

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DH 36 GEMİ SACININ FARKLI KAYNAK  
YÖNTEMLERİ İLE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Teknik Öğrt. Kadir KURT**

**Enstitü Anabilim Dalı : METAL EĞİTİMİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Salim ASLANLAR**

**Haziran 2008**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DH 36 GEMİ SACININ FARKLI KAYNAK  
YÖNTEMLERİ İLE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN  
İNCELENMESİ**

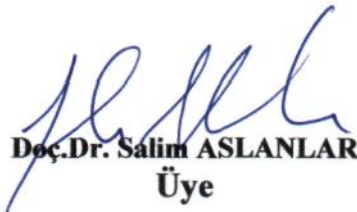
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**


**Teknik Öğrt. Kadir KURT**

**Enstitü Anabilim Dalı : METAL EĞİTİMİ**

**Bu tez 02/06/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.**

  
**Prof. Dr. Fehim FİNDİK**  
**Jüri Başkanı**

  
**Doç. Dr. Salim ASLANLAR**  
**Üye**

  
**Yrd. Doç. Dr. Erdiñ İLHAN**  
**Üye**

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalıŐmalarımın yapımında her tŒrlŒ ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç.Dr. Salim ASLANLAR'a teŐekkŒr ederim.

Yaptığım çalıŐmanın teorik ve deneysel kısmında yardımlarından ŒtŒrŒ Yrd.Doç.Dr. UĐur ŐZSARA'a, Olcay ŐNVEREN'e, Osman İNCEŐRENE'e ve Sakarya Őniversitesi, Teknik EĐitim FakŒltesi AraŐ. GŒrv. Murat ÇOLAK'a ayrıca teŐekkŒr ederim.

Haziran 2008

Kadir KURT

# 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.....	2
2.1. Giriş.....	2
2.2. Oksijeni Alma İşlemleri.....	2
2.2.1. Durgun Çelik .....	3
2.2.2. Kaynar çelikler (Rimmed-Steel).....	3
2.2.3. Yarı durgun çelik ( Semi Killed Steel ) .....	3
2.2.4. Isıl İşlem.....	3
2.3. Yüksek Mukavemetli Çelikler.....	4
2.3.1. Çeliğin çentik mukavemeti özellikleri.....	4
2.3.1.1. Dönüşüm sıcaklığı.....	5
2.3.1.2. Levha kalınlığının etkisi.....	5
2.4. Haddelenmiş Levhaların Yönel Özellikleri.....	6
2.5. Soğuk Şekil Vermenin Etkisi.....	6
2.6. Kaynak Metalinin Çentik Sertliği ve Isı Geçiş Bölgesi.....	7

### BÖLÜM 3.

ELEKTRİK ARK KAYNAĞI.....	8
3.1. Giriş.....	8
3.2. Ark.....	9
3.2.1. Ark'ta meydana gelen olaylar.....	10
3.3. Elektrod Örtüsünü Oluşturan Maddelerin Görevleri.....	12
3.4. Kullanılan Örtülü Elektrodların Çalışma Karakteristikleri.....	12
3.4.1. Bazik örtülü elektrodların özellikleri ve kullanım alanları.....	13

### BÖLÜM 4.

MIG-MAG KAYNAK YÖNTEMİ.....	16
4.1. Giriş.....	16
4.2. MIG-MAG Kaynağının Çalışma Prensipleri ve Özellikleri.....	18
4.3. Damla İletim Mekanizmaları.....	19
4.3.1. Kısa devre iletim(kısa ark).....	19
4.3.2. İri damla iletimi (uzun ark).....	20
4.3.3. Sprey iletimi.....	20

### BÖLÜM 5.

TOZALTI KAYNAĞI.....	22
5.1. Giriş.....	22
5.2. Tozaltı Kaynağında Kullanılan Kaynak Tozları.....	24
5.2.1. Ergimiş kaynak tozları.....	25
5.2.2. Aglomere edilmiş kaynak tozları.....	25
5.2.2.1. Aktif tozlar.....	26
5.2.2.2. Nötr tozlar.....	26
5.2.2.3. Aktif ve nötr toz-tel kombinasyonu.....	27
5.3. Kaynak Banyosunda Cüruf Arasındaki Reaksiyonlar.....	27

### BÖLÜM 6.

TAHRİBATLI VE TAHRİBATSIZ TESTLER.....	29
6.1. Giriş.....	29

6.2. Tahribatlı Testler.....	29
6.2.1. Çekme deneyi.....	29
6.2.2. Eğme deneyi.....	32
6.2.3. Çentik darbe deneyi.....	35
6.2.4. Sertlik ölçme deneyi.....	37
6.2.4.1. Mikro - sertlik deneyi.....	38
6.3. Tahribatsız Testler.....	39
6.3.1. Radyografik yöntemle tahribatsız muayene.....	39
<b>BÖLÜM 7.</b>	
<b>DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....</b>	
7.1. Giriş .....	41
7.2. Test Parçalarının Hazırlanması.....	41
7.3. Test Parçalarına Farklı Kaynak Yöntemlerinin Uygulanması.....	42
7.4. Kaynak Numunelerinin Gözle Muayenesi.....	51
7.5. Radyografik Yöntemle Yapılan Muayene.....	52
7.6. Deney Numunelerinin Çıkarılması.....	55
7.7. Çekme Testi Numunesinin Hazırlanması ve Yapılması.....	55
7.8. Eğme Deneyi Numunesinin Hazırlanması ve Yapılması.....	56
7.9. Çentik Darbe Deneyi Numunelerinin Hazırlanması ve Yapılması..	56
7.10. Makro –Mikro Yapı İncelemeleri ve Mikro Sertlik Ölçümünün Yapılması.....	57
<b>BÖLÜM 8.</b>	
<b>DENEYSEL SONUÇLAR.....</b>	
8.1. Çekme Deneyi Sonuçları.....	59
8.2. Eğme Deneyi Sonuçları.....	67
8.3. Çentik Darbe Deneyi Sonuçları.....	68
8.4. Mkaro ve Mikroyapı İnceleme Sonuçları.....	70
8.5. Mikro Sertlik Sonuçları.....	83
<b>BÖLÜM 9.</b>	
<b>GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	
	85

