebatları 150x500 ve 150x1000 olan 16 mm kalınlığındaki AH 36 çeliğinin farklı kaynak yöntemleri ve değişik parametrelerde kaynatılarak tahribatsız ve tahribatlı testler için; radyografik muayene, çekme, eğme, makro ve mikro sertlik numuneleri standartlar çerçevesinde çıkarılmıştır.



Şekil 7.1. Test parçaları

7.2.Test Parçalarının Hazırlanması

Farklı kaynak yöntemleriyle birleştirilecek test parçaları NUMOREK NXB 7000 plazma kesme makinesinde 150x500 ve 150x1000 ebatlarında kesilmiştir. Kaynatılacak olan numuneler kesildikten sonra kaynak ağızı açma makinesinde kaynak ağızları açılmıştır. Kaynakta kullanılacak olan bazik elektrotlar kurutma fırınlarında 300 °C sıcaklıkta 2 saat süre ile kurutulduktan sonra kaynak işleminde

kullanılmıştır. Daha sonra istenilen şekilde kaynatılan numuneler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır.

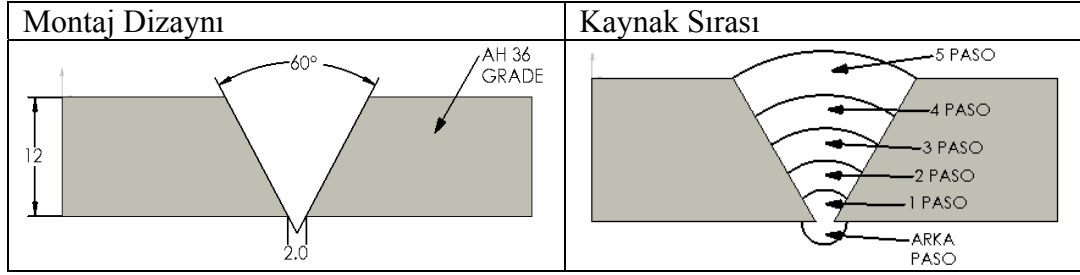
Tablo 7.1. Farklı kaynak yöntemi uygulanan numunelerin gruplandırılması

E1	Elektrik Ark Kaynaklı Numune 1
E2	Elektrik Ark Kaynaklı Numune 2
E3	Elektrik Ark Kaynaklı Numune 3
G1	MIG-MAG Kaynaklı Numune 1
G2	MIG-MAG Kaynaklı Numune 2
G3	MIG-MAG Kaynaklı Numune 3
T1	Tozaltı Kaynaklı Numune 1
T2	Tozaltı Kaynaklı Numune 2
T3	Tozaltı Kaynaklı Numune 3

7.3. Test Parçalarına Farklı Kaynak Yöntemlerinin Uygulanması

Elektrik ark kaynak yöntemiyle 16 mm kalınlığındaki AH 36 Grade sacının (E1-E2-E3 numuneleri) kaynak prosedürü

Temizleme ve kaynağa hazırlama metodu: Kaynatılacak malzeme yüzeyi kir, nem ve yağdan temizlendi. Kaynak yapılacak numunelerin çarpılmaması için altlarına daha sonra sökülme üzere parçalar kaynatıldı. Böylece puntalama sırasında oluşabilecek hataların önüne geçirdi. Ayrıca kaynak başlangıç ve bitiş noktalarında hata olmaması için önden başlayıp sondan çıkmak için başlangıç ve bitim yerlerine küçük parçalar kaynatıldı. Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra parçalar oda sıcaklığında soğumaya bırakıldı.



Şekil 7.2. Elektrik ark kaynaklı numunelerin montaj dizaynı

Test parçaları kaynatılırken elektrik ark kaynağının değişken parametrelerinde ve kaynak pasoları arasında değişiklikler yapılarak kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 7.2. Elektrik ark kaynağı 1 numune kaynak parametreleri

Kaynak Paso Sayısı	1 Paso	2 Paso	3 Paso	4 Paso	Arka Paso
Kullanılan Elektrot	b-248	b-248	b-248	b-248	b-248
Akım Şiddeti (Amper)	170	180	180	170	170
Elektrot Adedi	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Elektrot Simgesi	E 42	E 42	E 42	E 42	E 42
Pens Malzeme Arası Mesafe (mm)	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
Kaynak Hızı (cm/dk)	12	12	12	12	12
Kutuplama	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)

Tablo 7.3. Elektrik ark kaynağı 2 numune kaynak parametreleri

Kaynak Paso Sayısı	1 paso	2 paso	3 paso	4 paso	5 paso	Arka paso
Kullanılan Elektrot	b-248	b-248	b-248	b-248	b-248	b-248
Akım Şiddeti (amper)	170	170	170	180	170	170
Elektrot Adedi	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Elektrot Simgesi	E 42	E 42	E 42	E 42	E 42	E 42
Pens Malzeme Arası Mesafe (mm)	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
Kaynak Hızı (cm/dk)	12	12	12	12	12	12
Kutuplama	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)

Tablo 7.4. Elektrik ark kaynağı 3 numune kaynak parametreleri

Kaynak Paso Sayısı	1 paso	2 paso	3 paso	4 paso	5 paso	Arka paso
Kullanılan Elektrot	b-248	b-248	b-248	b-248	b-248	b-248
Akım Şiddeti (amper)	170	190	200	200	170	170
Elektrot Adedi	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Elektrot Simgesi	E 42	E 42	E 42	E 42	E 42	E 42
Pens Malzeme Arası Mesafe (mm)	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
Kaynak Hızı (cm/dk)	12	14	14	14	12	12
Kutuplama	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)

AH 36 GRADE Gemi Çeliğinin Kimyasal Ve Fiziksel Özellikleri:

Tablo 7.5. AH 36 gemi sacının kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal Bileşim								
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Ti
X100			X1000		X100			X100
13	108	22	16	15	4	2	3	44

Mekanik Özellikleri			
Akma Mukavemeti (Mpa)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	% Uzama	Kesit Daralması
484 Mpa	540 Mpa	23,5 %	36 %

B-248 Elektrodun Kimyasal ve Mekanik Özellikleri:

Tablo 7.6. B-248 elektrodun kimyasal ve mekanik özellikleri

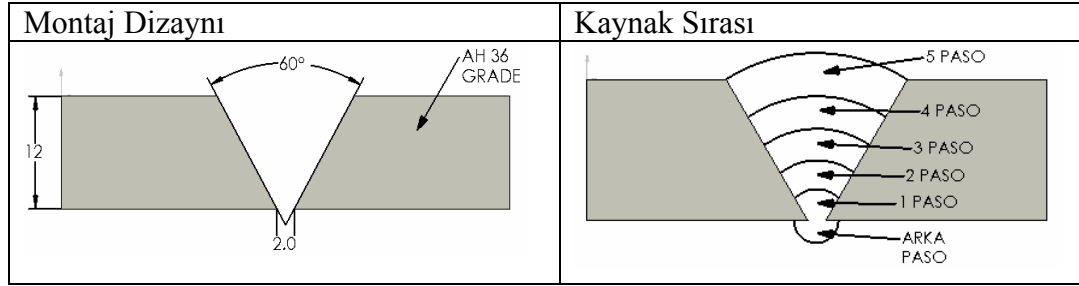
Tipik Kimyasal Bileşim		
C	Si	Mn
0,07	0,5	0,9

Mekanik Özellikleri			
Akma Mukavemeti (Mpa)	Sekme Mukavemeti (Mpa)	Darbe Dayanımı (Joule)	Uzama (L=5d) (%)
460	530	-30 °C: 110 -40 °C : 80	28

MIG-MAG kaynak yöntemiyle 16 mm kalınlığındaki AH 36 Grade sacının (G1-G2-G3 numuneleri) kaynak prosedürü

Temizleme ve kaynağa hazırlama metodu: Kaynatılacak malzeme yüzeyi kir, nem ve yağdan temizlendi. Kaynak yapılacak numunelerin çarpılmaması için altlarına daha sonra sökülmek üzere parçalar kaynatıldı. Böylece puntalama sırasında oluşabilecek

hataların önüne geçildi. Ayrıca kaynak başlangıç ve bitiş noktalarında hata olmaması için önden başlayıp sondan çıkmak için başlangıç ve bitim yerlerine küçük parçalar kaynatıldı. Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra parçalar oda sıcaklığında soğumaya bırakıldı.



Şekil 7.3. MIG-MAG kaynaklı numunelerin montaj dizayn detayı

Tablo 7.7. Gazaltı kaynağı 1 numune kaynak parametreleri

Kaynak Paso Sayısı	1 Paso	2 Paso	3 Paso	4 Paso	Arka Paso
Koruyucu Gazın Bileşimi	% 80 Ar + % 20 Co2	% 80 Ar + % 20 Co2	% 80 Ar + % 20 Co2	% 80 Ar + % 20 Co2	% 80 Ar + % 20 Co2
Akım Şiddeti (Amper)	225	250	250	240	240
Gerilim (Volt)	21,9	30	30	30,4	30,4
Tel Çapı (ø)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Tel Simgesi	SG3	SG3	SG3	SG3	SG3
Tel İlerleme Hızı (m/dk)	9	9	9	9	9
Kaynak Hızı (cm/dk)	40	42	42	40	40
Koruyucu Gazın Basıncı (lt/dk)	12	12	12	12	12
Kutuplama	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)

Tablo 7.8. Gazaltı kaynağı 2 numune kaynak parametreleri

Kaynak Paso Sayısı	1 Paso	2 Paso	3 Paso	4 Paso	Arka Paso
Koruyucu Gazın Bileşimi	% 80 Ar + % 20 Co2	% 80 Ar + % 20 Co2	% 80 Ar + % 20 Co2	% 80 Ar + % 20 Co2	% 80 Ar + % 20 Co2
Akım Şiddeti (Amper)	225	260	260	250	250
Gerilim (Volt)	21,9	31,3	31,3	30	30
Tel Çapı (ø)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Tel Simgesi	SG3	SG3	SG3	SG3	SG3
Tel İlerleme Hızı (m/dk)	9	10	10	9	9
Kaynak Hızı (cm/dk)	40	43	43	42	42
Koruyucu Gazın Basıncı (lt/dk)	12	12	12	12	12
Kutuplama	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)

Tablo 7.9. Gazaltı kaynağı 3 numune kaynak parametreleri

Kaynak Paso Sayısı	1 Paso	2 Paso	3 Paso	4 Paso	Arka Paso
Koruyucu Gazın Bileşimi	% 80 Ar + % 20 Co2	% 80 Ar + % 20 Co2	% 80 Ar + % 20 Co2	% 80 Ar + % 20 Co2	% 80 Ar + % 20 Co2
Akım Şiddeti (Amper)	225	285	285	260	260
Gerilim (Volt)	21,9	32	32	29.7	29.7
Tel Çapı (ø)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Tel Simgesi	SG3	SG3	SG3	SG3	SG3
Tel İlerleme Hızı (m/dk)	9	10	10	9	9
Kaynak Hızı (cm/dk)	40	48	48	43	43
Koruyucu Gazın Basıncı (lt/dk)	12	12	12	12	12
Kutuplama	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)

AH 36 GRADE Gemi Çeliğinin Kimyasal Ve Fiziksel Özellikleri:

Tablo 7.10. AH 36 gemi sacının kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal Bileşim								
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Ti
X100			X1000		X100			X100
13	108	22	16	15	4	2	3	1,4

Mekanik Özellikleri			
Akma Mukavemeti (Mpa)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	% Uzama	Kesit Daralması
484 Mpa	540 Mpa	23,5 %	36 %

Kullanılan Özlü Tel SG3 Telinin Kimyasal ve Mekanik Özellikleri:

Tablo 7.11. SG3 telin kimyasal ve mekanik özellikleri

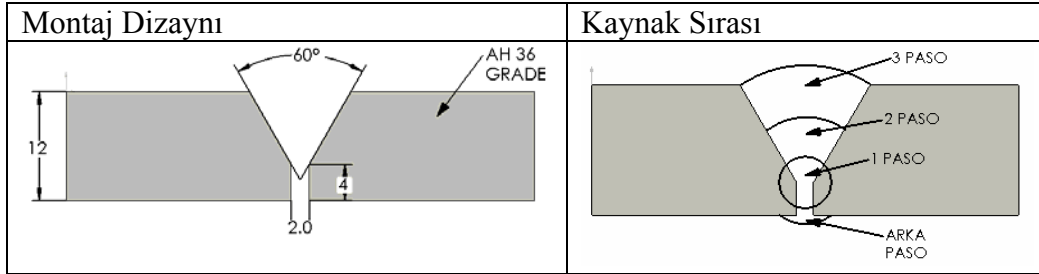
Tipik Kimyasal Bileşim (%)				
C	Mn	Si	P	S
0,06	1,2	0,6	< 0,015	< 0,015

Mekanik Özellikleri			
Akma Mukavemeti (Mpa)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	Darbe Dayanımı (Joule)	Uzama (L=5d) (%)
470 Mpa	570 Mpa	25	—30°C 60J

Tozaltı kaynak yöntemiyle 16 mm kalınlığındaki AH 36 Grade sacının (T1-T2-T3 numuneleri) kaynak prosedürü

Temizleme ve kaynağa hazırlama metodu: Kaynatılacak malzeme yüzeyi kir, nem ve yağdan temizlendi. Kaynak yapılacak numunelerin çarpılmaması için altlarına daha sonra sökülme üzere parçalar kaynatıldı. Böylece puntalama sırasında oluşabilecek hataların önüne geçildi. Ayrıca kaynak başlangıç ve bitiş noktalarında hata olmaması için önden başlayıp sondan çıkmak için başlangıç ve bitim yerlerine küçük parçalar

kaynatıldı. Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra parçalar oda sıcaklığında soğumaya bırakıldı.



Şekil 7.4. Tozaltı kaynaklı numunelerin montaj dizaynı detayı

Tablo 7.12. Tozaltı kaynağı 1 numune kaynak parametreleri

Kaynak Paso Sayısı	1 Paso	2 Paso	3 Paso	Arka Paso
Koruyucu Toz Bileşimi	ELİFLUX BFB	ELİFLUX BFB	ELİFLUX BFB	ELİFLUX BFB
Akım Şiddeti (Amper)	380	450	500	500
Gerilim (Volt)	29	33	32	32
Tel Çapı (ø)	4	4	4	4
Tel Simgesi	S2	S2	S2	S2
Torç-Malzeme Arası Mesafe(mm)	3-3,5	3-3,5	3-3,5	3-3,5
Kaynak Hızı (cm/dk)	45	45	44	44
Kutuplama	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)

Tablo 7.13. Tozaltı kaynağı 2 numune kaynak parametreleri

Kaynak Paso Sayısı	1 Paso	2 Paso	3 Paso	Arka Paso
Koruyucu Toz Bileşimi	ELİFLUX BFB	ELİFLUX BFB	ELİFLUX BFB	ELİFLUX BFB
Akım Şiddeti (Amper)	380	475	550	550
Gerilim (Volt)	29	34	33	33
Tel Çapı (ø)	4	4	4	4
Tel Simgesi	S2	S2	S2	S2
Torç-Malzeme Arası Mesafe(mm)	3-3,5	3-3,5	3-3,5	3-3,5
Kaynak Hızı (cm/dk)	45	45	46	46
Kutuplama	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)

Tablo 7.14. Tozaltı kaynağı 3 numune kaynak parametreleri

Kaynak Paso Sayısı	1 Paso	2 Paso	3 Paso	Arka Paso
Koruyucu Toz Bileşimi	ELİFLUX BFB	ELİFLUX BFB	ELİFLUX BFB	ELİFLUX BFB
Akım Şiddeti (Amper)	380	500	600	600
Gerilim (Volt)	29	34	34	34
Tel Çapı (ø)	4	4	4	4
Tel Simgesi	S2	S2	S2	S2
Torç-Malzeme Arası Mesafe(mm)	3-3,5	3-3,5	3-3,5	3-3,5
Kaynak Hızı (cm/dk)	45	47	48	48
Kutuplama	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)

AH 36 GRADE Gemi Çeliğinin Kimyasal Ve Fiziksel Özellikleri:

Tablo 7.15. AH 36 gemi sacının kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal Bileşim								
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Ti
X100			X1000		X100			X100
13	108	22	16	15	4	2	3	1,4

Mekanik Özellikleri			
Akma Mukavemeti (Mpa)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	% Uzama	Kesit Daralması
484 Mpa	540 Mpa	23,5 %	36 %

Kullanılan S2 Toz Altı Teli Kimyasal ve Mekanik Özellikleri:

Tablo 7.16. S2 tozaltı telinin kimyasal ve mekanik özellikleri

Kaynak Telinin Tipik Kimyasal Bileşimi (%)				
C	Si	Mn	P	S
0,12	0,1	1,0	Max 0,025	Max 0,025

Kaynak Telinin Tipik Mekanik Özellikleri				
Tel Türü	Akma Dayanımı (Mpa)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	Çentik Dayanımı ISO-V (J)	Uzama Lo=5d0 (%)
S2	462	524	60 (-20C) 55 (-30C)	30

Kullanılan Bazik Karakterli Toz Altı Kaynağı Tozu ELIFLUX BFB'nin Kimyasal ve Mekanik Özellikleri:

Tablo 7.17. ELIFLUX BFB tozaltı tozunun kimyasal ve mekanik özellikleri

Kaynak Tozunun Tipik Kimyasal Bileşimi (%)			
Tel Türü	C	Si	Mn
S2	0,06/0,07	0,25/0,35	1,20/1,50

Kaynak Tozunun Tipik Mekanik Özellikleri				
Toz Türü	Akma Dayanımı (Mpa)	Çekme Dayanımı (Mpa)	Çentik Dayanımı ISO-V (J)	Uzama (%)
ELIFLUX BFB	420	500	60 (-20C)	Min 22

7.4. Kaynaklı Numunelerin Gözle Muayenesi

Kaynatılan deney numuneleri kaynak sonrası yüzeysel olarak gözle görülen hatalarının kontrolü yapılmıştır. Bu muayenede “ANSI/AWS D9.190 Sheet Metal Welding Code” esas alınmıştır. Gözle muayenede kaynaktan sonra parça yüzeyinde kaynak yüksekliği, kaynak dikiş tırtıkları, yanma olukları, sıçramalar ve dikiş kök sarkması, kökte oluşan yetersiz ergime, dikiş genişliği dikkatlice incelenmiş ve incelemede kabul sınırlarına uyduğu görülmüştür.