9.1. Genel Sonuçlar.....	85
9.2. neriler.....	85
KAYNAKLAR.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	89

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

GRADE	: Gemi saçlarının kalite standardı
AWS	: Amerikan kaynak enstitüsü
ITAB	: Isı tesiri altında kalan bölge
MIG-MAG	: Metal inert gaz-Metal aktif gaz kaynağı
SAW	: Tozaltı kaynağı
SMAW	: Örtülü elektrodla ark kaynağı
FCAW	: Özlü telle gazaltı kaynağı
TIG-WIG	: Tungsten inert gaz-Wolfram inert gaz kaynağı
DC-AC	: Doğru akım-Alternatif akım
$\varepsilon$	: Birim uzama
E	: Elastik modülü
$\sigma$	: Orantı sınırı
$\sigma_{\alpha}$	: Akma dayanımı
$\sigma_{\zeta}$	: Çekme dayanımı
$l_k$	: Kopma sonrası toplam boy
$l_0$	: Numunenin ilk boyu
K.M	: Kırılma modülü
D	: Numune çapı
B	: Numune genişliği
$M_e$	: Eğme momenti
P	: Uygulanan yük
L	: Mesnetler arası uzaklık
Z	: Kesit modülü
l	: Sarkacın boyu
G	: Sarkacın
$h_1$	: Sarkacın ilk yüksekliği
$h_2$	: Sarkacın son yüksekliği



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Elektrik ark kaynağının çalışma prensibi.....	9
Şekil 3.2.	Arkta damla geçişi.....	10
Şekil 3.3.	Ark oluşumu (çarpma iyonizasyonu).....	11
Şekil 3.4.	Arkta meydana gelen olaylar.....	11
Şekil 3.5.	Bazik elektrod köşe kaynağı görünüşü.....	15
Şekil 4.1.	MIG-MAG kaynak yöntemi.....	16
Şekil 4.2.	MIG-MAG kaynağının prensibi.....	18
Şekil 4.3.	Damla iletim hızının ve damla hacminin kaynak akımıyla değişimi.....	21
Şekil 5.1.	Tozaltı kaynağı yönteminin şematik gösterimi.....	22
Şekil 5.2.	Tozaltı kaynağının şematik gösterimi.....	24
Şekil 6.1.	Çekme deneyinin şematik olarak uygulanması.....	30
Şekil 6.2.	Çekme deneyinin gerilim-gerinim eğrisi.....	32
Şekil 6.3.	Eğme deneyi şeması.....	33
Şekil 6.4.	Şematik olarak çentik darbe deneyinin gösterilmesi.....	35
Şekil 6.5.	Mikro-Sertlik deneyinin yapılaş şeması.....	39
Şekil 6.6.	Radyografik muayenenin prensibi.....	40
Şekil 7.1.	Test parçaları.....	41
Şekil 7.2.	Radyografik yöntemle test numunelerinin filmlerinin görüntüleri	54
Şekil 7.3.	Radyografik test raporu.....	54
Şekil 7.4.	Kaynaklı levhalardan test parçalarının çıkarılması.....	55
Şekil 7.5.	DIN 50120 standardına göre çekme test numunesi.....	56
Şekil 7.6.	DIN 17100 standartlarına göre eğme test numunesi.....	56
Şekil 7.7.	TS EN 10045-1 standardına göre hazırlanmış çentik darbe test parçası.....	57
Şekil 7.8.	TS EN 10045-1 standardına göre hazırlanmış çentik darbe test parçası.....	57
Şekil 7.9.	Mikro sertlik alınan bölgeler.....	58

Şekil 8.1.	Elektrik ark kaynaklı E1 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	59
Şekil 8.2.	Elektrik ark kaynaklı E2 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	60
Şekil 8.3.	Elektrik ark kaynaklı E3 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	60
Şekil 8.4.	Elektrik ark kaynaklı E1, E2, E3 numunelerinin çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrilerinin aynı grafik üzerinde gösterilmesi.....	60
Şekil 8.5.	MIG-MAG kaynaklı G1 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	61
Şekil 8.6.	MIG-MAG kaynaklı G2 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	61
Şekil 8.7.	MIG-MAG kaynaklı G3 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	61
Şekil 8.8.	MIG-MAG kaynaklı G1, G2, G3 numunelerinin çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrilerinin aynı grafik üzerinde gösterilmesi.....	62
Şekil 8.9.	Tozaltı kaynaklı T1 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	62
Şekil 8.10.	Tozaltı kaynaklı T2 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	62
Şekil 8.11.	Tozaltı kaynaklı T3 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi.....	63
Şekil 8.12.	Tozaltı kaynaklı T1, T2, T3 numunelerinin çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrilerinin aynı grafik üzerinde gösterilmesi.....	63
Şekil 8.13.	Numunelerin çekme deneyi sonrasında; a) Akma mukavemetlerinin, b) Çekme mukavemetlerinin, c) Kopma mukavemetlerinin karşılaştırılması.....	64
Şekil 8.14	Çekme deneyi sonrasında test parçalarının biçimleri.....	65
Şekil 8.15.	Çekme testi sonrasında oluşan kırılmalarda sünek kopma biçimleri.....	66