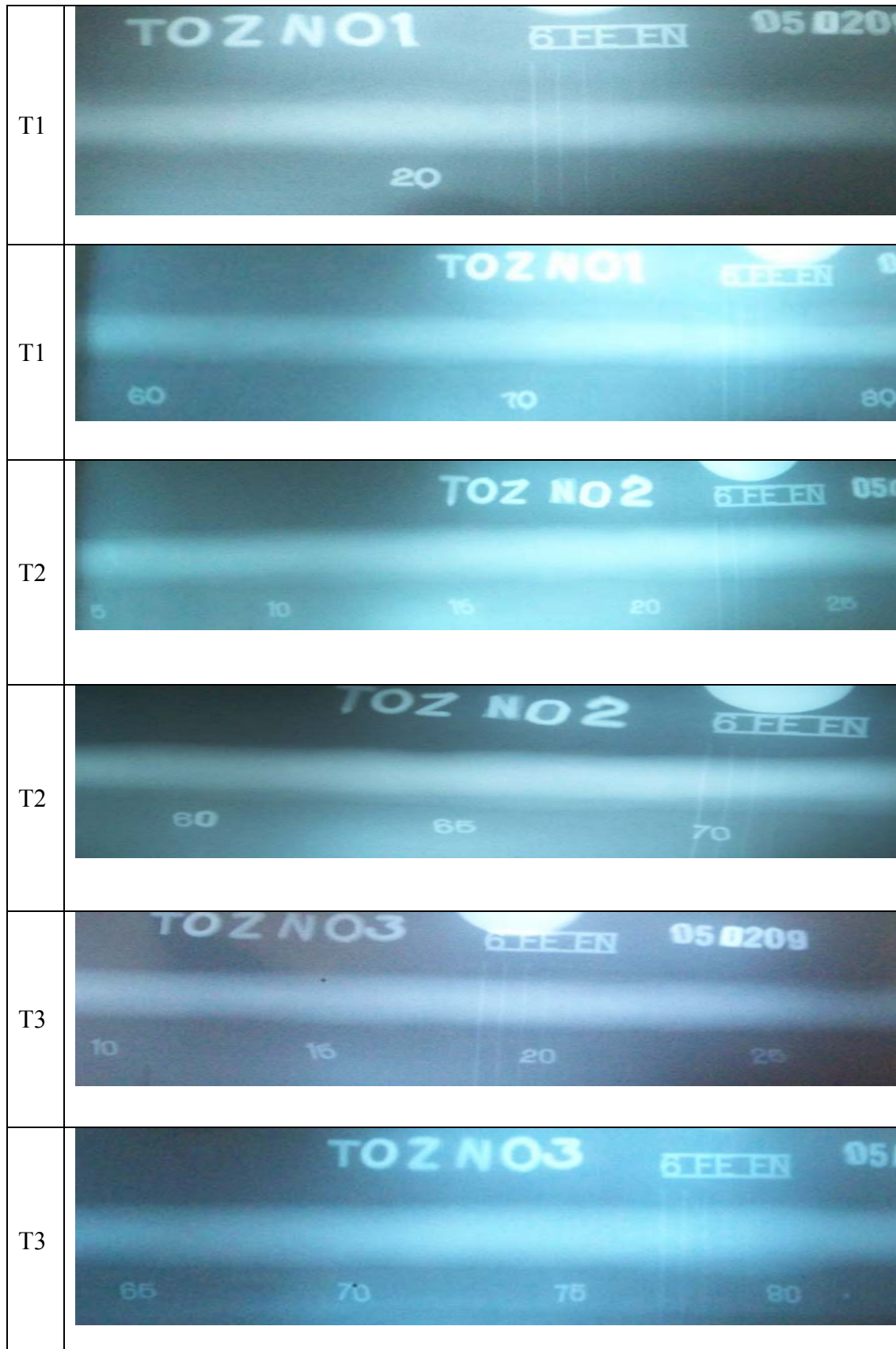
Şekil 7.5. Kaynaklı numunelerin gözle muayenesi

7.5. Radyografik Yöntemle Yapılan Muayene

Kaynatılan test parçalarına radyografik yöntemle muayene yapılmıştır. Sonuçlardan çıkan filmlerde görülen kümelenmiş gözenek ve yetersiz ergimelerin olduğu kısımlar belirlenerek test numuneleri bu kısımların dışından çıkarılmıştır. Radyografik Muayene DEKA Test Makine Mühendislik San. ve Tic. A. Ş. ’ de EN-1435/EN-12517’e göre γ -ışını Ir-192 cihazı ile 34 Ci enerjiyle 10x48 cm boylarında film kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 7.6. Radyografik yöntemle test numunelerinin filmlerinin görüntüleri.



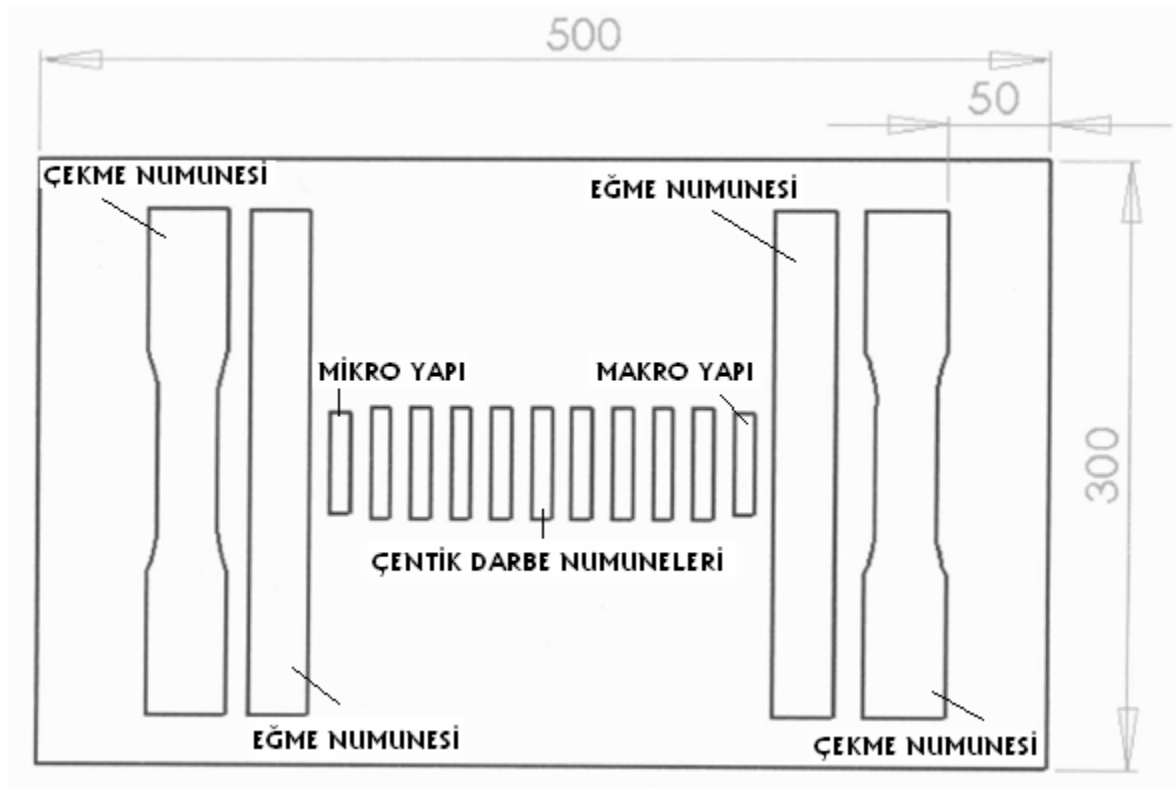
Şekil 7.6. (Devam) Radyografik yöntemle test numunelerinin filmlerinin görüntüleri.

Siparişi Veren Customer		DENTAŞ		Test Standardı Examination Standart		EN 1435 <input checked="" type="checkbox"/> ASME SEC. V <input type="checkbox"/>		Gamma Ray Cihazı Gamma Ray Device		GAMMAMAT								
İşin Tanımı Job Description		KAYNAKÇI TESTİ		Muayene Klası Examination Class		Sınıf A <input type="checkbox"/> Class B <input checked="" type="checkbox"/>		Kaynak Source		Se 75 <input type="checkbox"/> Ir 192 <input checked="" type="checkbox"/>								
Test Yeri Test location		TUZLA/İST		Değerlendirme Standardı Evaluation Standart		EN 12517-1 <input type="checkbox"/> TS EN ISO 5817 <input checked="" type="checkbox"/>		Aktivite (Ci) Activity		34								
Test Edilen Parça Item Tested		TEST PARÇASI		Kabul Seviyesi Acceptance Criteria		Seviye B <input checked="" type="checkbox"/> Level C <input type="checkbox"/>		X-Ray Cihazı X-Ray Device									
Proje/Resim No Project No		-		Malzeme Standardı Material Standart		AH 36		Voltaj / Amper Voltage / Ampere									
Test Kapsamı Test Scope		100%		Kaynak Birleştirme Weld Preparation		Alın Kaynağı Butt Weld <input checked="" type="checkbox"/> Köşe Kaynağı Fillet Weld <input type="checkbox"/>		Çekim Mesafesi FFD (mm)		700								
Malzeme Tipi Material Type		Levha/Plate <input checked="" type="checkbox"/> Boru/Pipe <input type="checkbox"/> Tank/Tank <input type="checkbox"/>		Kaynak Yöntemi Welding Process		Elek Ark-SMAW <input checked="" type="checkbox"/> Toz Altı-SAW <input checked="" type="checkbox"/> Gaz Altı-GTAW <input type="checkbox"/> Gaz Altı-GMAW <input type="checkbox"/> Gaz Altı-FCAW <input checked="" type="checkbox"/>		Film Tipi Film Type		AGF D4 D5 D7 A <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>								
Basınçlı Kap St. Press vessel Code								Film Ekranı Tipi Type of Screen		Pb								
								Çekim Pozisyonu Shooting Position		Tek Cidar(SW) <input checked="" type="checkbox"/> Çift Cidar(DW) <input type="checkbox"/>								
HATA TIPLERİ VE KISALTMALAR / TYPE OF DEFECT AND ABBREVIATIONS																		
EN ISO 6520-1	IIW			EN ISO 6520-1	IIW			EN ISO 6520-1	IIW									
101	Ea	Boyuna çatlak / Longitudinal cracks		301	Ba	Curuf kalıntısı / Slug inclusion		600	Diğer süreksizlikler(Gr 1 ve Gr 5 kapsamındaki) / Miscellaneous Imperfections									
1014		Ana metal / parent material		3011		Doğrusal Curuf / Linear												
102	Eb	Enine çatlak / Transverse cracks		3012		Tekil curuf / Isolated		602	Sıçram/Spatter									
1024		Ana metal / parent material		3013		Kümeleşmiş curuf / Clustered		604	Taşlama izi/Grinding Mark									
104	Ec	Kater Çatlak / Crater cracks		3043	H	Diğer metaller / Other material		605	Çentik izi/Chipping Mark									
201	A	Gaz boşluğu / Gas hole		401	C	Yetersiz Ergime/ Lack of fusion												
2011	Aa	Gaz gözenek / Gas porosity		4013		Kaynak kökünde yetersiz ergime / Lack of root fusion												
2013	Ad	Kümeleşmiş gözenekler / Clustered porosity		402	D	Yetersiz nüfuziyet / Lack of penetration												
2014	Ab	Sıralı gözenekler / Wormholes		501		Yanmış olma / Undercut												
2017		Yüzeysel gözenek / surface porosity		5011	F	Devamlı yanmış olma / Continuous undercut												
Sıra No / No	Kaynak No Weld No	Kaynakçı Adı/No Welder Name/ No	Malzeme K. (mm) Material Thick.	Malzeme Çapı Material Diam.	Film Eklenti (cm) Film Size	İşin Süresi (min.) Exposure Time	Penetrant IQI	Okunabilirlik No Density	Kaynak Pozisyonu Weld	HATA TIPLERİ VE KISALTMALAR TYPE OF DEFECTS AND ABBREVIATIONS (EN ISO 6520-1)						Değerlendirme / Evaluation		
										100	200	300	400	500	600	Notlar / Notes	Ön Pre	Nihai Final
1	GAZ NO:1		10		10/48	2	6 FEEN	11	2,35									OK
2	GAZ NO:2		10		10/48	2	6 FEEN	11	2,50						2013			R
3	GAZ NO:3		10		10/48	2	6 FEEN	11	2,60									OK
4	ELEK NO:1		10		10/48	2	6 FEEN	11	2,45									OK
5	ELEK NO:2		10		10/48	2	6 FEEN	11	2,55									OK
6	ELEK NO:3		10		10/48	2	6 FEEN	11	2,60									OK
7	TOZ NO:1		10		10/48	2	6 FEEN	11	2,35									OK
8	"		10		10/48	2	6 FEEN	11	2,45									OK
9	TOZ NO:2		10		10/48	2	6 FEEN	11	2,10					401		0-10		R
10	"		10		10/48	2	6 FEEN	11	2,50									OK
11	TOZ NO:3		10		10/48	2	6 FEEN	11	2,55									OK
12	"		10		10/48	2	6 FEEN	11	2,35									OK
Operator / Operator												Değerlendiren / Supervisor			Onay / Approval			
İsim / Name												Abdullah ŞENAL			Harun DÜNDAR			
Tarih / Date												06.02.2009			06.02.2009			
Seviye / Level												Level 1			Level 2			
İmza / Sign																		

Şekil 7.7.Radyografik test raporu

7.6. Deneysel Numunelerin Çıkarılması

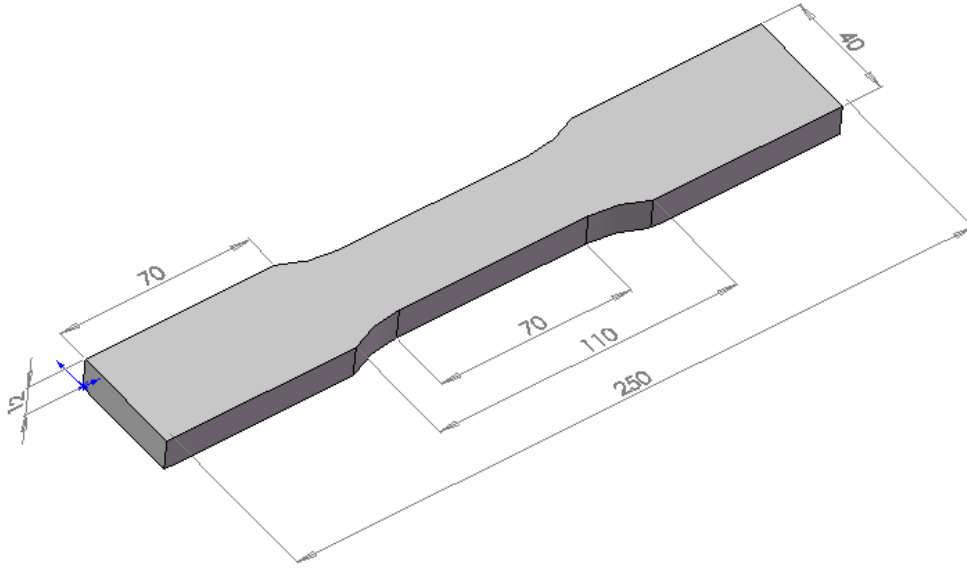
Kaynaklı numunelere radyografik testten sonra 2 adet çekme, 2 adet eğme, 9 adet çentik darbe, 2 adet sertlik ve mikro yapılarının incelenmesi için standartlar çerçevesinde lazerle kesme işlemi uygulanmıştır. Lazer kesim kullanılmasının en önemli sebeplerinden biri numune olan parçaya ısı girdisinin düşük tutulmasıdır ki buda malzemede yapı değişikliklerine sebep vermemektir. Kesme işlemi başlardan 50 mm çıkarılarak yapılmıştır. Sebebi ise kaynak başlama ve bitiminde oluşabilecek hatalardan kaçınmaktır.



Şekil 7.8. Kaynaklı levhalardan test parçalarının çıkarılması

7.7. Çekme Testi Numunesinin Hazırlanması Ve Yapılması

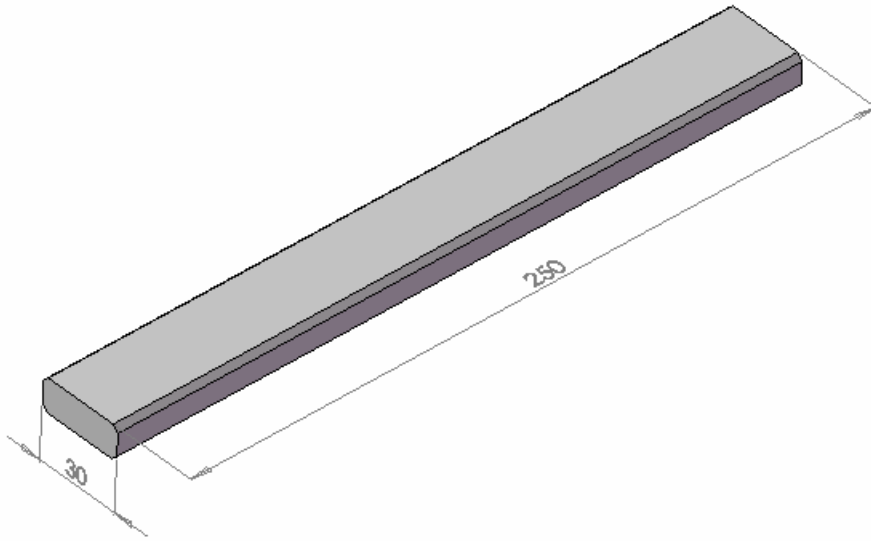
Çekme numuneleri her bir deney plakasından 2'şer adet DIN 50210'a göre hazırlanmıştır. Çekme deneyi numuneleri ALŞA çekme cihazında 2 mm/dk çekme hızıyla test uygulanmıştır.



Şekil 7.9. DIN 50120 standardına göre çekme test numunesi

7.8. Eğme Deney Numunesinin Hazırlanması ve Yapılması

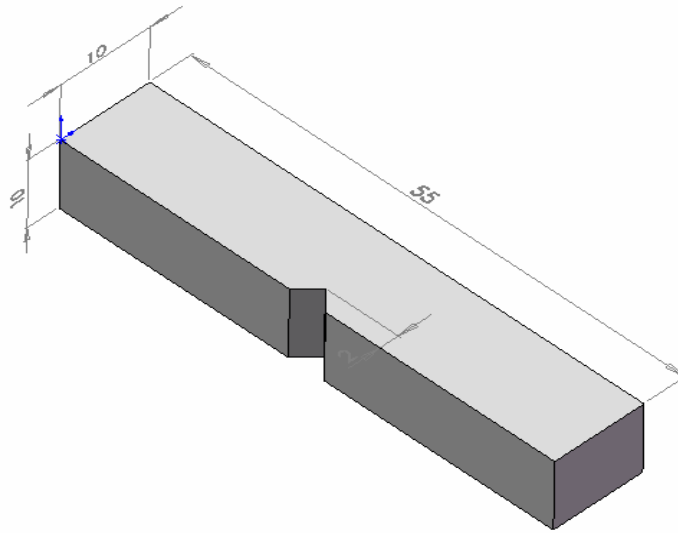
Her plakadan 2'şer adet olmak üzere DIN 50121 standardına göre eğme test numunesi çıkarılmıştır. Eğme deneyi numuneleri ZWICK eğme cihazında 2 mm/dk hızla eğme deneyi yapılmıştır.



Şekil 7.10. DIN 17100 standardına göre eğme test numunesi

7.9. Çentik Darbe Deneyi Numunelerinin Hazırlanması ve Yapılması

Çentik darbe deneyi gemilerde kullanılan metal malzemelerin şartlar değişikçe farklı özellik göstermelerinden ve farklı sıcaklık ortamlarında bulunma zorunluluklarından dolayı numunelerin deney cihazına uygun konumda bulundurulması daha kesin ve net bir sonuç alınması yönünden önemlidir. Çentik darbe deney çalışmasında -40,-30,-20,-10, 0, 10, 20, 30, 40 °C' lere 2 saat süre süre ile soğutulan numunelere darbe deneyi uygulanmış ve sıcaklık farklılıkları sonucunda malzemelerin mekanik özelliklerinin değiştiği görülmüştür. Bu sonuçlar ana malzeme bölgesi, ITAB ve kaynak bölgelerinden TS EN 10045–1 standardına uygun hazırlanmış numunelere yapılmıştır.



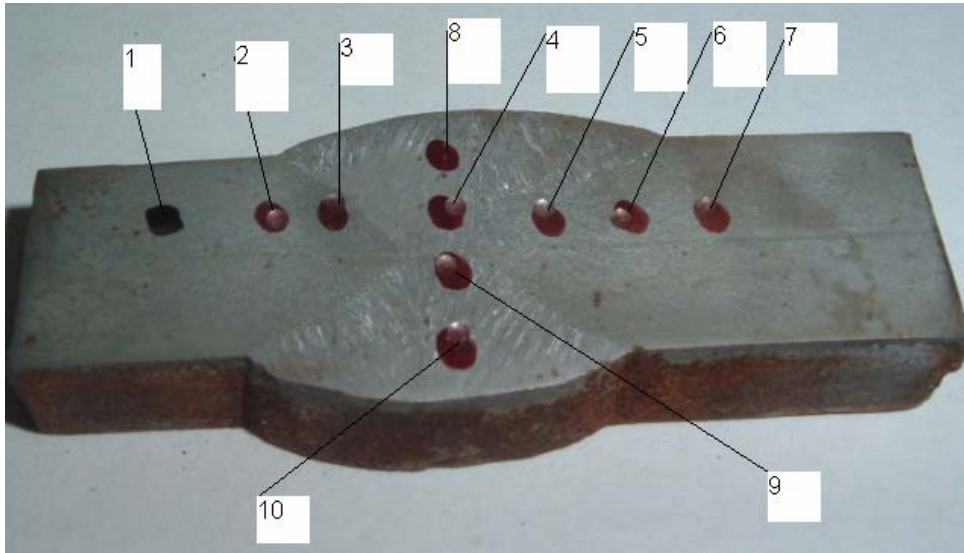
Şekil 7.11. TS EN 10045–1 standardına göre çentik darbe test parçası

7.10. Makro-Mikro Yapı İncelemeleri ve Sertlik Ölçümünün Yapılması

Mikro yapı incelemesinde kullanılacak numuneler ince bir talaş kaldırma işleminden sonra sırasıyla 120, 220, 420, 600, 800, 1000, 1200 numaralı SİC su zımpara kâğıtlarıyla her seferinde 90° döndürülerek her yöne eşit miktarda zımparalanmıştır. Zımparalama işlemi tamamlandıktan sonra elmas parlatıcı ile mikro keçede parlatma yapılmıştır. Parlatılan numuneler nital dağlama asidi ile dağlanmıştır. Dağlanan

numunelerin mikro yapısının incelenmesi CANON marka optik mikroskop ile hazırlanan tüm numunelerin kaynak bölgesi, pasolar arası birleşme bölgesi, kaynak metali-ITAB bölgesi, ITAB bölgesi ve esas metal bölgelerinin 20X, 50X, 100X, 200X, büyütmede mikro ve makro fotoğrafları çekilmiştir.