Şekil 8.16.	Çekme deneyi sonrasında numunelerin % uzamalarının karşılaştırılması.....	66
Şekil 8.17.	Kaynaklı test parçalarının eğme deneyi sonuçları.....	67
Şekil 8.18.	Eğme testi sonrası test parçalarının şekilleri.....	68
Şekil 8.19	.Numunelerin ana malzeme bölgesindeki çentik darbe deneyi sonucu.....	69
Şekil 8.20.	Numunelerinin ITAB bölgesindeki çentik darbe deneyi sonucu...	69
Şekil 8.21.	Numunelerin kaynak bölgesindeki çentik darbe deneyi sonucu...	70
Şekil 8.22.	Kaynak damla geometrisi.....	71
Şekil 8.23.	Test parçalarının kaynak damla geometri fotoğrafları.....	72
Şekil 8.24.	(E1 numunesi) Elektrik ark kaynağıyla birleştirilmiş 15 mm DH36 Grade çeliğinin geçiş bölgesi ana malzeme ve nüfuziyetsizlik bölgesi mikroyapı görüntüleri.....	74
Şekil 8.25.	(E2 numunesi) Elektrik ark kaynağıyla birleştirilmiş 15 mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, kaynak bölgesi ve ITAB bölgesinin mikroyapı görüntüleri.....	75
Şekil 8.26.	(E3 numunesi) Elektrik ark kaynağıyla birleştirilmiş 15 mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, geçiş bölgesi ve kaynak bölgesinin mikroyapı görüntüleri.....	76
Şekil 8.27.	(G1 numunesi) MIG-MAG kaynağıyla birleştirilmiş 15 mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, kaynak metali-ITAB-ana metal bölgesinin mikroyapı görüntüleri.....	77
Şekil 8.28.	(G2 numunesi) MIG-MAG kaynağıyla birleştirilmiş 15 mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, iki sakal arası boşluk ve kaynak metali ile ITAB'ın mikroyapı görüntüleri.....	78
Şekil 8.29.	(G3 numunesi) MIG-MAG kaynağıyla birleştirilmiş 15 mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, geçiş bölgesi ve kaynak bölgesinin mikroyapı görüntüleri.....	79
Şekil 8.30.	(T1 numunesi) Tozaltı kaynağıyla birleştirilmiş 15mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, ITAB bölgesi ve kaynak bölgesinin mikroyapı görüntüleri.....	80

Şekil 8.31. ( T2 numunesi ) Tozaltı kaynağıyla birleştirilmiş 15mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, ana metalle ITAB birleşme bölgesi, kaynak bölgesi, kaynakların ağız ağza geldiği bölgelerin mikroyapı görüntüleri.....	81
Şekil 8.32. ( T3 numunesi ) Tozaltı kaynağıyla birleştirilmiş 15mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, ITAB bölgesi ve kaynak bölgesinin mikroyapı görüntüleri.....	82
Şekil 8.33. Mikro sertlik alınan bölgeler.....	83
Şekil 8.34. Mikro sertlik deney sonuçları.....	83

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1.	Elektrod örtüsünü oluşturan maddelerin görevleri.....	12
Tablo 7.1.	Farklı kaynak yöntemi uygulanan numunelerin gruplandırılması.	42
Tablo 8.1.	Numunelerin kaynak geometrileri.....	71
Tablo 8.2.	Test parçalarının mikro sertlik değerleri.....	84

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Elektrik Ark Kaynağı, Elektrot, Kaynak Teli, Mekanik Özellikler.

Bu çalışmada tersanelerde kullanılan farklı kaynak yöntemlerinin bir malzeme üzerinde uygulanmasında mekaniksel ve mikroyapısal özellikleri incelenmiştir. Farklı kaynak yöntemlerinin kendi değişen parametreleri değiştirilerek en uygun parametrenin bulunmasına çalışılmıştır. Ayrıca kullanılan farklı kaynak yöntemlerinin birbirine göre avantajları ve dezavantajları detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmada farklı kaynak yöntemleri olarak elektrik ark kaynağı, gazaltı kaynağı ve tozaltı kaynağı kullanılmıştır.

Test parçalarına çekme deneyi, eğme deneyi, çentik deneyi, sertlik ölçümleri yapılmış ve mikro yapıları incelenmiştir. Deneyler sonucunda test parçalarının mekanik özelliklerine farklı kaynak yöntemlerinin etkileri görülmüştür. Çekme deneyinde kopmaların ısı tesiri altında kalan bölgelerde olmadığı ana malzemede kopmaların gerçekleştiği görülmüştür. Süneklikten gevrekliğe geçiş sıcaklığı 0°C ile 20°C olarak bulunmuştur.

# **INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF DH 36 SHIP STEEL SHEETS WELDED BY VARIOUS WELDING METHODS**

## **SUMMARY**

Key Words: Electric Arc Welding, Electrode, Welding Wire, Mechanical Properties

In this study, mechanical and microstructural affects of various welding methods on materials were investigated. The optimum process parameters were tried to determine. Advantages and disadvantages of different welding methods were discussed. The welding methods studied here are electric arc welding, gas metal arc welding and shield arc welding.