Fotoğrafları çekilen numunelere sertlik değerleri için Brinell sertlik deneyi uygulanmıştır. Numunelerden sertlik değeri alınırken \varnothing 2,5 olan batıcı uca 187,5 kg.'lık kuvvet uygulanmıştır. Sertlik değerleri batıcı ucun numuneye 8 saniye batılı tutularak alınmıştır. Sertlik ölçümünde digital sertlik cihazı kullanılmıştır.



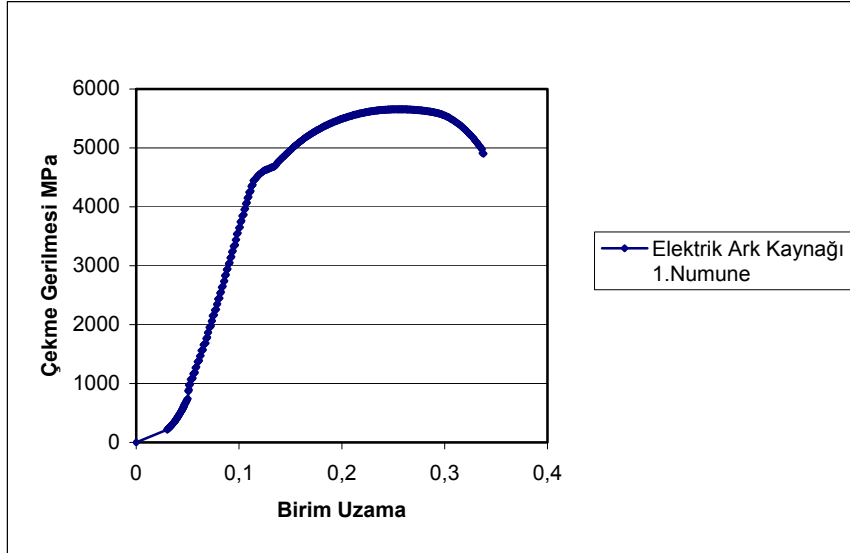
Şekil 7.12. Sertlik alınan bölgeler

BÖLÜM 8. DENEYSEL SONUÇLAR

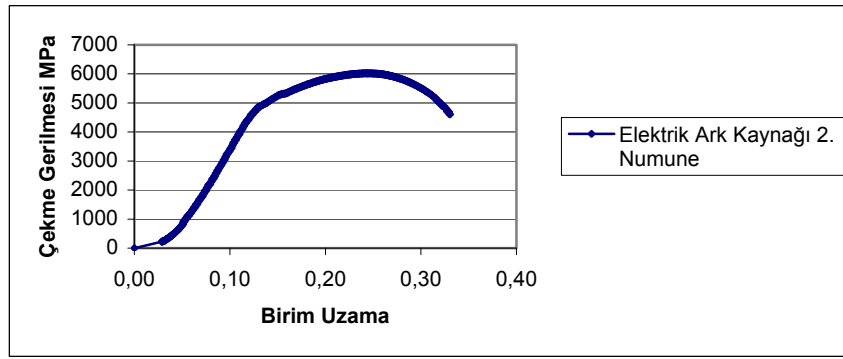
8.1. Çekme Deneyi Sonuçları

Çekme deneyi malzemenin tek doğrultuda sabit hızda ve sıcaklıkta koparıncaya kadar uygulanan yöntemdir. Malzemenin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılır. Bu yöntem malzeme uzamasını bilmemizi sağlar. Deney sonucunda; akma, çekme, kopma mukavemetleri, tokluk rezilyans ve % uzama verileri elde edilir.

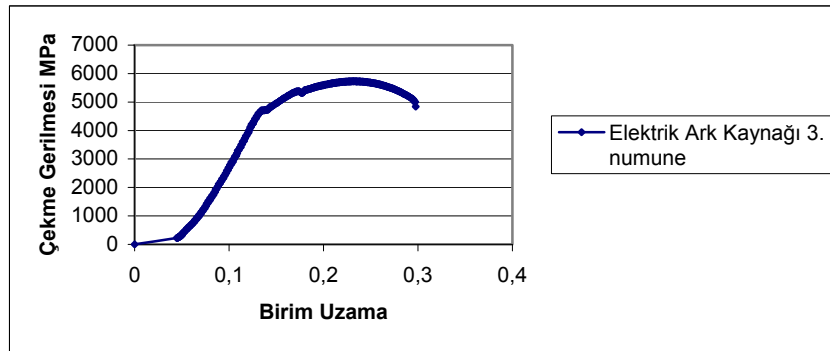
Deney sonucunda elde edilen verilerin birbiri ile karşılaştırması yapılarak malzemeler hakkında bilgi sağlanacaktır. Çekme deneyi sonrası elde edilen diyagramlar çizilmiştir.



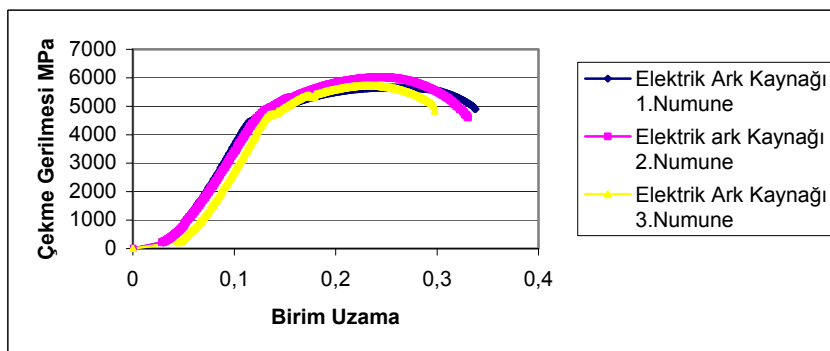
Şekil 8.1. Elektrik ark kaynaklı E1 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



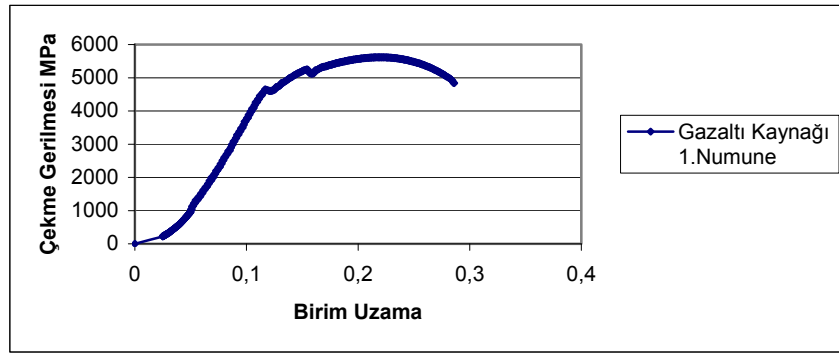
Şekil 8.2. Elektrik ark kaynaklı E2 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



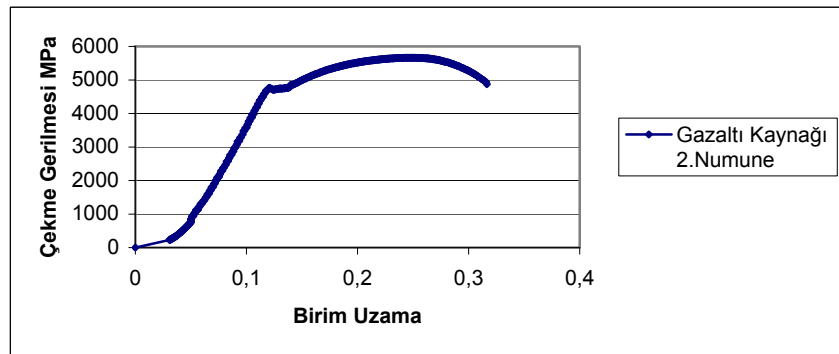
Şekil 8.3. Elektrik ark kaynaklı E3 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



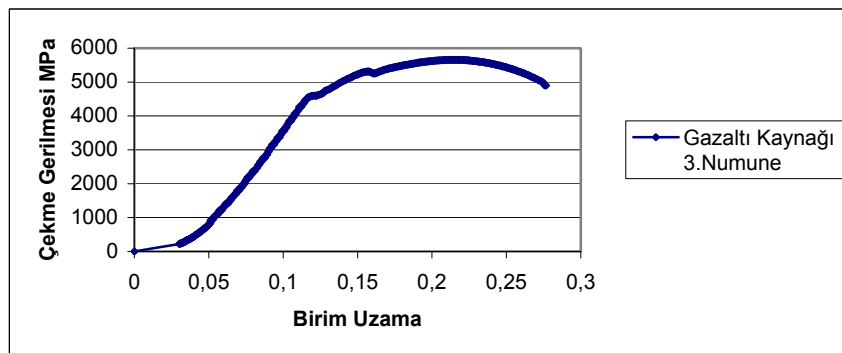
Şekil 8.4. Elektrik ark kaynaklı E1, E2, E3 numunelerinin çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrilerinin aynı grafik üzerinde gösterilmesi



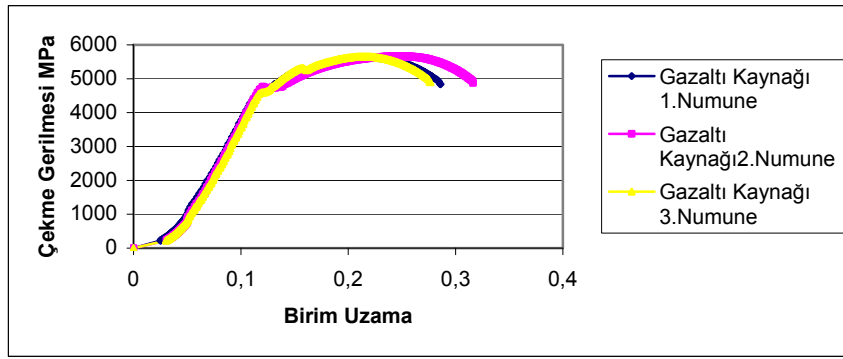
Şekil 8.5. Gazaltı kaynaklı G1 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



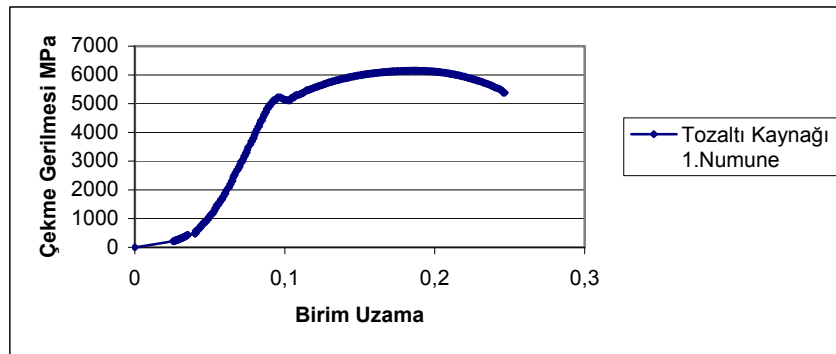
Şekil 8.6. Gazaltı kaynaklı G2 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



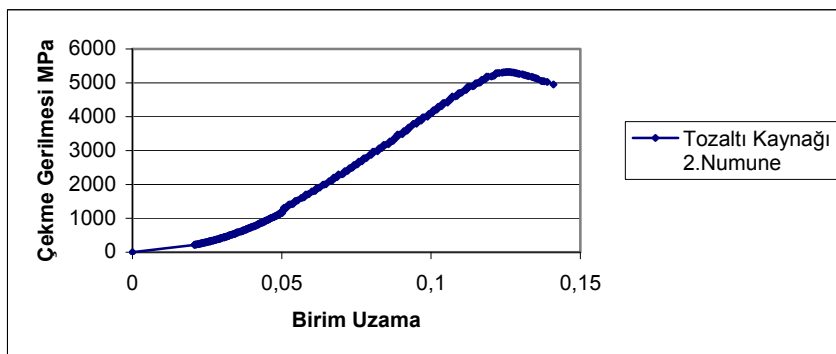
Şekil 8.7. Gazaltı kaynaklı G3 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



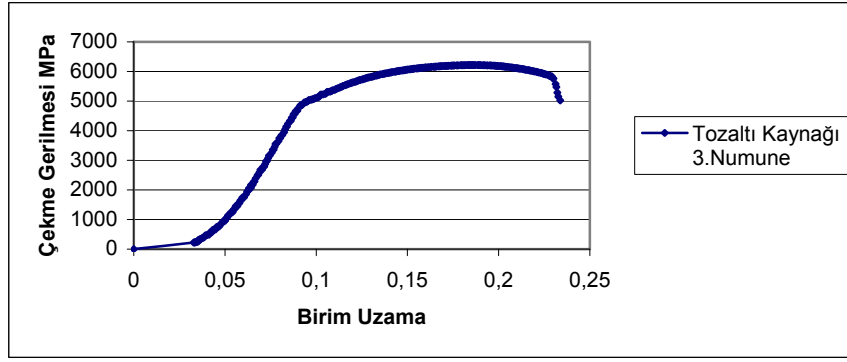
Şekil 8.8. Gazaltı kaynaklı G1, G2, G3 numunelerinin çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrilerinin aynı grafik üzerinde gösterilmesi



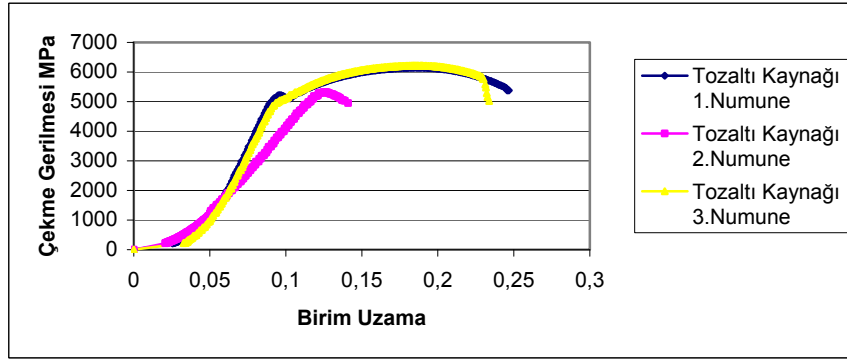
Şekil 8.9. Tozaltı kaynaklı T1 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



Şekil 8.10. Tozaltı kaynaklı T2 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi

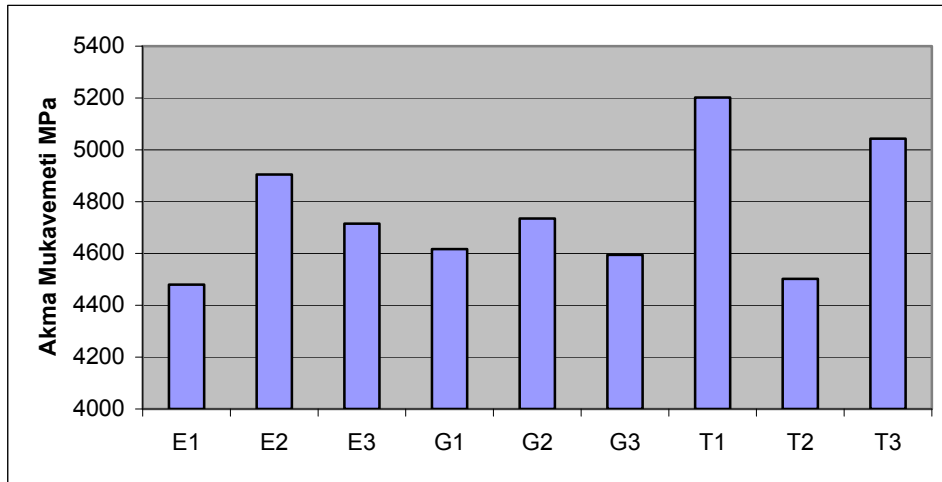


Şekil 8.11. Tozaltı kaynaklı T3 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi

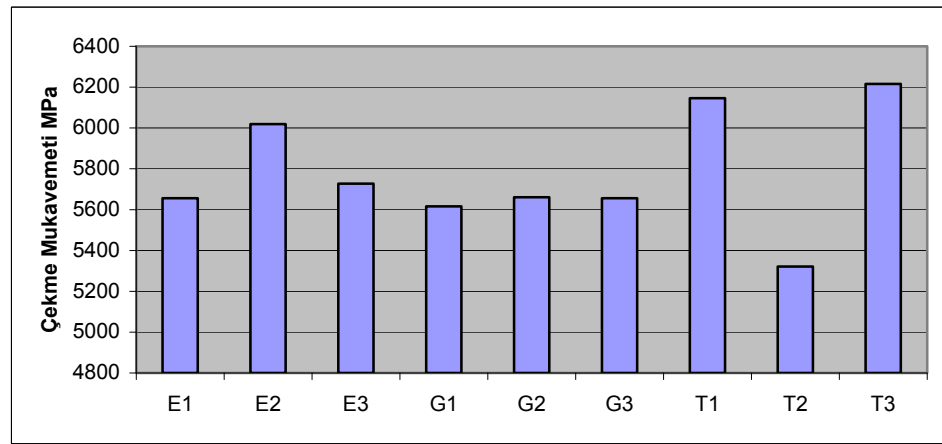


Şekil 8.12. Tozaltı kaynaklı T1, T2, T3 numunelerinin çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrilerinin aynı grafik üzerinde gösterilmesi

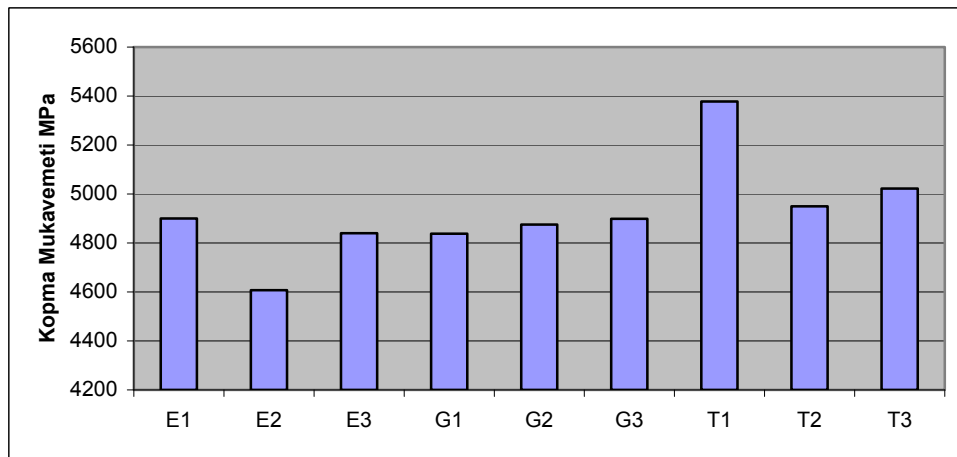
Çekme deneyinde çekilen numunelerin tamamı ana malzeme bölgesinden boyun vererek kopmuştur. Kopma noktasında incelenen bölgelerdeki kesit daralmaları test malzemelerinin süneklik özelliğine sahip olduklarını göstermektedir. ITAB bölgesinde veya kaynak metalinde kopma istenmemektedir. Bu bölgelerde oluşan kopmalar düşük değerler verilmesini sağlar, eğer kaynak metalinin ortasında kopma meydana gelirse bunun nedenleri arasında uygun ilave elektrot kullanılmaması veya tek pasoda gereğinden fazla geniş kaynak yapılması sonucu kaynak metali içinde oluşan mikro segragasyonlardır. ITAB bölgesinde oluşabilecek bir kopmanın nedeni de malzeme kaynak esnasında oluşan ısı girdisinin çok yüksek olması ve bu yapı içerisinde martenzitik yapı oluşumuna neden olmasıdır.



a)



b)



c)

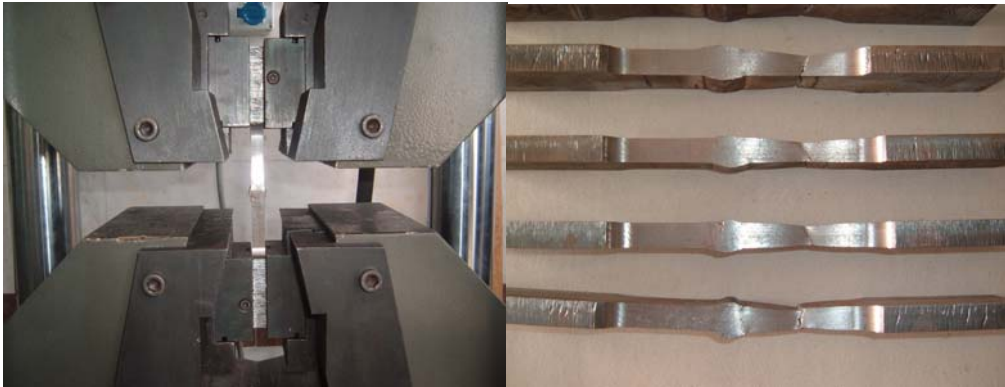
Şekil 8.13. Numunelerin çekme deneyi sonrasında a) Akma mukavemetlerinin b) Çekme mukavemetlerinin c) Kopma mukavemetlerinin karşılaştırılması

Çekme deneyi sonucunda alınan test sonuçlarına göre şekil 8.13’de akma, çekme ve kopma mukavemetleri verilmiştir. Buna göre;

En yüksek akma mukavemeti 520 Mpa ile T1 numunesine aittir. En düşük akma mukavemeti 448 Mpa ile E1 numunesine aittir. Akma dayanımı grafiğinden farklı kaynak yöntemleri uygulanmış numunelerde parametrelerin değiştirilmiş olmasına karşın en yüksek akma mukavemetinin tozaltı kaynağı uygulanmış numunelerde olduğu görülmektedir.