In this study, the specimens were exposed to tensile test, bending test, impact test and microstructures were determined did their microhardness values were measured. The ductile to brittle temperature was determined as 0-20°C.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Gemi inşasında 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. Çelik, demir ingotlarından ısıl işlemler uygulanarak saflaştırma ve şekillendirme işlemleriyle elde edilir. Ana unsurları büyük ölçüde demir ve kontrollü miktarda karbondur. Üretimde metal bazlı olmayan kükürt ve fosfor gibi maddelerin miktarının en azda tutulması önemlidir.

Bu saçları birleştirme tekniklerinden çoğunlukla birçok kaynak yöntemi kullanılmaktadır. İlk olarak üretilen örtülü elektrotlar ark kaynağı; kolay uygulanma şekli, kullanımı kolay makinelerle olması sebebi ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemin birçok dezavantajları olmasından dolayı yarı otomatik kaynak yöntemi olan MIG-MAG kaynağı kullanılmaya başlanmıştır.

MIG-MAG kaynağında sürekli tel elektrod olması ve kaynak hızının yüksek olması ısı girdisinin azalmasına, otomasya sistemlerine rahatlıkla uygulanmasını sağlamıştır.

Tozaltı kaynak yöntemi ise yüksek amperle akım yapılması yüksek nüfuziyet elde edilmesini sağlamıştır. dış yüzeyi diğer kaynak usullerine göre çok iyidir. Dh 36 gemi saçına farklı kaynak yöntemleri uygulanarak tahribatlı ve tahribatsız testlerle mekanik özellikleri araştırılmıştır.



## **BÖLÜM 2. TERSANE ÇELİKLERİNİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ**

### **2.1. Giriş**

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

a) Siemens- Martin

b) Bazik Oksijen

c) Elektrik Fırını

Senelerce Siemens-Martin yöntemi fırınları gemilerde kullanılan çeliklerin büyük bir kısmının yapımında kullanıldı. Daha yeni olan bazik oksijen yönteminde ise reaksiyonun hızını arttırmak için oksijen kullanılır ve böylece çeliğin çok az bir bölümünde elektrik fırınları kullanılmaktadır. Bu elektrik fırınları daha çok alaşımli çeliklerin, çelik dökümlerin yapımında kullanılmaktadır [1].

### **2.2. Oksijeni Alma İşlemleri**

Çeliklerin yapımında metalurjik durumları göz önüne alan birinci derecede reaksiyon karbon ve oksijen karışımının bir gaz ortamı oluşturmasıdır. Çelik yapımında kullanılan yöntem ve oksijeni alma işlemi oksitlemenin her ikisi birden elde edilen çeliğin türünü oluşturur.

### **2.2.1. Durgun Çelik**

Tamamen oksijeni alınmış olup en önemli tekne bünyesel tekne elemanları için çok uygun yapar. Oksijeni alma işlemi silisyum ve alüminyum gibi elemanları katkısı ile gerçekleştirilir. Durgun çelik yapımı için silisyum katkısının yüzünde 0,10'dan daha fazla olması gereklidir. Durgun katılaşmaya başladığında elde edilen kütüğün (ingot) üst bölmelerinde belirli büzülme oyukları veya boru şeklinde gaz boşlukları ( pipe ) bulunmaktadır. Kütüğün bu üst kısmı kesilerek atılır ve haddelenen çelikte bu özürler bulunmaz [1].

### **2.2.2. Kaynar çelikler (Rimmed-Steel)**

Bu tür çeliğin oksijeni çok az alınmış olup genel olarak 12,5 mm kadar olan çelik yapımın da kullanılır. Dolayısıyla bu tür çeliğin kullanılması daha az önemli elemanların yapımı içinde sınırlandırılmıştır.

### **2.2.3. Yarı durgun çelik ( Semi Killed Steel )**

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 şeklinde gaz boşlukları daha az bulunduğu için kaynar edilebilen çeliklerde daha çok kullanılır. 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 yöreleri için çentik mukavemeti yüksek olan malzeme veya yüksek mukavemetli çelikler istendiğinde normalizasyon ısıl işlemi istenir. Yapı inceltmesi ( ince yapılı ) çelik ölçülü oranlarda alüminyum veya diğer yapı incelten elemanların katkısı ile elde edilebilir. Sulama yoluyla hızlı soğutma ve temperleme işlemleri daha sert çelikler elde etmek için kullanılabilir fakat bu işlemler daha çok, düşük alaşımlı ve alaşımlı çelikler için kullanılır [1].

### 2.3. Yüksek Mukavemetli Çelikler

İstenilen mekanik özellikler ve kaynatılabilirliğe uygun bakımdan yüksek mukavemetli çeliklerin seçimi büyük bir özenle yapılmalıdır. Yüksek mukavemetli çeliklerin gemilerde kullanılması iki gruba ayrılabilir.

a) Akma sınırı 345 MPa : 50000 Psi : 35,2 kg/mm<sup>2</sup> olan yüksek mukavemetli karbon çelikleri

b) Akma sınırı 690 Mpa : 100000 Psi : 70,4 kg/mm<sup>2</sup> mm'ye kadar çıkan düşük alaşımlı sulama yolu ile hızlı soğutulmuş ve temperlenmiş çelikler genellikle şu durumda kullanılır.