Çekme mukavemetleri incelendiğinde en yüksek çekme mukavemeti 621 Mpa ile T3 numunesine aittir. En düşük çekme mukavemeti 532 Mpa ile T2 numunesine ait olduğu görülmektedir. E2 numunesinde ideal kaynak parametreleri kullanıldığından dolayı buradaki çekme mukavemeti de yüksektir.

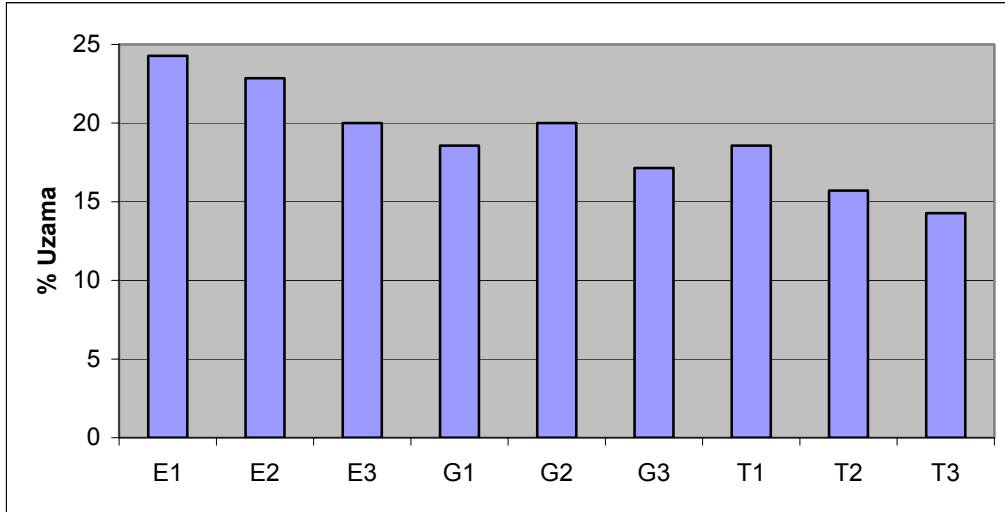
Kopma mukavemetleri incelendiğinde en yüksek kopma mukavemeti 537 Mpa ile T1 numunesine aittir. En düşük kopma mukavemeti 460 Mpa ile E2 numunesine ait olduğu görülmektedir.



Şekil 8.14. Çekme deneyinin yapıları ve deney sonrasında test parçasının biçimleri



Şekil 8.15. Çekme deneyi sonrasında oluşan kırılmaların sünek kopma biçimleri



Şekil 8.16. Çekme deneyi sonrasında numunelerin %uzamalarının karşılaştırılması

Şekil 8.16’da kullanılan kaynak yöntemlerinin % uzama değerleri verilmiştir. Uzama değerlerine bakıldığında genellikle kullanılan ana malzemedan daha düşük uzama değerleri verdiği tespit edilmiştir. Yapılan deneylerde çekme dayanım değerlerinin ana malzemedan daha yüksek değer vermesinin nedeni kaynak metalinin şekil değiştirmeye karşı gösterdiği dirençten kaynaklanmaktadır. Genellikle kaynak metali ana malzemeye nazaran daha yüksek sertlik değerleri verir. Kaynak metalinin sünekliği genellikle kaynaklanan ana malzemeye nazaran daha düşük değerler verir. Elektrik ark kaynaklı malzemelerin % uzama değerleri diğer kaynaklara göre daha

yüksek olduğu görülmektedir. En düşük değerler tozaltı kaynak numunelerinde elde edilmiştir.

Çekme deneyinde kullanılan numunelerin hiçbiri kaynak bölgesinden kopmamıştır. Buda yapılan kaynaklar sonunda meydana gelen ısı girdisinin ana malzemedeki yapı değişikliğine sebep olmadığını göstermektedir.

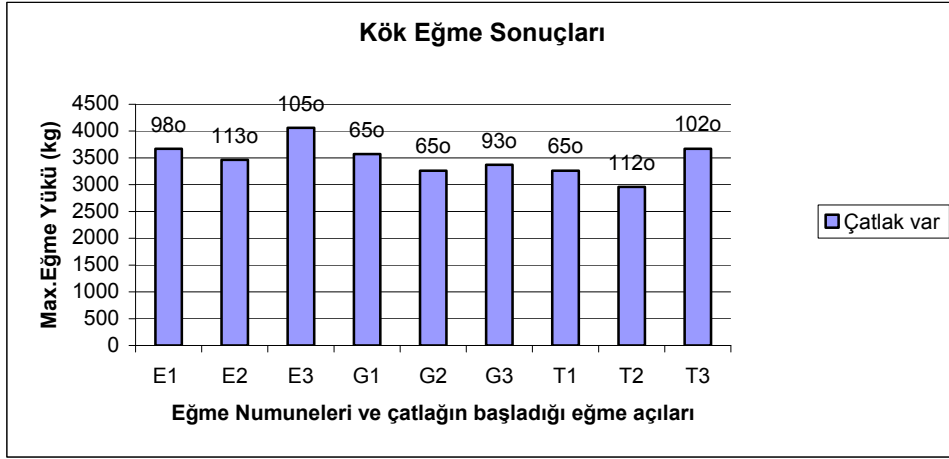
8.2. Eğme Deneyi Sonuçları

Üç noktadan sabit hız ve sıcaklıkta tek kuvvet uygulama yapılarak gerçekleştirilen ve malzemenin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Kaynaklı birleştirmelerde dikisin şekil değiştirme kabiliyeti ve kaynak dikişi ile esas metal arasında iyi bir bağlantı olup olmadığı bu deneylerle tespit edilir.



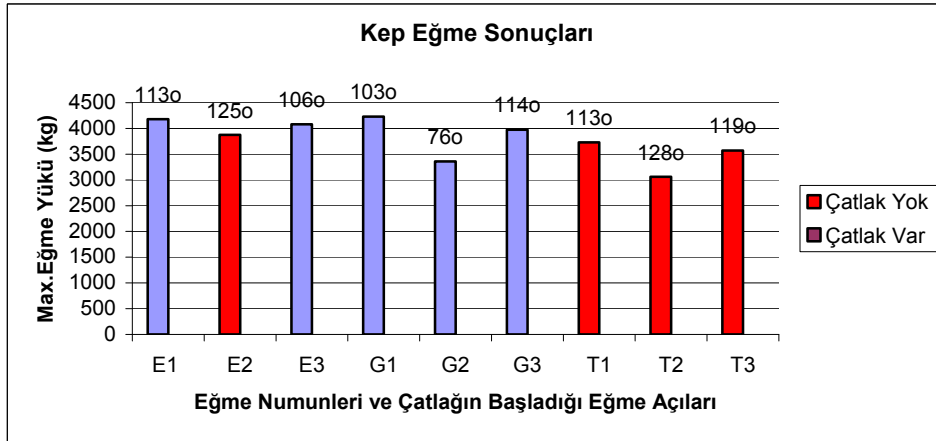
Şekil 8.17. Eğme testi sonrası test parçalarının şekilleri

Nötr eksene göre uygulanan kuvvetlere bakıldığında eğer sünek bir malzeme test ediliyorsa yüksek basma dayanımı göstermekte ve malzeme hasara uğramadan eğilmektedir. Gevrek bir malzeme test edilirse çekme gerilmesi daha yüksek değerlere ulaşır ve malzeme tamamen eğilmeden belli bir açıda hasara uğrar. Eğer test edilen numunede kalınlık yönünde mikro yapısal bir hata yoksa uygulanması gereken basma ve çekme yükleri de artar.



Şekil 8.18. Kaynaklı test parçalarının kök paso eğme deney sonuçları

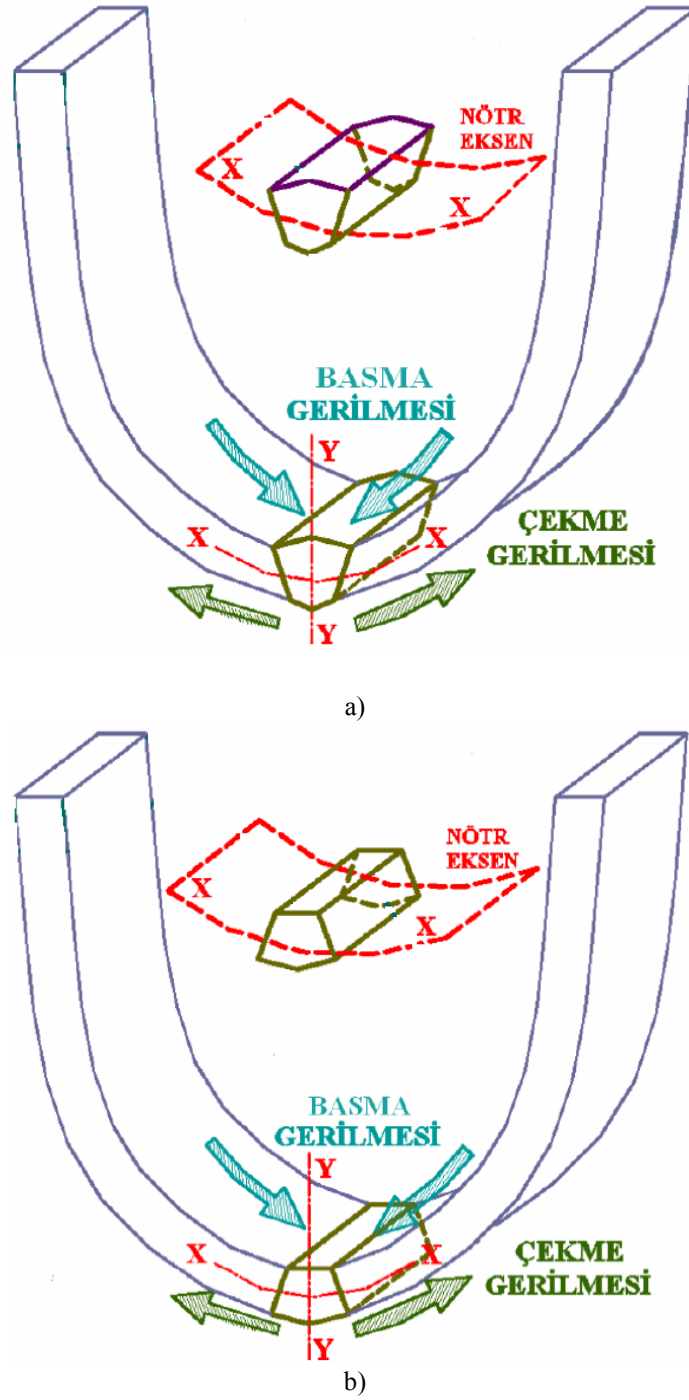
Eğme deneyi sonucunda kök eğmesi yapılan numunelerin hepsinin çeşitli kuvvetler uygulanması sonucunda çatladığı görülmüştür. Burada en kolay çatlama 65° ile T1, G1, G2 numunelerinde görülmektedir. G3 numunesi 93° ve E1 numunesi 98° ile çatlama başlamıştır.



Şekil 8.19. Kaynaklı test parçalarının kep eğme deney sonuçları

Kaynaklı numunelerin kep eğilmesinde Tozaltı kaynak numuneleri ile E2 numunesinde çatlak oluşmamıştır. Diğer çatlayan numunelerinde kök eğmesine göre yüksek eğme kuvveti altında çatlama kaynaklı numunelerin dayanımlarının iyi olduğunun bir göstergesidir. Kök pasoların dar olması kök eğmesi ile kep eğmesi arasındaki farkın oluşma sebebidir. Kaynaklı numunelerin herhangi bir hasara

uğramadan kalmaları sünek bir kaynaklı bağlantı yapıldığını göstermektedir. Eğme deneyinde numunelerin hem kök hem de kep testleri yapılarak herhangi bir hata olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. AH 36 malzemesinin yüksek mekanik özelliklere sahip olması buradan alınan sonuçlarında yüksek çıkmasını sağlamıştır.



Şekil 8.20. Eğme deneyi esnasında numunelerde oluşan a) kök eğmesi sırasında oluşan gerilmeler b) kep eğmesi sırasında oluşan gerilmeler

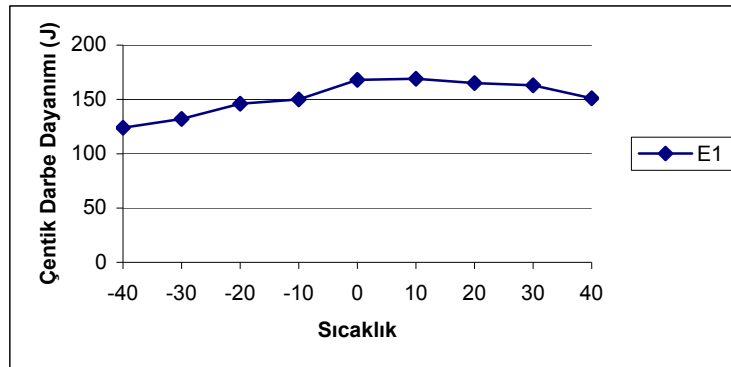
1		T.C. KARA KUVVETLERİ KOMUTANLIĞI 1 NCI ANA BAKIM MERKEZİ KOMUTANLIĞI ARİFİYE / SAKARYA				7	
İsteyen Company	: Ahmet SÜZEN	METALURJİ LABORATUVARI MUAYENE FORMU		İstek Tarihi Request Date	: 31/03/2009		
İstek No Request No	: 9260-61-09 Döner Sermaye			Rapor Tarihi Date	: 01/04/2009		
Malzeme Material	: Kaynaklı Test Malzemeleri			Rapor No Report No	: 09-135-2		
Stok No Stock Number	:	Test Cihazı Test instrument	ÇEKME-BASMA -EĞME TEST CİHAZI	Standart Specification	: DIN 50121		
Resim No Drawing No	:	Cihaz Modeli Instrument model	ZWICK - 1498	Test ortam ısısı Temperature	: 20 °C		
ÇEKME - BASMA - EĞME TESTİ							
EĞME TEST SONUÇLARI (J)							
S.No	MALZEME İSMİ	Max. Eğme Yükü	Eğme Açısı/ Deformasyon Durumu	SONUÇ	EĞME TEST SONUÇLARI (J)		
					Max. Eğme Yükü	Eğme Açısı/ Deformasyon Durumu	SONUÇ
					Kaynak Ağız Tarafından Eğme Yükünün Uygulanması		
					Kaynak Kök Paso Tarafından Eğme Yükünün Uygulanması		
1.	Toz Altı Kaynak T1	3262 Kg	65° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var	3730 Kg	113°	Yırtılma Yok
2.	Toz Altı Kaynak T2	2960 Kg	112° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var	3060 Kg	128°	Yırtılma Yok
3.	Toz Altı Kaynak T3	3670 Kg	102° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var	3570 Kg	119°	Yırtılma Yok
4.	Gaz Altı Kaynak G 1	3570 Kg	65° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var	4230 Kg	103° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var
5.	Gaz Altı Kaynak G 2	3260 Kg	65° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var	3360 Kg	76° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var
6.	Gaz Altı Kaynak G 3	3370 Kg	93° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var	3975 Kg	114° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var
7.	Elektrik Ark Kaynak E 1	3670 Kg	98° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var	4180 Kg	113° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var
8.	Elektrik Ark Kaynak E 2	3465 Kg	113° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var	3875 Kg	125°	Yırtılma Yok
9.	Elektrik Ark Kaynak E 3	4060 Kg	105° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var	4080 Kg	106° Çatlak Başlangıcı	Yırtılma Var
Numune Seri Mühür No: Firma: .AHMET SÜZEN							
Yapılan ölçümlerde, Muayene komisyon Başkanlığının Laboratuar Muayene İstek Formununun 14 inci maddesi esas alınmıştır.							
MUAYENEYİ YAPAN		KONTROL EDEN			ONAY		
Abdullah YANIK Sa.Üc. 2400 Kalite Yönetim Müdürlüğü		Ebu Bekir KASIM Met. Müh. Laboratuar Kısım Amiri			S. Oğuz ÖZ Mühür Ütgm. Laboratuarlar Bölüm Amiri		

FORM NO: KGV -048 (Rev.0) Mayıs 2005

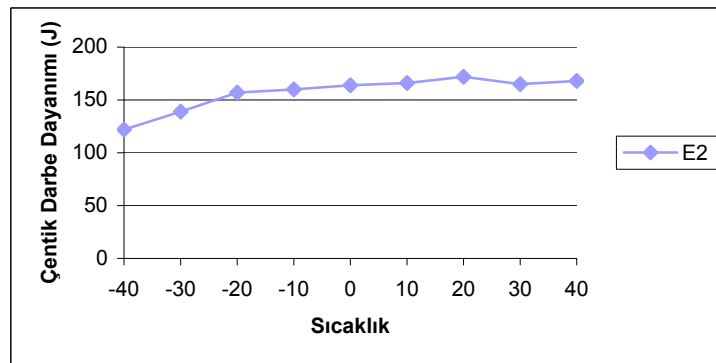
Şekil 8.21. Eğme deneyi sonuç raporu

8.3. Çentik Darbe Deneyi Sonuçları

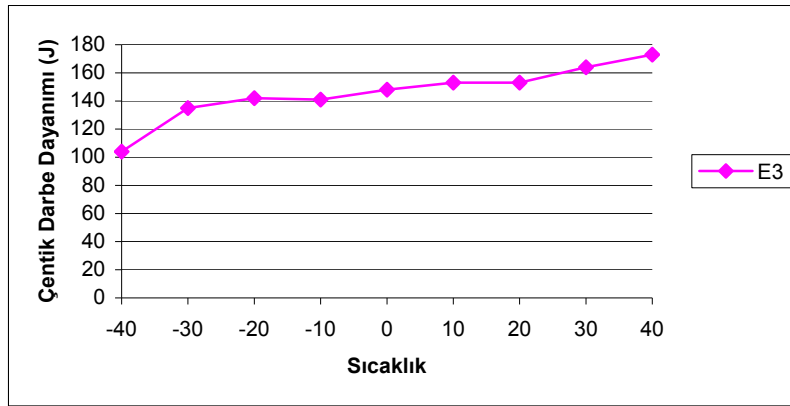
Çentik darbe deneyinde malzemenin ani bir darbeye maruz kalmasında kırılması için gerekli olan enerji miktarının bilinmesini belirler. Malzemenin kendi yapısının yanı sıra dış etkenlerinde bu enerji değişimlerine büyük etkisi bulunmaktadır. Bu deneyde farklı kaynak yöntem ve parametrelerinin değiştirilmesinin yanı sıra ortam sıcaklığında değişimler yapılarak meydana gelen enerji değişimleri gözlenmiştir. Ortam sıcaklıkları $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ler seçilmiştir. Bu sıcaklıkların seçilmesinde en büyük sebeplerden birisi bu malzemenin gemi bünyesinde ve en fazla risk taşıyan kısımlarda kullanılmasıdır. Bir geminin ticari ve savaş gemisi olduğu düşünüldüğünde bu geminin kutuplardan ekvator bölgelerine seyirler yaptığı ve sürekli ortam sıcaklığında değişimler olduğu görülür buda malzemenin kırılma enerjisinde değişikliklere sebep olmaktadır.