1) Geminin çelik tekne ağırlığını azaltmak

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

#### 2.3.1. Çeliğin çentik mukavemeti özellikleri

Malzemelerin çentik mukavemeti veya çarpmalara dayanıklılığı, yük altında plastik şekil değiştirmesinde yuttuğu enerji olarak tanımlanır. Malzemenin bu özelliği metalurjik veya mekanik çatlamlar veya çentik oluşması esnasında ansızın çatlama karşın dayanıklılığı artırır. Çatlamadan önce çok az veya hiç enerji plastik olarak yutulmamışsa ve kopma yarığın tipinde ise malzeme gevrek olarak tanımlanır. Çeliğin bu özelliği büyük ölçüde sıcaklığa bağlı olduğundan dönüşüm sıcaklığı çentik sertliği için standart bir kriteriya olmuştur. Gerçekte, dönüşüm dar bir sıcaklık bölgesinde oluşur [1].

### 2.3.1.1. Dönüşüm sıcaklığı

Çentik sertliği belirlemede en çok kullanılan yöntem V çentiği çarpma deneyidir. Ağırlık düşürme deneyi genel olarak bunun yerine geçerli bir yöntem kabul edilir ve gerçek dönüşüm sıcaklığını belirlemede daha geçerli sayılır. Yumuşak bir çeliğin belirli bir türü için tipik bir dönüşüm sıcaklığı eğrisi gösterilmektedir. V çentiği çarpma deneyleri ASTM A 370'de belirlenmiştir ve ağırlık düşürme deneyleri ise ASTM E 208'de verilmiştir. Deney parçasının veya yapının şeklinin veya geometrisinin dönüşüm sıcaklığındaki etkisinin çok fazla olduğunu unutmamak gereklidir. 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. Normal mukavemetli çeliğin 3 türü ve sulama yoluyla hızlı soğutulmuş ve meneviş verilmiş düşük alaşımlı yüksek mukavemetli çeliğin bir türü için V çentiği eğrilerini gösterir. Dönüşüm sıcaklıkları karşılaştırıldıklarında yüksek mukavemetli çeliklerinkinden daha büyük değerlerin kullanıldığı unutulmamalıdır.

### 2.3.1.2. Levha kalınlığının etkisi

Metalurjik bakımdan, aynı gruptan veya dökümden bir çelik için daha kalın levhalar ince levhalara göre çentiğe karşı daha duyarlıdır. Bu durum daha fazla çelik fabrikasında haddeleme sırasındaki bitirme sıcaklıklarındaki değişikliklere bağlıdır. Levha kalınlığını 12,5 mm'den 29 mm'ye arttırmak bazı durumlarda çarpma dönüşüm sıcaklığını 10 ile 20 °C yükseltir. Levhanın kalınlığı artarken, kalınlık yönündeki şekil değiştirme yeteneği azalır. Bu nedenden, 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 çeliği 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 iç yapı haddeleme yönünde uzar. Sonuç olarak, boyuna alınan deney parçalarının V çentiği değerleri enine alınana deney parçalarınınkinden daha yüksek olarak bulunur. Bu nedenden gemilerin kaplama saçlarının sarılmasında levhaların baş ve kıç yönlerinde boyuna olarak bulunmasına önem vermek öğütlenir. Böylece haddelenenin 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 kopma gerilmelerinin taşınmasını istemeyen dizaynlar kullanılmalıdır.

## 2.5. Soğuk Şekil Vermenin Etkisi

Soğuk şekil verme malzemedeki değişik hasarlar oluşturur. Birincisi, flençleme veya fazla şekil verme sonucu malzemenin yüzeyinde çatlaklar gibi kusurlar oluşur. İkincisi, aşırı derecede soğuk şekil verme çeliğin çentik sertliğini ve esnekliğini azaltır. Bazı çeliklerde, gerilmelerin sürekliliği sonucu ters bir etki oluşabilir ki bunu orta derecede bir ısıtma hızlandırır. Soğuk şekil verme sonucu çentik sertliğindeki azalma çelik yaklaşık olarak %3'den fazla gerildiği zaman oluşur. Karine dönüm saçlarının veya Şiyer-stringer dönüm saçlarının haddelenmesi bir sorun yaratmaz.

Bununla beraber, kalın levhaların ufak bir yarıçapa haddelemeleri çentik sertliğini etkiler. Tekne çeliğinin zorlama yaşlanması genellikle az görülmekte olup buna karşın gerekli önlemler, Bessemer çeliği zorlama sonucu yaşlanmada esneksizliğinden çok kaybettiği için bu tür çeliğin soğuk şekil verilmesi gerekli herhangi bir yapısal eleman için kullanılmaması şeklinde alınmalıdır. Bilhassa kalın levhalarda makasta kesilmiş kenarların düzeltilmesi buralardan herhangi bir çatlamanın başlaması olasılığını ortadan kaldırır [1].

## 2.6. Kaynak Metalinin Çentik Sertliği ve Isı Geçiş Bölgesi

Değişik tür ( Grade )'deki 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 türlenme oluşur. Bu sebeple özel malzemenin kullanılmasının isteyen şiyer sacları gibi yüksek gerilmelerin oluştuğu yerleri sokra kaynaklarından bazı kaynak işlemlerinin kullanılmasına izin verilmez.

Aynı şekilde büyük döküm parçalarının yerini alan kaynaklı yapılarda cüruf altı ve MAG ve bazı çok telli tozaltı kaynak işlemleri çok pasolu kaynaklarla karşılaştırıldıklarında çentik sertliğini azaltmıştır. Çok yüksek çentik özelliklerinin istendiği yerlerde tek pasolu kaynakların yokluğunda çok pasolu tozaltı kaynakları istenebilir. Bu bilhassa yüksek mukavemetli çelikleri ve alçak sıcaklıktaki servis için 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 geliştirilmiştir [1].