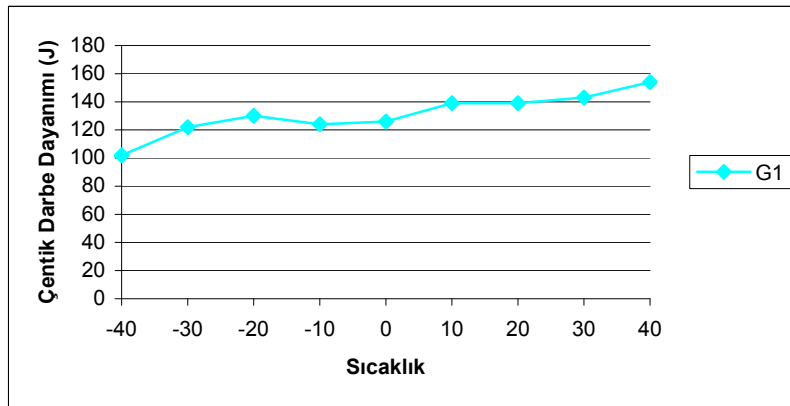
Şekil 8.22. E1 numunesi çentik darbe deney sonucu



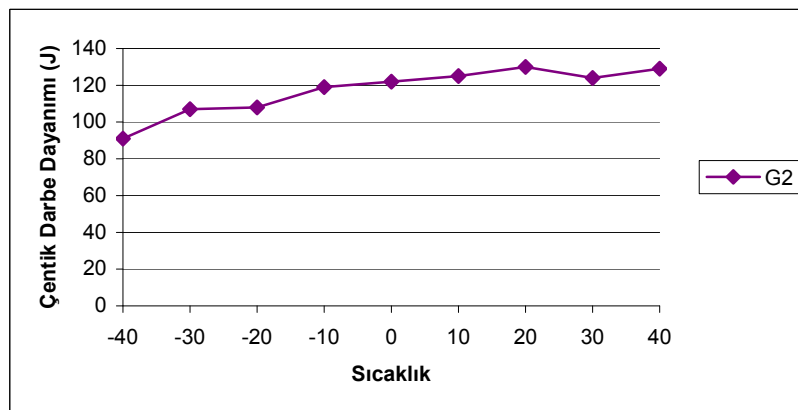
Şekil 8.23. E2 numunesi çentik darbe deney sonucu



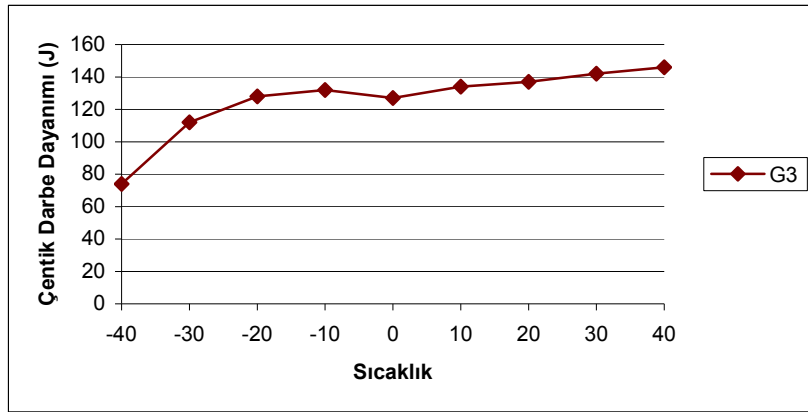
Şekil 8.24. E3 numunesi çentik darbe deney sonucu



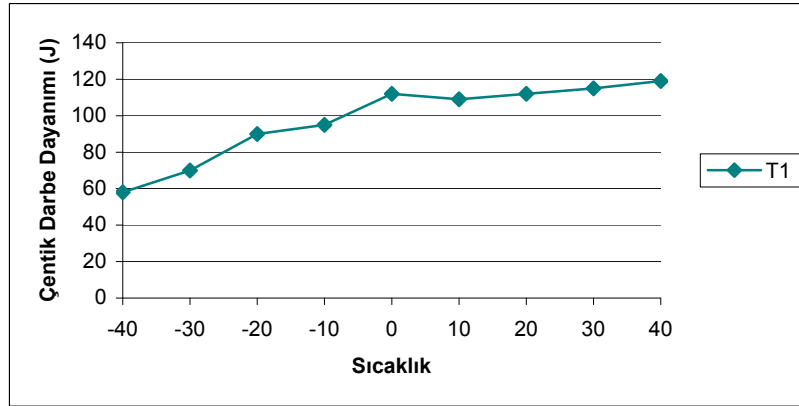
Şekil 8.25. G1 numunesi çentik darbe deney sonucu



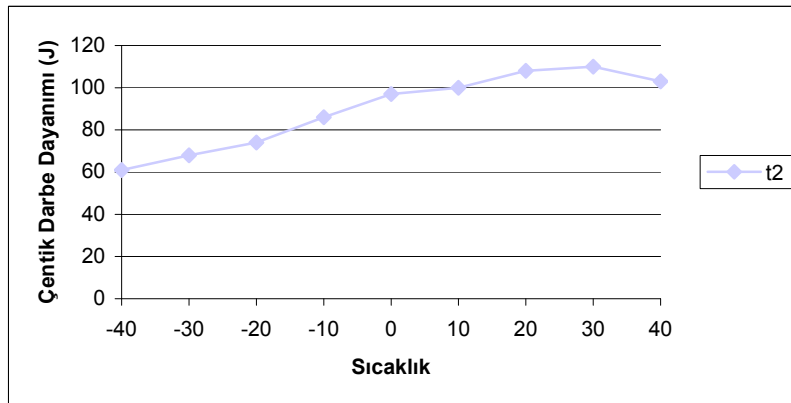
Şekil 8.26. G2 numunesi çentik darbe deney sonucu



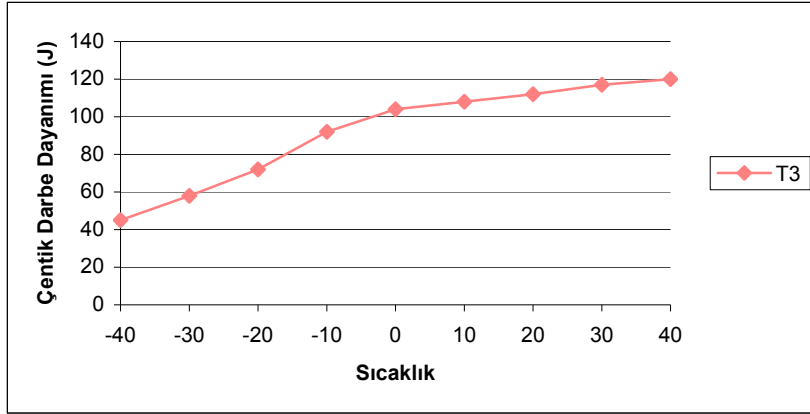
Şekil 8.27. G3 numunesi çentik darbe deney sonucu



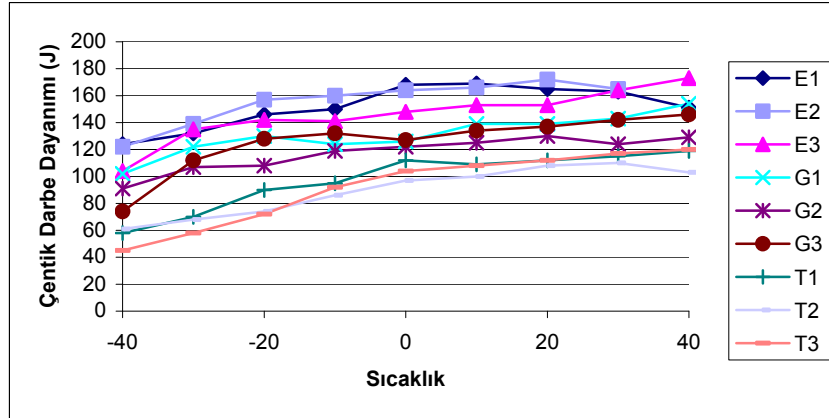
Şekil 8.28. T1 numunesi çentik darbe deney sonucu



Şekil 8.29. T2 numunesi çentik darbe deney sonucu



Şekil 8.30. T3 numunesi çentik darbe deney sonucu



Şekil 8.31. Deney numunelerinin çentik darbe deney sonuçları

Çeliklerin ve kaynak metalinin düşük sıcaklıklarda gevrek yapı göstereceği yapılan testlerle ortaya konmuştur. Çentik darbe dayanımlarının sertlikle ters orantılı olarak değiştiği bilinmektedir. Deney sonuçlarına bakıldığında elektrik ark kaynaklı numunelerin test sonuçlarının yüksek darbe enerjisine sahip olduğu görülmektedir. Tozaltı kaynaklarında yüksek ısı girdisinden dolayı gevrek bir yapı oluşmuştur bundan dolayı darbe enerjileri diğer kaynak yöntemlerine göre düşüktür. Kritik geçiş sıcaklıkları incelendiğinde E1 numunesinin -10 ila 10 °C, E2 numunesinin -30 ila -20 °C, E3 numunesinin -10 ila 0 °C, G1 numunesinin 0 ila -10 °C, G2 numunesinin -20 ila -10 °C, G3 numunesinin -10 ila 10 °C, T1 numunesinin -10 ila 0 °C, T2

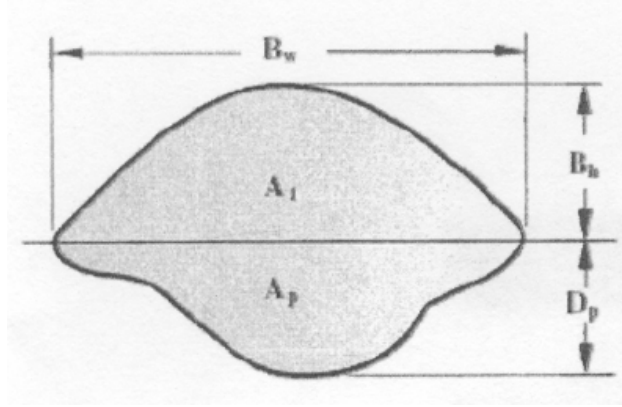
numunesinin -10 ila 0 °C, T3 numunesinin -10 ila 0 °C arasında olduğu gör÷lmektedir. Tüm numunelerde sıcaklıkların azalması kontrollü olarak darbe dayanımlarının düşmesine sebep olmuştur. Buda deneyin amacına ulaştığının bir göstergesidir.



Şekil 8.32. Çentik darbe deney sonrası test parçalarının şekilleri

8.4. Makro ve Mikro yapı İncelemeleri ve Sonuçları

Makro incelemelerde farklı kaynak yöntemlerinin ve değiştirilir parametrelerindeki değişikliklerde yapılan kaynak geometrileri incelenmiştir. İncelemelerde değiştirilir parametrelerin kaynak yöntemlerinde kaynak nüfuziyet ve şekillerine etkileri gör÷lmüştür.



A_p : Penetrasyon alanı

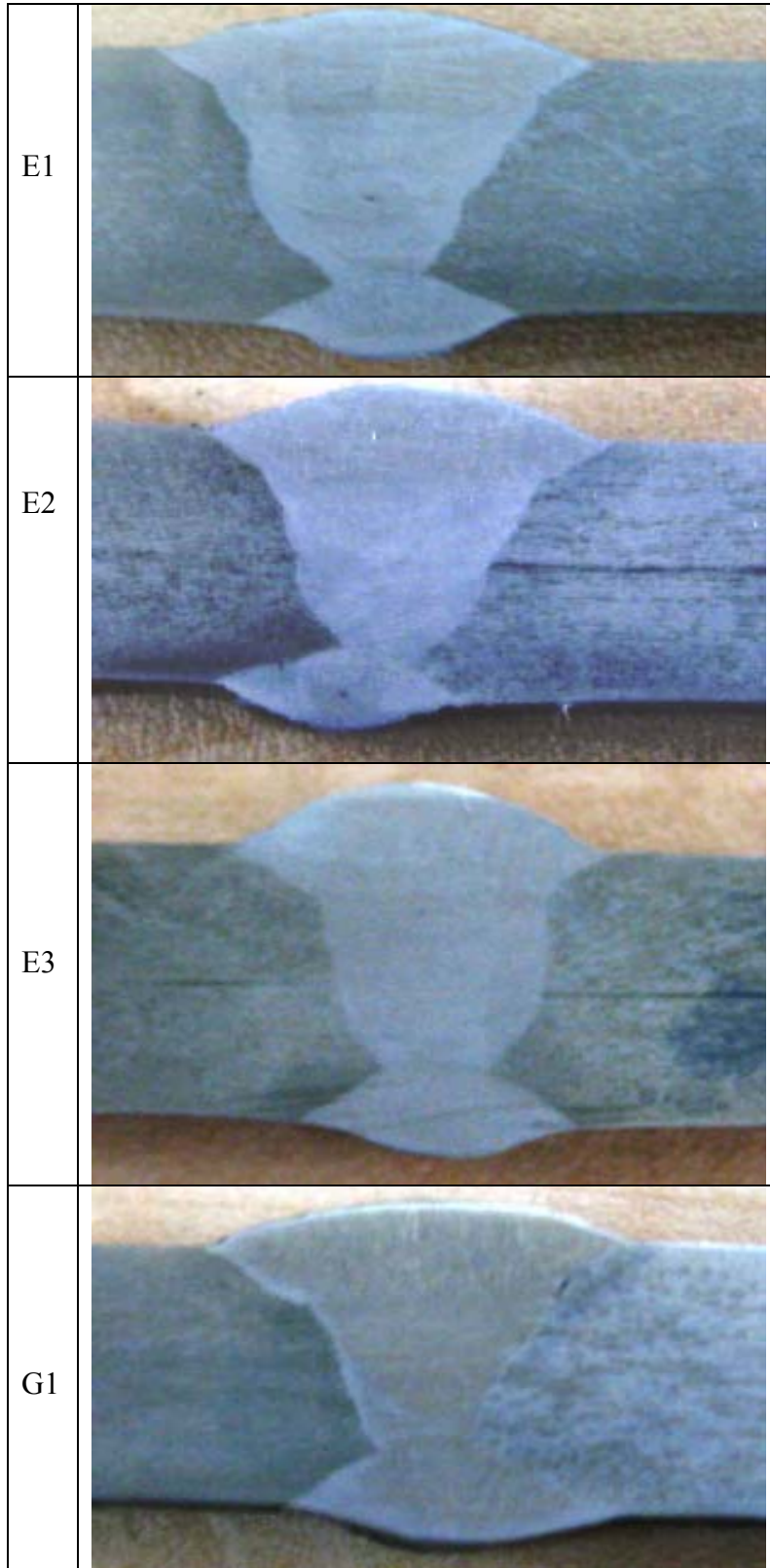
Damla alanı: $A_1 + A_p$

Şekil 8.33. Kaynak damla geometrisi

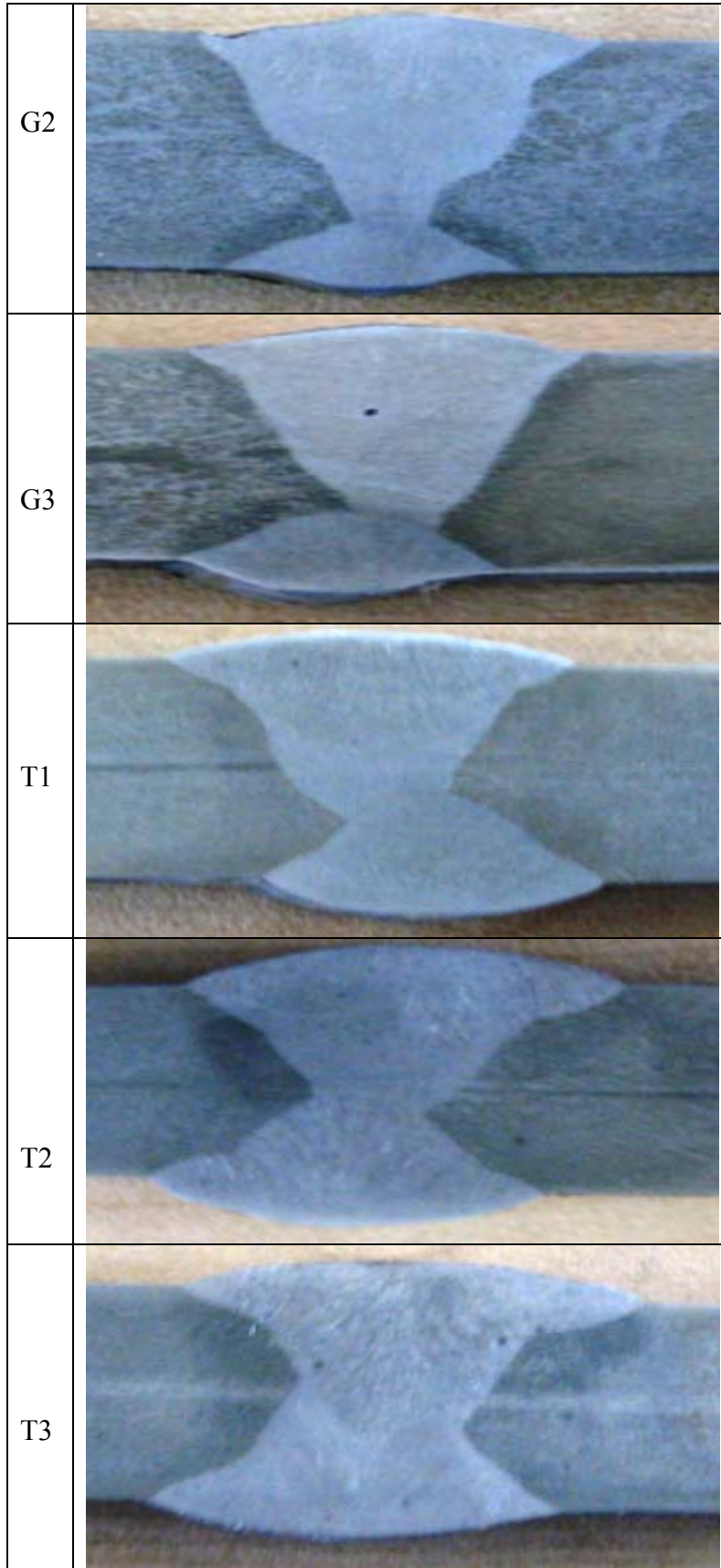
Tablo 8.1. Numunelerin kaynak geometrileri

Numuneler	B _h	B _w	D _p	A ₁	A _p	Damla Alanı mm ²
E1	13,4	17,16	4,32	114,97	37,07	152,04
E2	13,80	17,6	4,12	121,44	36,26	157,70
E3	12,30	15,68	4,32	96,43	33,87	130,30
G1	11,70	16,66	4,76	97,46	39,65	137,11
G2	10,20	15,72	5,30	80,17	41,66	121,83
G3	10,28	15,20	5,76	78,13	43,78	121,91
T1	9,50	21,60	7,22	102,60	77,98	180,58
T2	9,90	21,6	8,64	106,92	93,31	200,23
T3	11,40	25,14	6	143,30	75,42	218,72

Numunelerin kaynak damla geometrileri incelendiğinde, uygulanan kaynak yöntemlerinin kaynak geometrisine çok büyük derecede etki ettiğini görüyoruz. Şekil olarak numuneler incelendiğinde tüm numunelerin simetrik bir geometriye sahip olduğu görülmektedir. Damla alanı değerlerine bakıldığında amper değerlerinin ve kaynak hızının tozaltı kaynaklı numunelerde daha büyük olduğu bunun sonucunda da damla geometrilerinin diğer kaynaklı numunelere göre büyük olduğu görülmektedir. Damla alanı en küçük olan numuneler gazaltı kaynaklı numunelerdir.