## **BÖLÜM 3. ELEKTRİK ARK KAYNAĞI**

Elektrik ark kaynağı, bir elektrik devresinin kutupları arasında bırakılan bir aralıktan, elektrik akımının atlamasıyla meydana gelen ve ark denilen ışık ve alevin, yüksek derecedeki ısısından istifade edilerek meydana getirilmiştir [2].

Örtülü çubuk elektrotlar ile veya çıplak elektrotlar ile yapılan elektrik ark kaynağında bir akım üretici kaynak akımını üretir ve bu akım ile elektrotla iş parçası arasında ark oluşturulur. Ark enerjisi (4000 °C'nin üzerinde ) malzemeyi eritir ve elektrot ucundan damlalar halinde eriyerek ana malzemeye geçer. Elektrotun eriyen ucu, sıvı kaynak banyosu ve geçiş halindeki damlalar elektrot örtüsünden çıkan gazlar ve cüruf tarafından havanın olumsuz etkilerine karşı korur. Cüruf kaynak metalini örter. Elektrik ark kaynağı genel olarak; ark, ergiyen ve kaynak malzemesi temin eden bir elektrot ile kaynak edilecek parçalar arasında meydana gelir. Bu yöntem üçe ayrılır;

a) Ark hava içinde oluşur(çıplak elektrot ile, tel ile)

b) Ark asal gaz içinde oluşur(MIG-MAG gazaltı kaynağı)

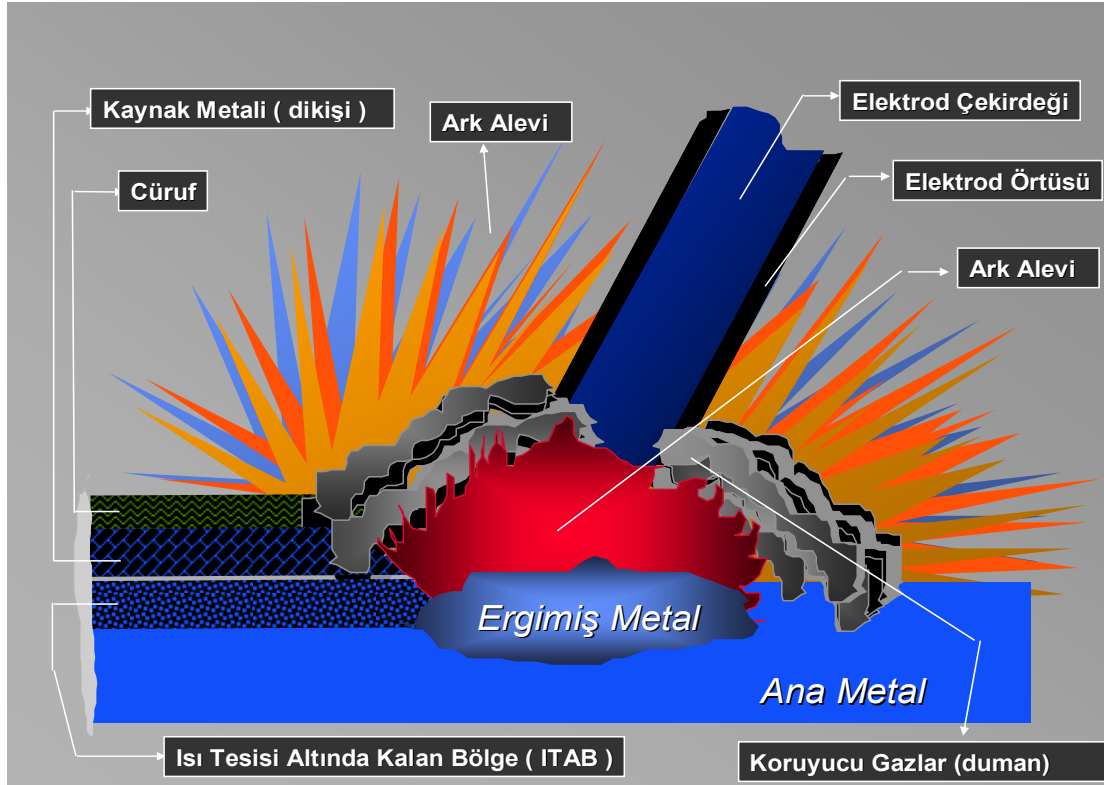
c) Ark kaynak edilecek parçaları örten bir katı maddeler karışımı içinde oluşur(toz altı, örtülü elektrot)

Ark ergimeyen ve dolayısı ile kaynak malzemesi temin etmeyen bir elektrot ile kaynak edilecek parçalar arasında meydana gelir. Bu yöntem ikiye ayrılır:

1) Elektrot kömürdendir (Karbon kaynağı)

2) Elektrot tungstendendir (TIG gazaltı kaynağı)

3) Ark ergimeyen iki elektrot arasında meydana gelir. Kaynak edilecek parçalar elektrik devresi içinde değildirler(atomik hidrojen ark kaynağı)



Şekil 3.1.Elektrik ark kaynağının çalışma prensibi [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. Otomatik olarak yapılan kaynaklarda tel veya elektrot kaynak alanına herhangi bir el yardımı olmaksızın, makine üzerindeki düğmeler kanalı ile mekaniksel olarak gönderilmektedir. Yarı otomatik kaynaklarda, elektrot veya kaynak teli otomatik olarak hareket ettiği halde, kaynak pensi elle ilerletilir ve yönetilir. Birleştirme boyunca kaynağın durumuna göre, ilerleme hızı elle hazırlanmış olur. Ark kaynak işlemleri oluş ve yapılış tekniği bakımından genel