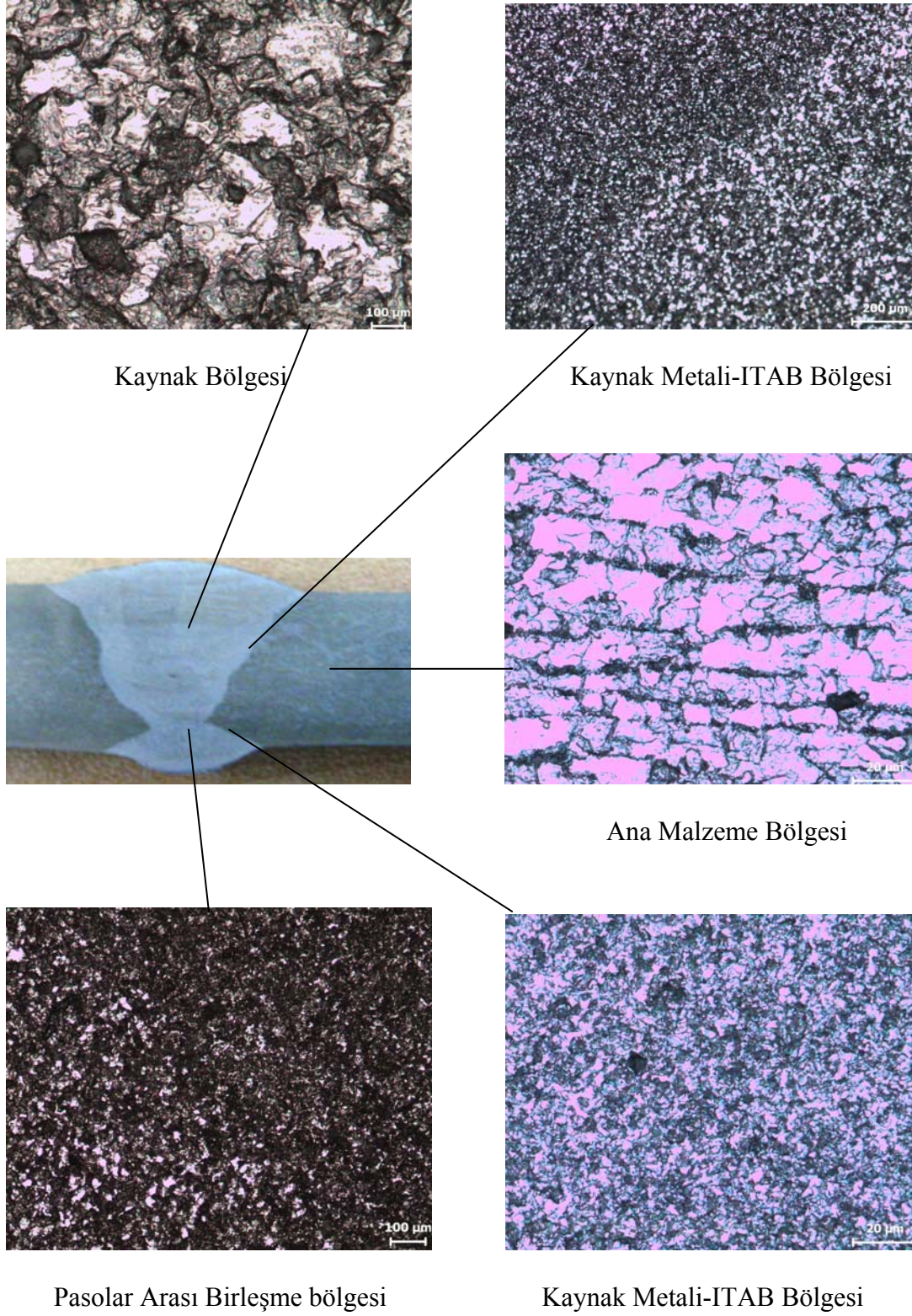


Şekil 8.34 test parçalarının kaynak damla geometri fotoğrafları

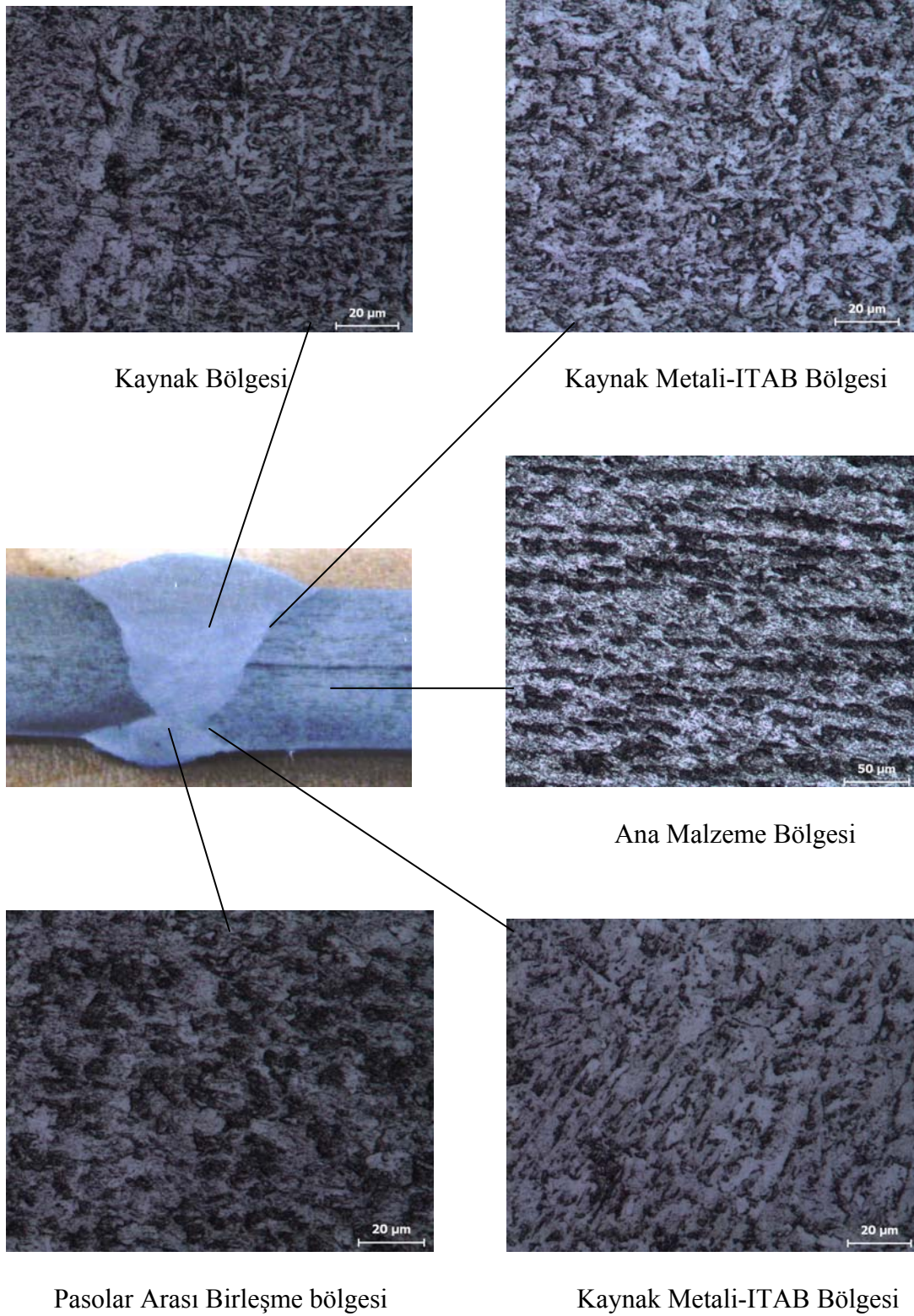


Şekil 8.34 (Devam) Test parçalarının kaynak damla geometri fotoğrafları

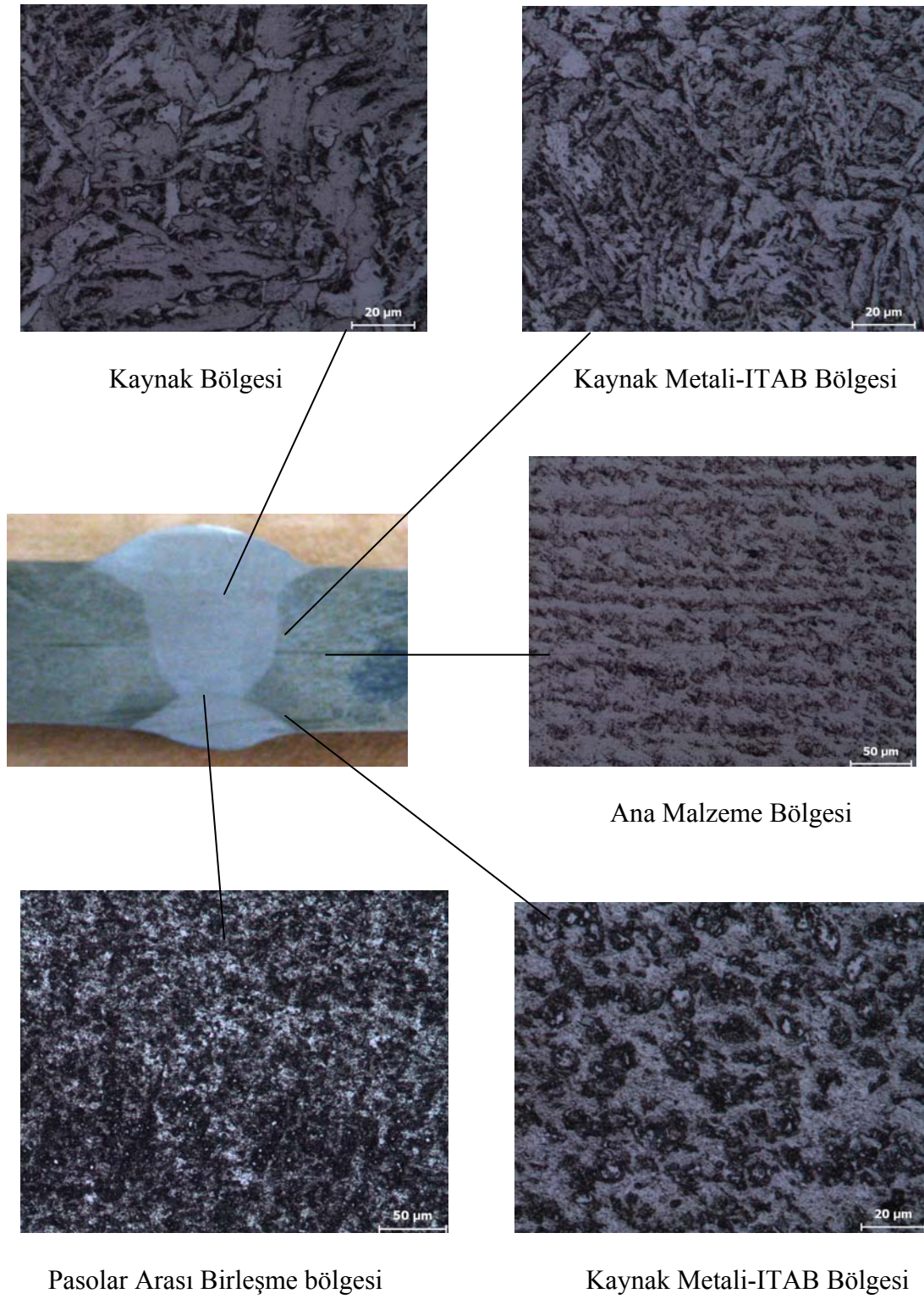
Numuneler incelendiğinde tüm numunelerin damla geçişlerinin belirgin olduğu ve kaynak geometrisinin düzgün olduğu görülmektedir. 180 amperle kaynatılan (E1) numunesinin damla geometrisinin düzgün, dikiş genişliğinin uygun olduğu ayrıca kök paso ile üst pasolar arasındaki uyumun yerinde olduğu görülmüştür. 170 amperle kaynatılan (E2) numunesinin damla geometrisinin düzgün, dikiş genişliğinin uygun olduğu ancak kök paso ile üst paso arasındaki birleşmenin biraz kaydığı görülmektedir. 200 amperle kaynatılan (E3) numunesinin damla geometrisinin düzgün, dikiş genişliğinin uygun olduğu ayrıca kök paso ile üst pasolar arasındaki uyumun yerinde olduğu görülmüştür. Özlü telle yapılan gazaltı kaynağında 250 amperle kaynatılan (G1) numunesinin damla geometrisinin düzgün, dikiş genişliğinin uygun olduğu ayrıca kök paso ile üst pasolar arasındaki uyumun yerinde olduğu görülmüştür. 260 amperle kaynatılan (G2) numunesinin damla geometrisinin düzgün, dikiş genişliğinin uygun olduğu ayrıca kök paso ile üst pasolar arasındaki uyumun yerinde olduğu görülmüştür. 285 amperle kaynatılan (G3) numunesinin damla geometrisinin düzgün, dikiş genişliğinin uygun olduğu ancak kök paso ile üst paso arasındaki birleşmenin biraz kaydığı görülmektedir. Tozaltı kaynak yöntemiyle kaynatılan numuneler incelendiğinde geometrik şekillerin diğer kaynak yöntemlerine göre daha geniş olduğu görüldü. Diğer yöntemlere göre kök paso ile üst pasolar arasındaki birleşme bölgesinin daha ortada olduğu ve daha iyi birleşme oluştuğu görülmektedir. (T3) numunesinin (T1)ve (T2) numunelere göre birleşme yerinin yüksek amperden dolayı daha geniş olduğu ve daha iyi birleşme sağlandığı görülmektedir.



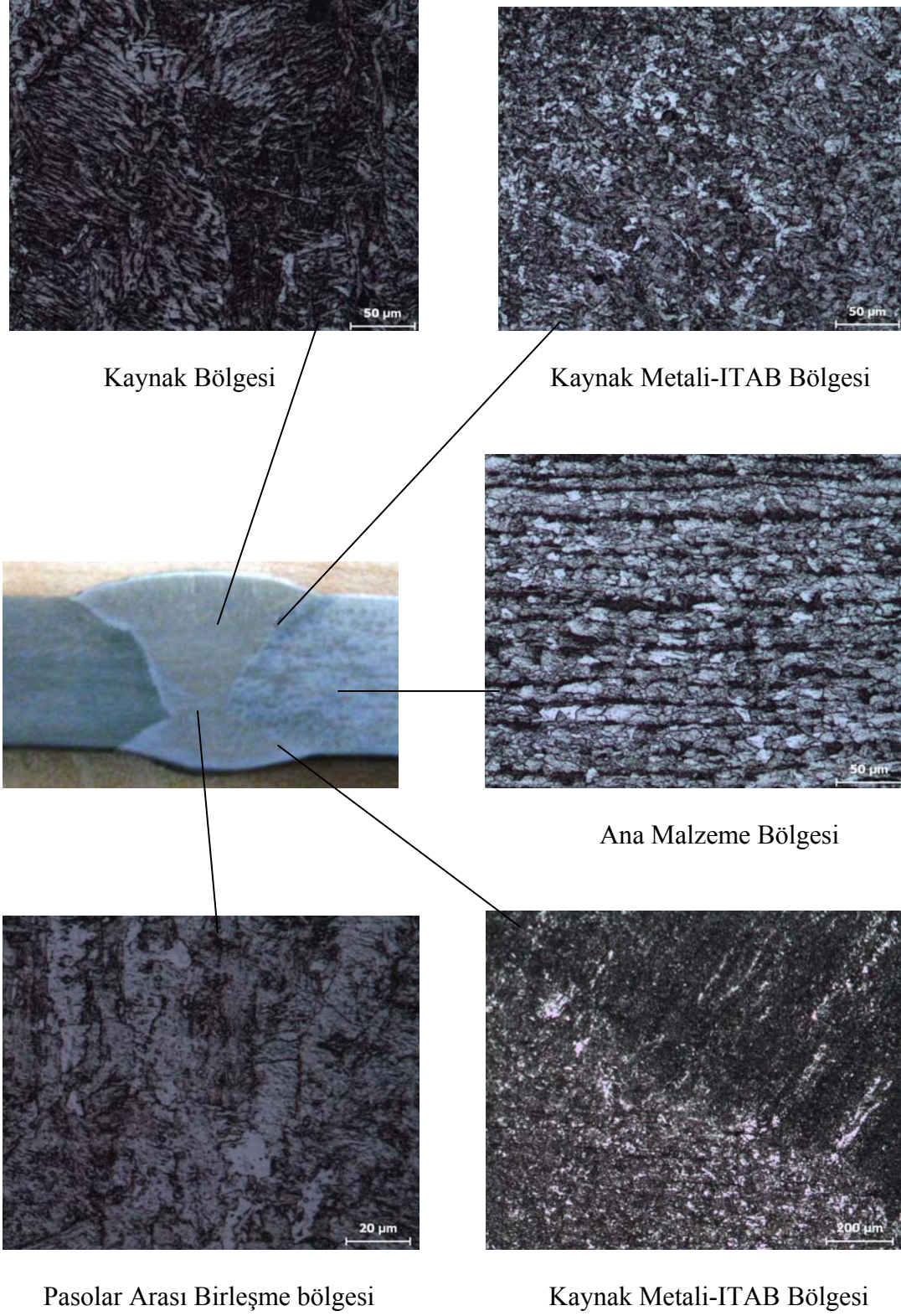
Şekil 8.35 (E1 numunesi) Elektrik ark kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları



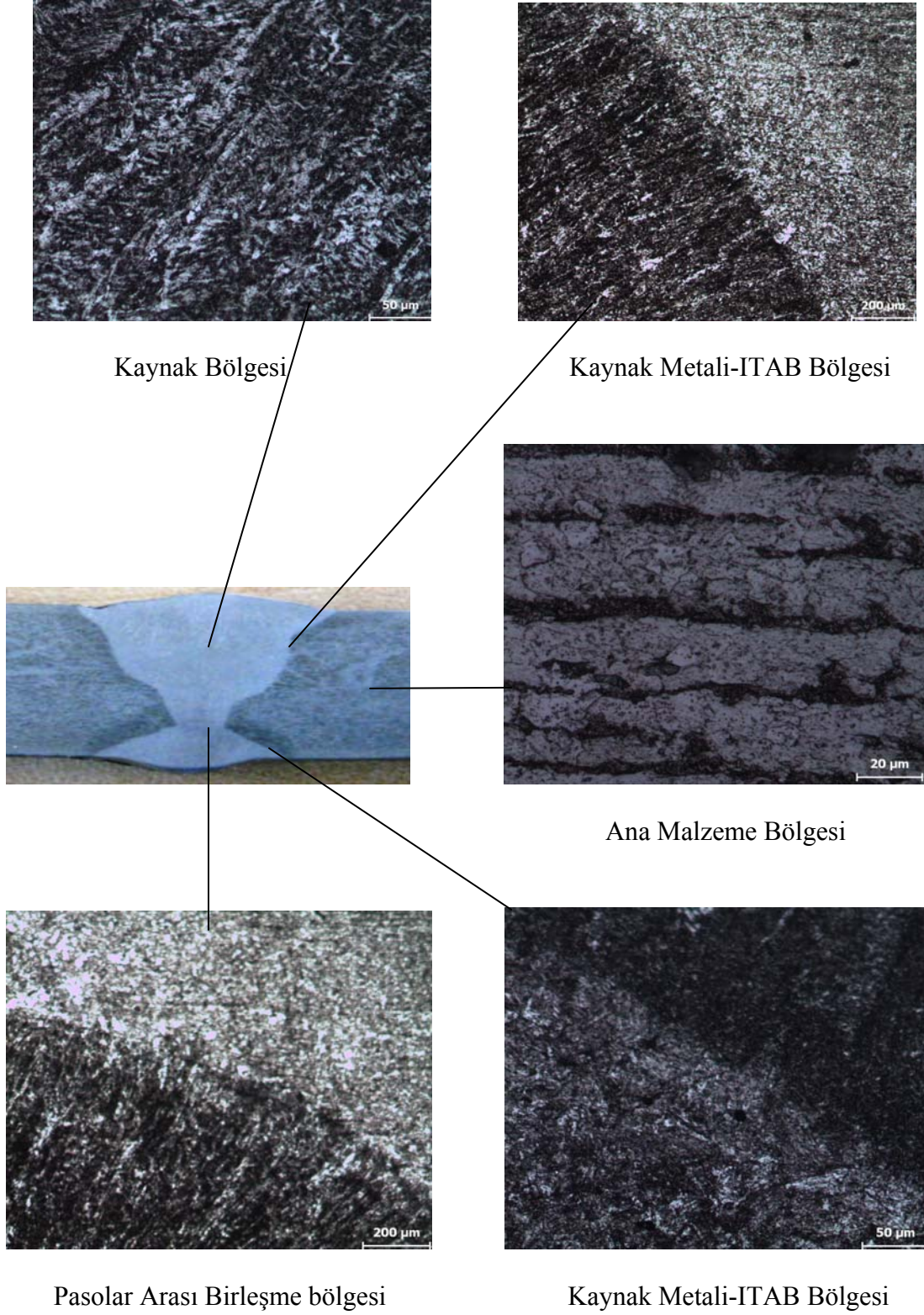
Şekil 8.36 (E2 numunesi) Elektrik ark kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları



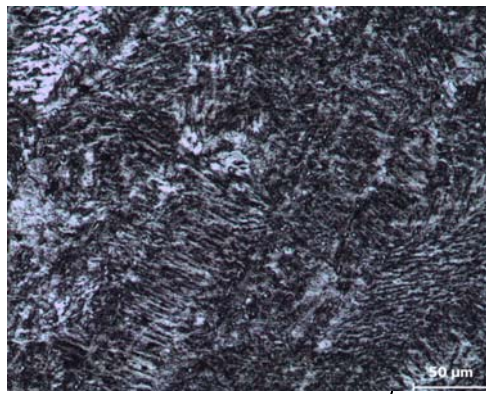
Şekil 8.37 (E3 numunesi) Elektrik ark kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları



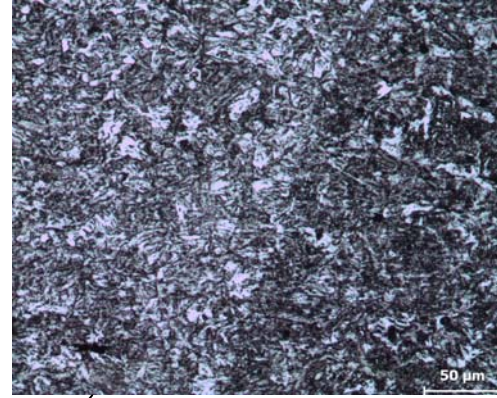
Şekil 8.38 (G1 numunesi) Mg-Mag kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları



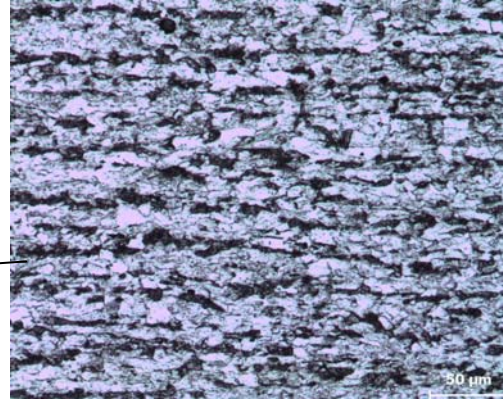
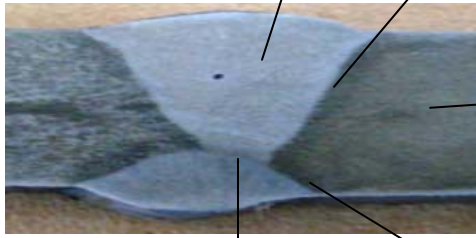
Şekil 8.39 (G2 numunesi) Mg-Mag kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları



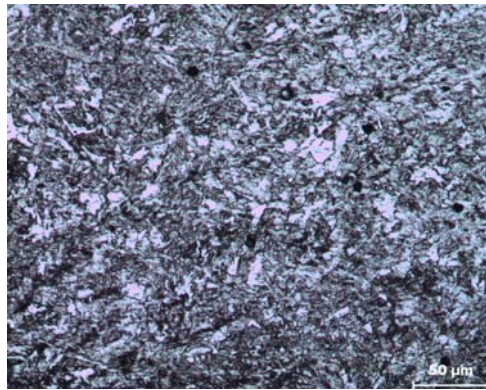
Kaynak Bölgesi



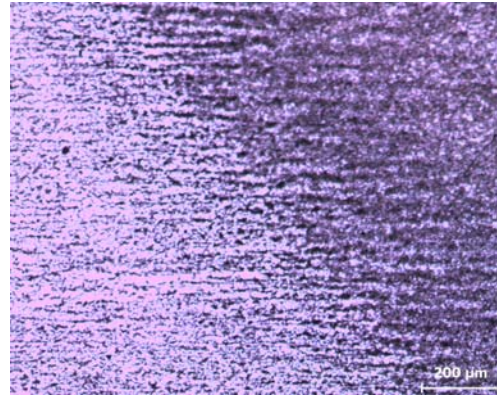
Kaynak Metali-ITAB Bölgesi



Ana Malzeme Bölgesi

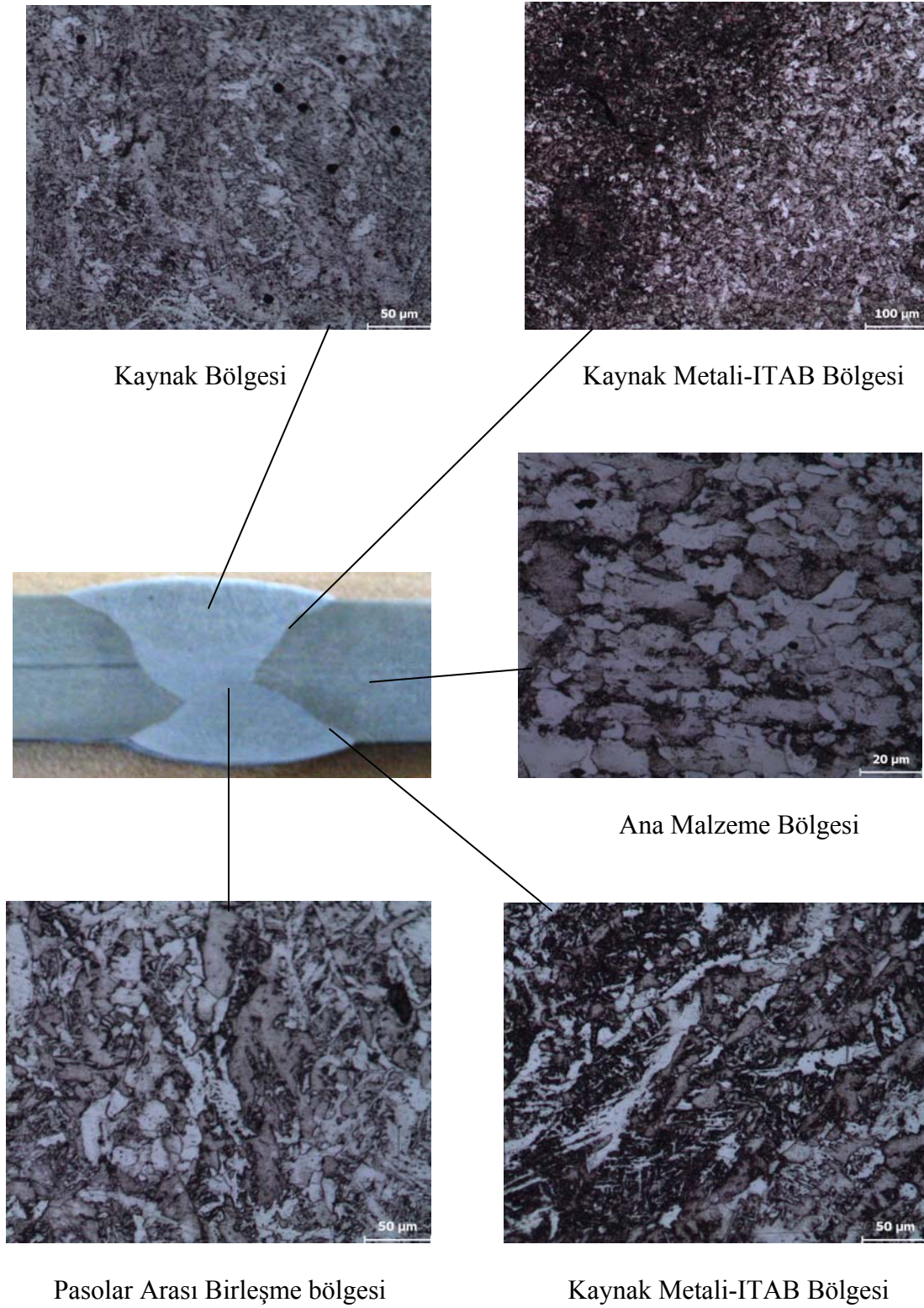


Pasolar Arası Birleşme bölgesi

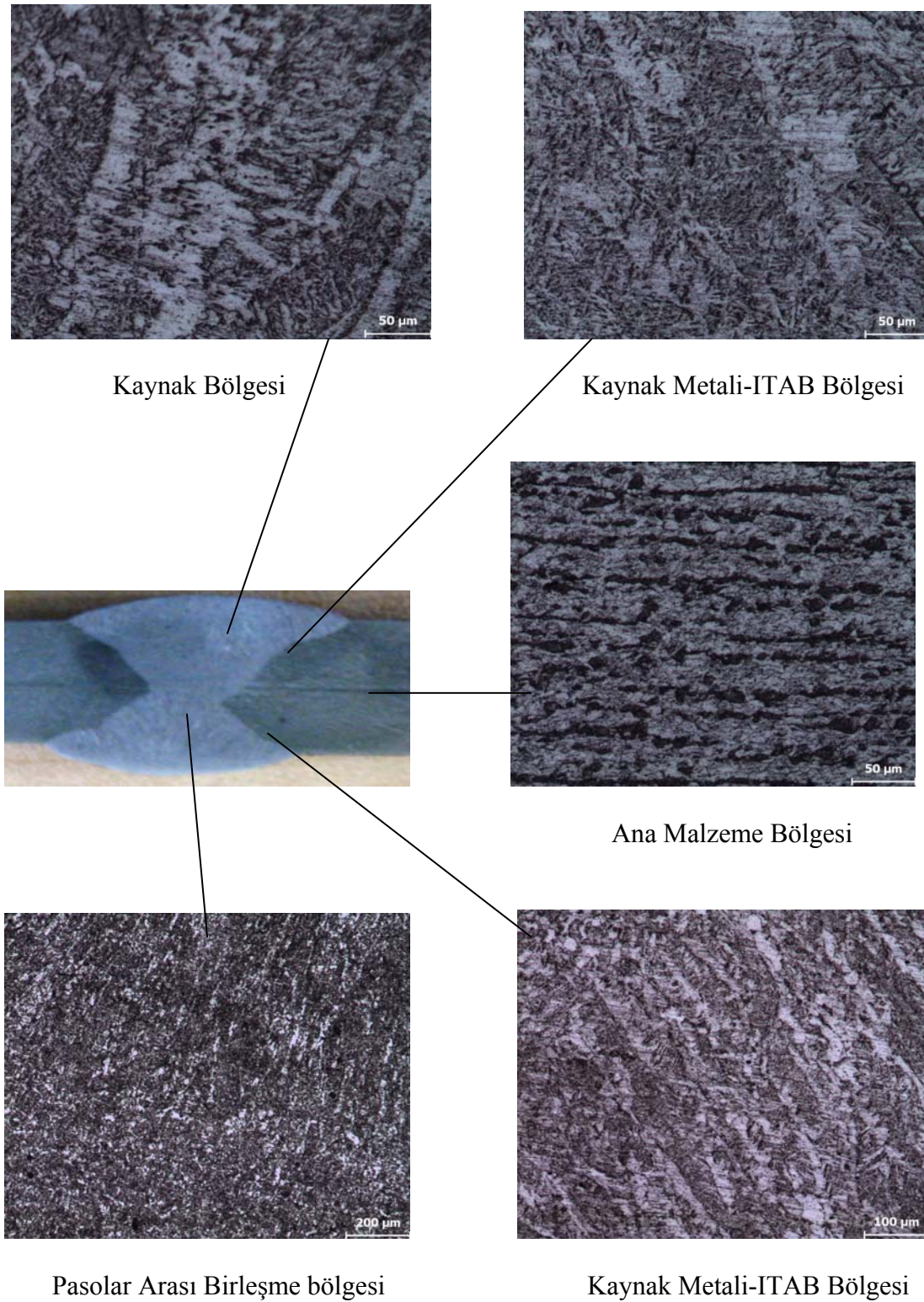


Kaynak Metali-ITAB Bölgesi

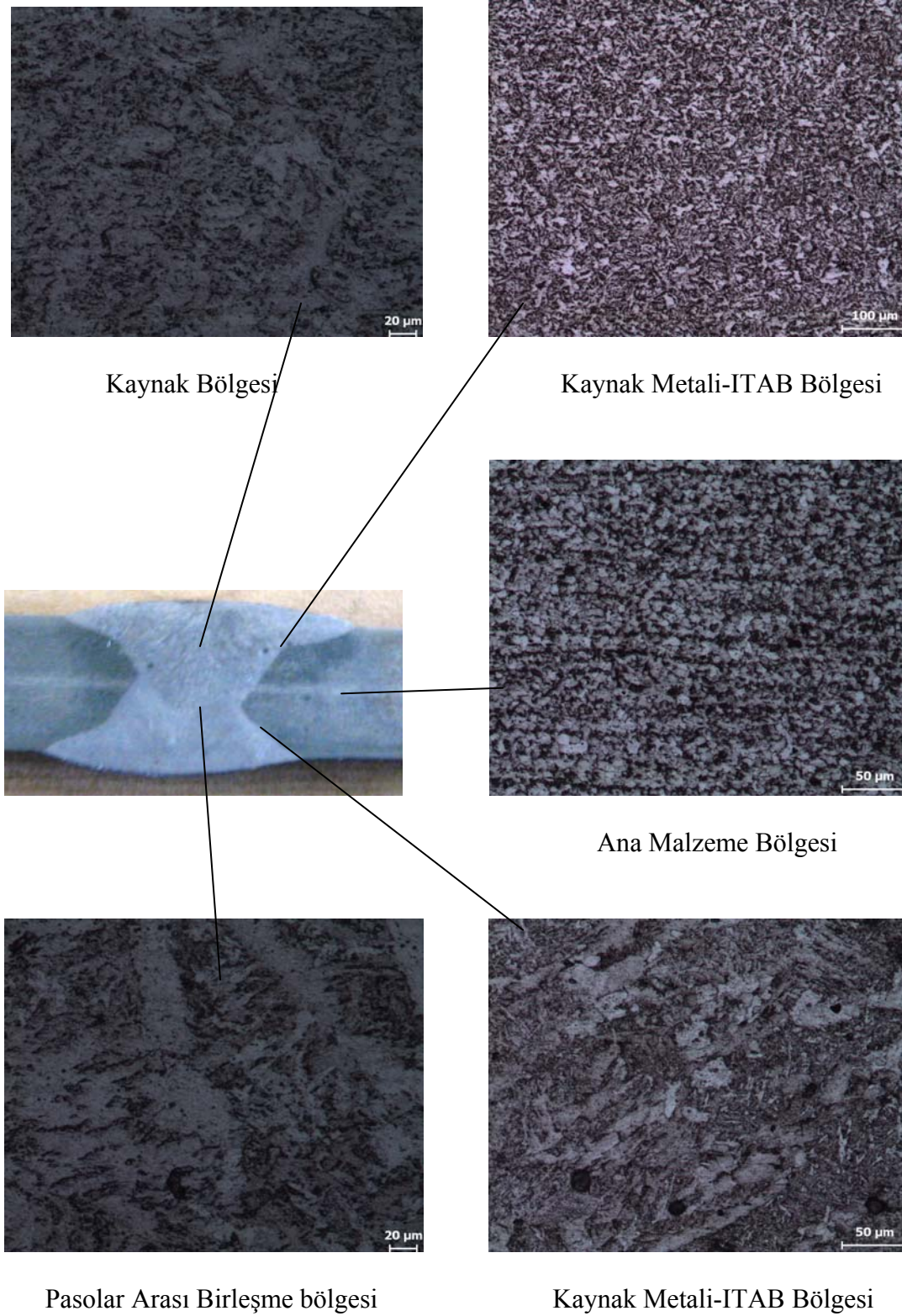
Şekil 8.40 (G3 numunesi) Mg-Mag kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları



Şekil 8.41 (T1 numunesi) Tozaltı kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları



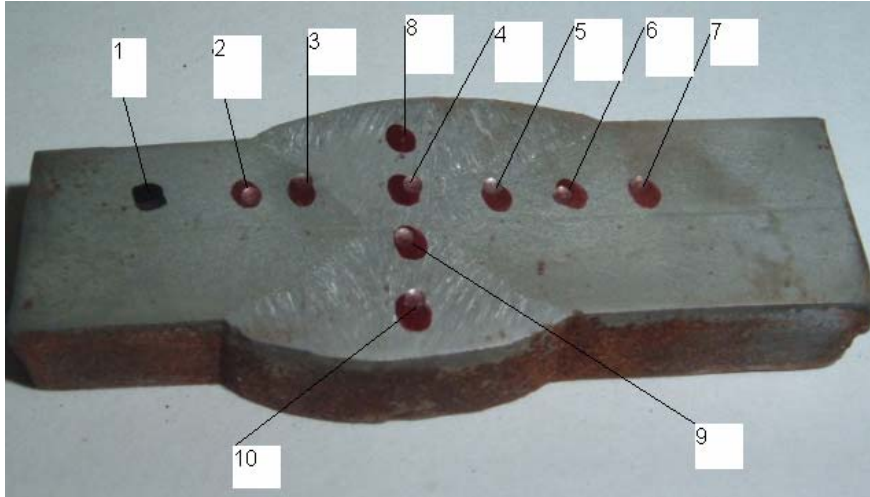
Şekil 8.42 (T2 numunesi) Tozaltı kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları



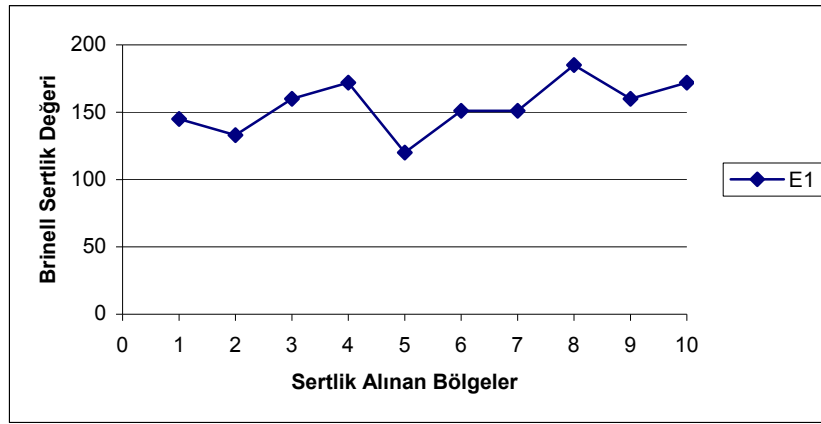
Şekil 8.43 (T3 numunesi) Tozaltı kaynağı ile birleştirilmiş 12 mm AH 36 grade çeliğinin mikro yapı fotoğrafları

8.5. Sertlik Sonuçları

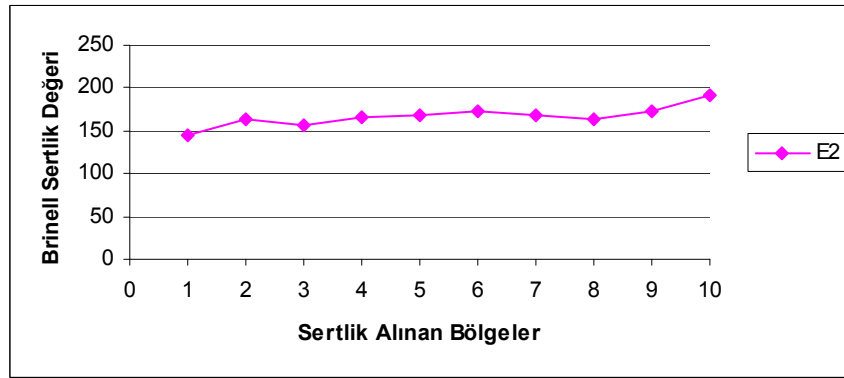
Kaynatılan bütün parçaların sertlik ölçümleri yapılmıştır. Şekil 8.44 ' de sertlik ölçüm değeri alınan noktalar gösterilmiştir. Isı girdisi bakımından inceleme yapıldığında en yüksek gazaltı kaynağı olduğu görülmektedir. Sertlik değerlerinin en yüksek olduğu kaynak gazaltı kaynağıdır. Yarı otomatik bir yöntem olan gazaltı kaynağında makinenin hızı fazla olmasına rağmen erime verimini yüksek tutmak için elektrot kaynağına göre daha yüksek akım kullanılmaktadır. Bu da ısı girdisinin gazaltı kaynağında elektrot kaynağına nazaran daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Numunelerin kaynak metali ve ITAB kısımları ana metalden daha sert bir yapıya sahiptir. Ana metalin düşük sertliğe sahip olması daha fazla alaşım elementine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Pasolar arası sertlik değerlerine baktığımızda altta kalan pasoların daha düşük sertliğe sahip olduğu buna karşın en üst ve arka pasonun sertliklerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi arada kalan pasoların üstüne çekilen pasolar tarafından ısı tesiri ile tavlama görevi yapmasıdır. En üst ve arka pasoda ise böyle bir durum yoktur.