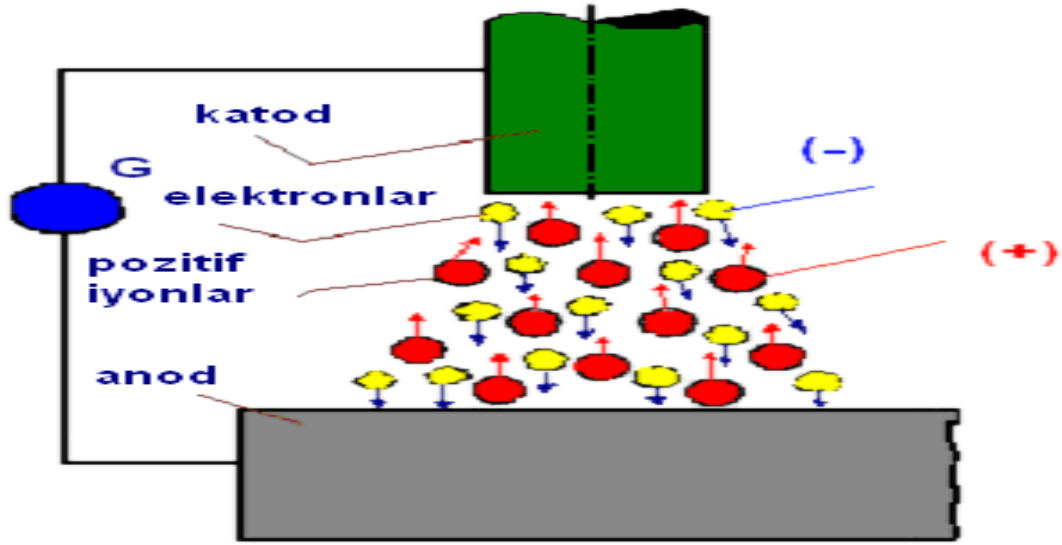
olarak metalik ark ve karbon arki olmak üzere ikiye ayrılır. Metalik arkin oluşumu ve türleri çok önemlidir. Bunlar örtülü elektrotlar, koruyucu olarak yapıları kaynak telleri ve çıplak elektrotlardır. Karbon arki, kömür elektrot iş parçası arasında oluşur. Kömür elektrotla ark oluşturduğu zaman, elektrot ergime sırasında birleşme yerine herhangi bir katkıda bulunmaz ve gerektiğinde ek tel kullanılır. Karbon elektrodun yüzeyi genellikle bakır kaplıdır. Bu da kolay akım iletmesini sağlar [2].



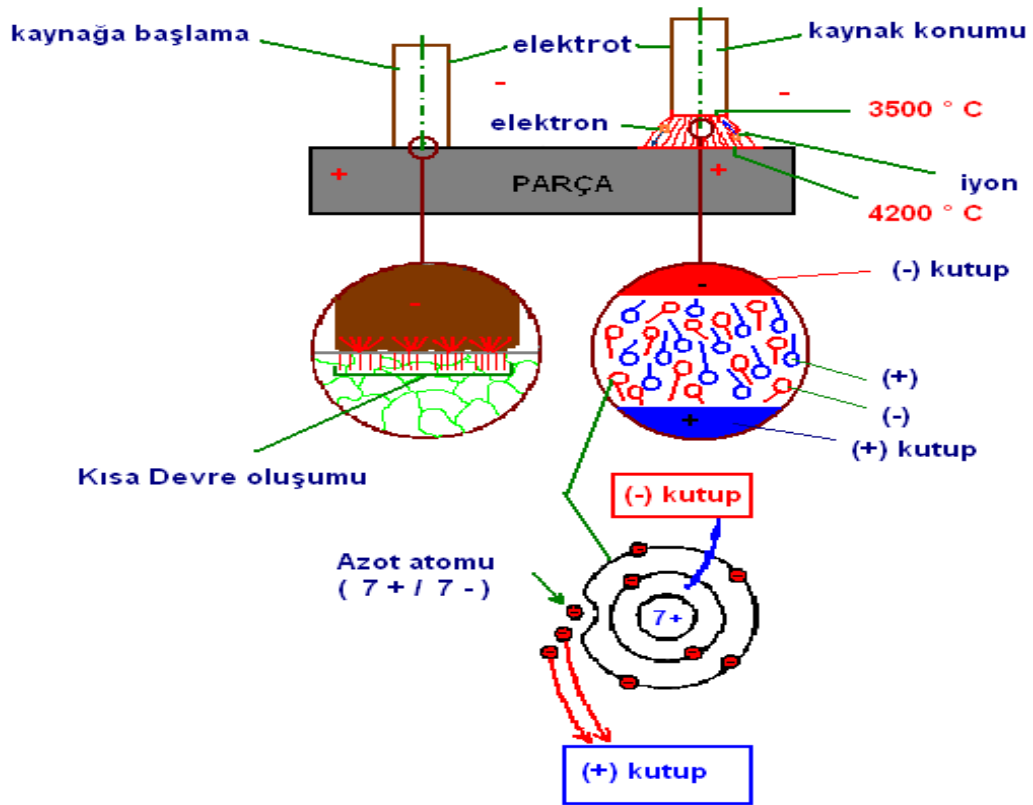
Şekil 3.2. Arkta damla geçişi [2]

### 3.2.1. Arkta meydana gelen olaylar

Elektrotla iş parçası arasında bir akım oluşturabilmesi için, ikisi arasındaki havanın elektriksel yönden iletken hale getirilmesi gerekir. Ark, her ikisinin birbirine kısa süreyle dokunması sonucu başlar. Bu dokunma sırasında kısa devre oluşarak elektrodun ucu iyice ısınır ve elektron emisyonu mümkün hale gelir. İş parçası ve elektrot arasındaki voltaj nedeniyle elektrottan iş parçasına giden elektrotlar hız kazanır. Bu elektronlar ark bölgesinde nötr atomlara çarptığında daha fazla elektron serbest kalır. Bu olaya çarpma iyonizasyonu adı verilir. Bu çarpışma sonucu elektron kaybederek artı yüklü iyonlara dönüşen gaz atomları eksi yüklü elektroda doğru hareket ederler.