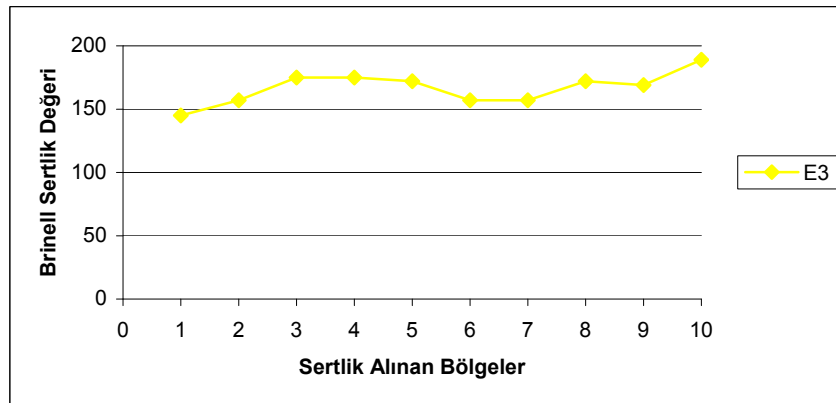
Şekil 8.44. Sertlik alınan bölgeler



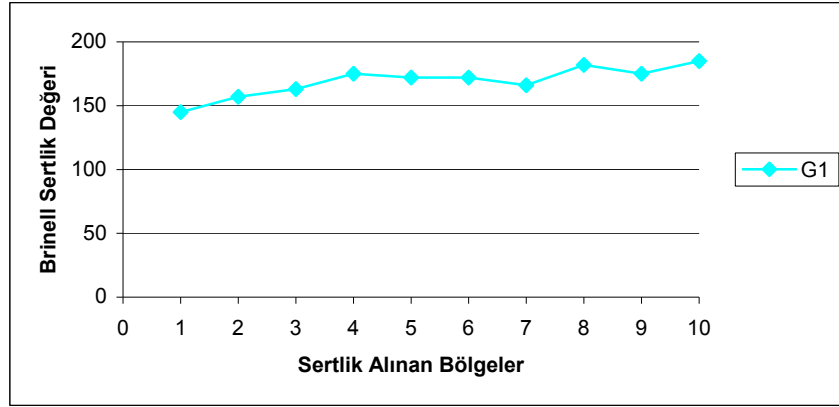
Şekil 8.45. Sertlik deneyi E1 numunesi sonuçları



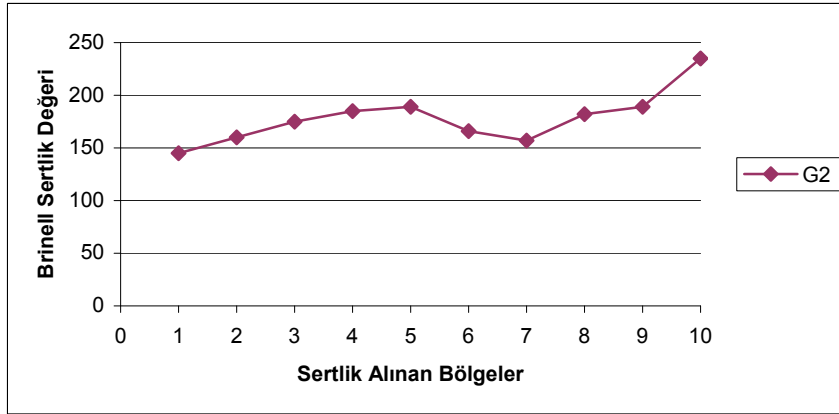
Şekil 8.46. Sertlik deneyi E2 numunesi sonuçları



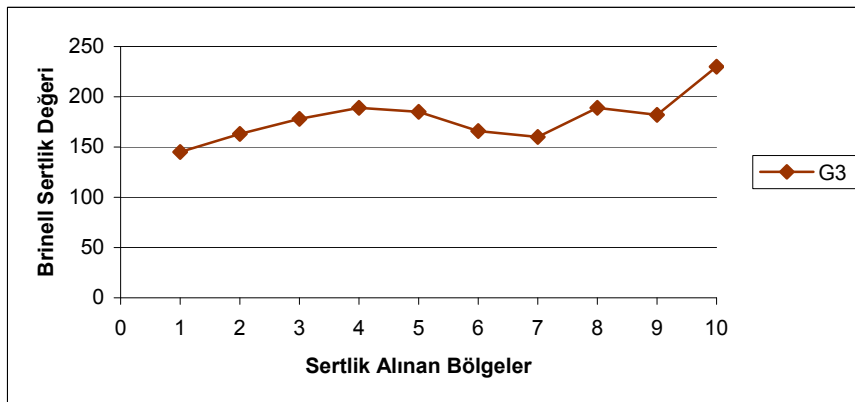
Şekil 8.47. Sertlik deneyi E3 numunesi sonuçları



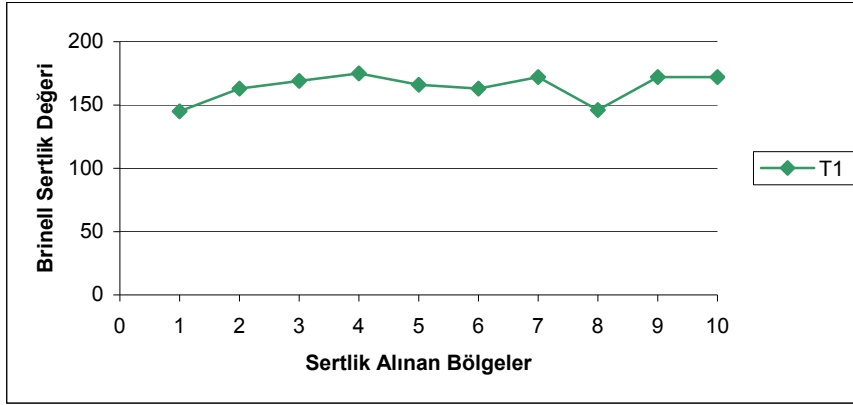
Şekil 8.48. Sertlik deneyi G1 numunesi sonuçları



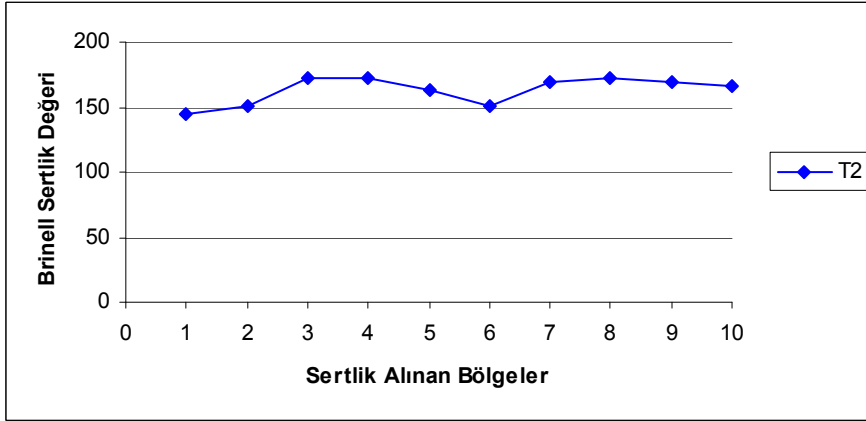
Şekil 8.49. Sertlik deneyi G2 numunesi sonuçları



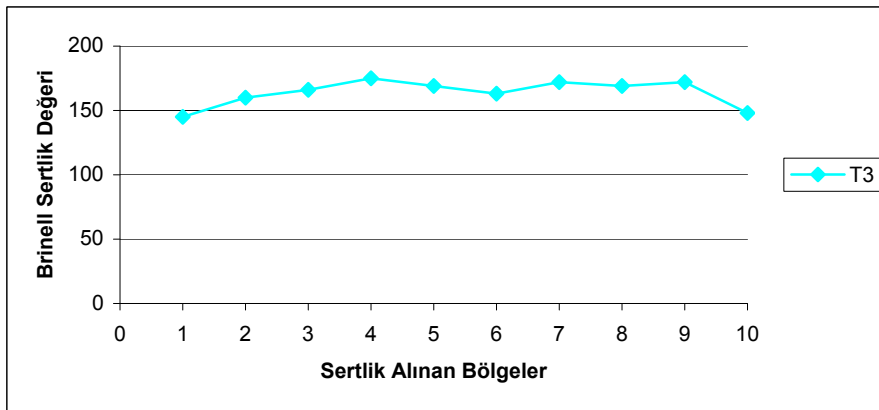
Şekil 8.50. Sertlik deneyi G3 numunesi sonuçları



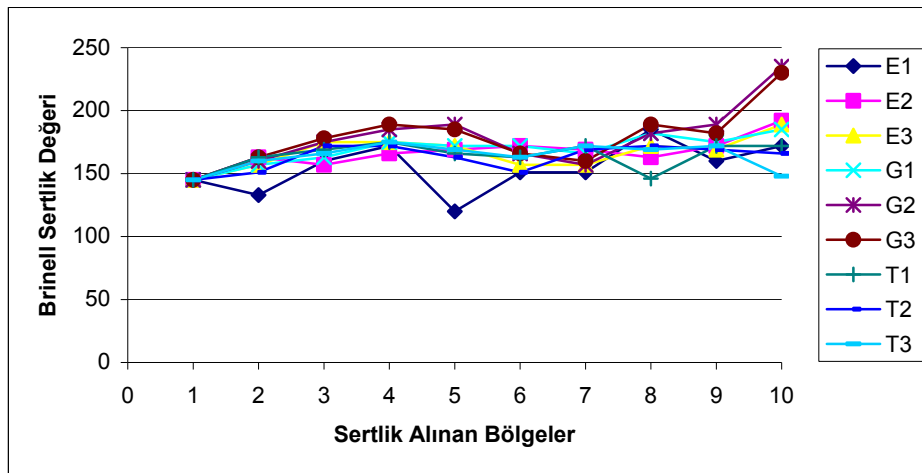
Şekil 8.51. Sertlik deneyi T1 numunesi sonuçları



Şekil 8.52. Sertlik deneyi T2 numunesi sonuçları



Şekil 8.53. Sertlik deneyi T3 numunesi sonuçları



Şekil 8.54. Sertlik deney sonuçları

Numuneler	1	2	3	4	5	6	7	8	4	9	10
E1	145	133	160	172	120	151	151	185	172	160	172
E2	145	163	157	166	169	172	169	163	166	172	192
E3	145	157	175	175	172	157	157	172	175	169	189
G1	145	157	163	175	172	172	166	182	175	175	185
G2	145	160	175	185	189	166	157	182	185	189	235
G3	145	163	178	189	185	166	160	189	189	182	230
T1	145	163	169	175	166	163	172	146	175	172	172
T2	145	151	172	172	163	151	169	172	172	169	166
T3	145	160	166	175	169	163	172	169	175	172	148

Tablo 8.2. Test parçalarının sertlik değerleri

BÖLÜM 9. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

9.1. Genel Sonuçlar

Çekme deneyi sonuçlarını incelediğimizde meydana gelen akma değerlerinin ana malzeme ile benzer olduğu, çekme değerlerinin ana malzemedan yüksek olduğu görülmüştür. Bunun sebebi kaynak metalinin şekil değiştirmeye karşı göstermiş olduğu dirençten kaynaklanmaktadır. Uzama değerlerine bakıldığında genellikle kullanılan ana malzemedan daha düşük uzama değerleri verdiği tespit edilmiştir. Elektrik ark kaynaklı malzemelerin % uzama değerleri diğer kaynaklara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. En düşük değerler tozaltı kaynak numunelerinde elde edilmiştir.

En yüksek akma mukavemeti 520 Mpa ile T1 numunesine aittir. Akma dayanımı grafiğinden farklı kaynak yöntemleri uygulanmış numunelerde parametrelerin değiştirilmiş olmasına karşın en yüksek akma mukavemetinin tozaltı kaynağı uygulanmış numunelerde olduğu görülmektedir.

Çekme mukavemetleri incelendiğinde en yüksek çekme mukavemeti 621 Mpa ile T3 numunesine aittir. E2 numunesinde ideal kaynak parametreleri kullanıldığından dolayı buradaki çekme mukavemeti de yüksektir.

Kopma mukavemetleri incelendiğinde en yüksek kopma mukavemeti 537 Mpa ile T1 numunesine aittir.

Kaynaklı numunelerin tamamı ana malzeme üzerinde zayıf olan noktalarda boyun vererek sünek bir biçimde kopma göstermişlerdir. ITAB ve kaynak metalinden kopma hiçbir numunede gerçekleşmemiştir. Buda yapılan kaynaklar sonunda

meydana gelen ısı girdisinin ana malzemede yapı değişikliğine sebep olmadığını göstermektedir. Sonuçlar uygun bir kaynaklı birleştirme yapıldığını göstermektedir.

Eğme deneyinde numuneler incelendiğinde kök eğmelerin hepsinde çeşitli açılarda çatlama olduğu görülmüştür. Burada en kolay çatlama 65° ile T1, G1, G2 numunelerinde görülmektedir. Kök pasoların dar olması kök eğmesi ile kep eğmesi arasındaki farkın oluşma sebebidir.

Kaynaklı numunelerin kep eğilmesinde Tozaltı kaynak numuneleri ile E2 numunesinde çatlak oluşmamıştır. Diğer çatlayan numunelerinde kök eğmesine göre yüksek eğme kuvveti altında çatlama kaynaklı numunelerin dayanımlarının iyi olduğunun bir göstergesidir.

Kaynaklı numunelerin herhangi bir hasara uğramadan kalmaları sünek bir kaynaklı bağlantı yapıldığını göstermektedir. Eğme deneyinde numunelerin hem kök hem de kep testleri yapılarak herhangi bir hata olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. AH 36 malzemesinin yüksek mekanik özelliklere sahip olması buradan alınan sonuçlarında yüksek çıkmasını sağlamıştır.

Çentik darbe deneyi sonuçlarını incelediğimizde elektrik ark kaynaklı numunelerin test sonuçlarının yüksek darbe enerjisine sahip olduğu görülmektedir. Tozaltı kaynaklarında yüksek ısı girdisinden dolayı gevrek bir yapı oluşmuştur bundan dolayı darbe enerjileri diğer kaynak yöntemlerine göre düşüktür. Tüm numunelerde sıcaklıkların azalması kontrollü olarak darbe dayanımlarının düşmesine sebep olmuştur. Çentik darbe dayanımlarının sertlikle ters orantılı olarak değiştiği bilinmektedir. Buda deneyin amacına ulaştığının bir göstergesidir.

Kaynatılan parçaların sertlik sonuçları incelendiğinde Isı girdisi bakımından en yüksek gazaltı kaynağı olduğu görülmektedir. Sertlik değerlerinin en yüksek olduğu kaynak gazaltı kaynağıdır. Numunelerin kaynak metali ve ITAB kısımları ana metalden daha sert bir yapıya sahiptir. Ana metalin düşük sertliğe sahip olması daha fazla alaşım elementine sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Gemi eliklerinin mikro yapıları göstermektedir ki içerisinde birçok inklüzyon, Gözenek ve mikro hatalar barındırmaktadır. Kaynaklı numunelerin mekanik özelliklerini iyileştirmek için sac kalınlıklarına göre minimum kaynak formu verecek elektrot çapları, kaynak akımları, gerilimleri ve uygun kaynak ağızları dizayn edilmelidir.

9.2. neriler

Bu tez çalışmasında AH 36 gemi sacının elektrik ark kaynağı, MIG-MAG kaynağı ve tozaltı kaynağı ile birleştirmesi yapılmıştır. Yapılan kaynaklı birleştirmelerde mekanik özellikler, makro ve mikro yapı incelemeleri yapılmıştır. Aynı konu üzerinde araştırma yapacak kişilere öneriler ise;

- 1) Değişik kaynak pozisyonlarında aynı malzemede farklı kaynak yöntemleri uygulanarak kaynak damla geometrisi incelenebilir.
- 2) Mikro yapı incelemesi için hazırlanan numunelerin SEM ve TEM de fotoğrafları çekilerek mikro yapı incelemesi yapılabilir.
- 3) AH 36 gemi sacının kaynaklı birleştirmeler sonrası uzun süreli deniz suyu ile korozyona uğratılıp onarım amaçlı yapılan kaynaklı birleştirmelerin mekanik ve mikro yapı incelemesi yapılabilir.
- 4) Malzemenin yorulması incelenebilir.
- 5) Malzemenin korozyona karşı dayanımı incelenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] TUĞLAN, B., Gemi Sanayinde Kullanılan Çelikler ve Kaynak Yöntemleri, İstanbul, 1979
- [2] ASARKAYA, M., Tersanelerde Uygulanan ve Uygulanabilecek Kaynak Yöntemleri, Gemi Mühendisliği ve Sanayimiz Sempozyumu, İstanbul, 2004
- [3] ASLANLAR, S., Elektrik Ark Kaynak Teknolojisi ve Uygulamaları, 2008
- [4] ERYÜREK, İ.B., Çelikler İçin Örtülü Elektrot Seçimi, İTÜ Makine Fakültesi, İstanbul, 2005
- [5] ANIK, S., TÜLBENTÇİ, K., KALUÇ, E., Örtülü Elektrod ile Elektrik Ark Kaynağı Gedik Eğitim Vakfı, İstanbul, 1991
- [6] ANIK, S., Kaynak Tekniği, İTÜ Makine Fakültesi Matbaası, İstanbul , 1981
- [7] ERYÜREK, İ.B., Gazaltı Kaynağı.İTÜ Makine fakültesi, İstanbul, 2004
- [8] YAVUZ, N., ÖZCAN, N., POLAT, F., Tozaltı Kaynak Bağlantısının Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Termal ve Mekanik Analizi, UÜ Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 10, Sayı 2, 2005
- [9] ANIK, S., Kaynak Tekniği (Tozaltı kaynağı ve koruyucu gaz kaynağı) Gedik Holding Yayını, İstanbul, 1990
- [10] ANIK, S., TÜLBENTÇİ, K., Tozaltı Kaynak Tekniği Gedik Holding Yayını, İstanbul, 2000
- [11] KAYALI, E., Metalik Malzemelerin Mekanik Deneylemleri, İstanbul, 1975
- [12] ASARKAYA, M., Gemi İnşasında Kullanılan Kaynak Yöntemlerinin Mekanik Özelliklere Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006
- [13] KURT, K., Dh 36 gemi Sacının Farklı Kaynak Yöntemleri İle Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, , Yüksek Lisans Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008
- [14] <http://megep.meb.gov.tr/indextr.html> Mart 2009

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Süzen, 04.04.1979 da Bursa'nın İznik ilçesinde doğdu. İlk ve orta eğitimini İznik'te lise eğitimini Bursa'da tamamladı. 1996 yılında Bursa Mimar Sinan Teknik Lisesi, Makine Bölümünden mezun oldu. 1996 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Öğretmenliği bölümünü 2000 yılında bitirerek mezun oldu. Aynı yıl memuriyet sınavını kazanarak Hendek ilçesinde Öğretmenliğe başladı. 4 yıl burada çalıştıktan sonra mecburi hizmetini tamamlamak için Yozgat'ın Çekerek ilçesine tayini çıktı. Burada da 4 yıl görev yaptı. 2008 yılında şuan görev yaptığı Akyazı Anadolu teknik ve Endüstri Meslek Lisesine ataması gerçekleşti. Halen bu okulda görev yapmaktadır.