Şekil 3.3. Ark oluşumu (çarpma iyonizasyonu)



Şekil 3.4. Arkta meydana gelen olaylar

### 3.3. Elektrod Örtüsünü Oluşturan Maddelerin Görevleri

Bir örtünün formülü hazırlanırken çok sayıda kimyasal bileşik kullanılır. Aşağıdaki tabloda çeliklerin kaynağında kullanılan örtülü elektrodların örtülerine katılan maddeler ve bunların görevleri verilmiştir.

Tablo 3.1. Elektrod örtüsünü oluşturan maddelerin görevleri

Madde	Esas Görevi	İkinci Görevi
Demiroksit	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	-

### 3.4. Kullanılan Örtülü Elektrodların Çalışma Karakteristikleri

Çeliklerin kaynağında kullanılan dört temel grup elektrod mevcuttur. Bunlar örtülerinde, çalışma karakteristiklerini belirleyen, farklı temel katkı maddelerine sahiptirler [2].

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

### 3.4.1. Bazik örtülü elektrotların özellikleri ve kullanım alanları

Bazik karakterli elektrotların örtüsünde kalsiyum ve diğer toprak alkali metallerin karbonatları ile birlikte bir miktar da kalsiyum-flüorür bulunur. Genellikle kalın örtülü olarak imal edilirler. Kaynak sırasında metal orta irilikte damlalar halinde geçer. Cüruf kahverengiden siyaha kadar değişen bir renk taşır. Cürufun katılma aralığı 1150 – 1170 °C arasında olup kalkması diğer örtülü elektrotlara oranla daha zordur [3].

Bazik elektrotlar genel olarak doğru akımda (+) kutba bağlanarak kaynak edilirler. Bazı tipleri alternatif akımda da kullanılabilir. Hemen hemen bütün kaynak pozisyonlarında kullanmaya uygun olup iyi bir aralık doldurma kabiliyetleri vardır. Bazik elektrotların mekanik özellikleri diğer elektrotlardan daha yüksektir. Bazik elektrotlar 0 °C'ın altındaki çalışma şartlarında bile sünekliği iyi kaynak dikişleri verirler.

Genellikle bazik elektrotların örtüsünün bileşiminde hidrojen içerecek bir madde bulunmadığından, kaynak dikişinin absorbe ettiği hidrojen miktarı çok azdır. Bağlayıcı madde olarak kullanılan silikatın içerisinde kalabilecek herhangi bir rutubet kalıntısının yok edilmesi için bu elektrotlara ayrıca 400 – 500 °C'lık bir pişirme işlemi uygulanır. Bu işlemin uygulandığı elektrotlara “HİDROJEN KONTROLLÜ ELEKTRODLAR” denir. Özellikle hidrojenin, kaynak dikişinin geçiş bölgelerinde, oldukça ince dikiş altı çatlakları oluşturduğu göz önüne alınırsa

bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için bazik elektrotların kullanılması büyük önem taşır. Bazik elektrotların örtüsünde bulunan  $\text{CaCO}_3$  kaynak sırasında ayrışır;  $\text{CaO}$  cürufa geçer ve  $\text{CO}_2$  ise gazları kaynak bölgesinden uzaklaştırır [3].

Bazik elektrotların kullanım alanları;

a) Bileşimi bilinmeyen karbonlu ve hafif alaşımlı çeliklerin her türlü kaynaklı birleştirmelerinde,

b) Yüksek karbonlu, fosforlu ve azotlu çeliklerin kaynağında,

c) Çatlama eğilimi açısından, kalın kesitlerin (50 mm'den kalın) güvenilir kaynak işlerinde,

d) Tamamen rijit konstrüksiyonların kaynağında,

e) Yüksek karbonlu çeliklerin düşük karbonlu çeliklerle birleştirilmesi işlemlerinde,

f) Sıfırın altındaki sıcaklıklarda çalışacak konstrüksiyonların kaynağında,

g) Dinamik zorlamaların etkisi altında kalan kaynaklı bağlantılarda,

h) Bütün yüksek kaliteli kaynak konstrüksiyonlarında,

Bazik elektrotların örtüleri hidroskopik olduğundan kuru yerlerde depolanmalıdırlar. Örtüsü rutubet alan elektrotları kurutmadan kullanmak doğru değildir. Rutubetli elektrotların kaynaktan önce  $250\text{ }^\circ\text{C}$ ' da en az 1/2; 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 dışbükeydir.

**Oksijen İçeriği=Düşük  
Yüzey Gerilimi=Yüksek  
Dikiş Profili=Dışbükey**



Şekil 3.5. Bazik elektrodun köşe kaynağı görünüşü

400 °C ‘de kurutulmuş Bazik Elektrodun HİDROJEN içeriği 10 ml/100 gr. dır. Bu özelliğinden dolayı “HİDROJEN KONTROLLÜ ELEKTROD” olarak adlandırılırlar. Yüksek mukavemetli çeliklerde ve kalın kesitli parçaların kaynaklarında güvenle kullanılabilirler [3].

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.

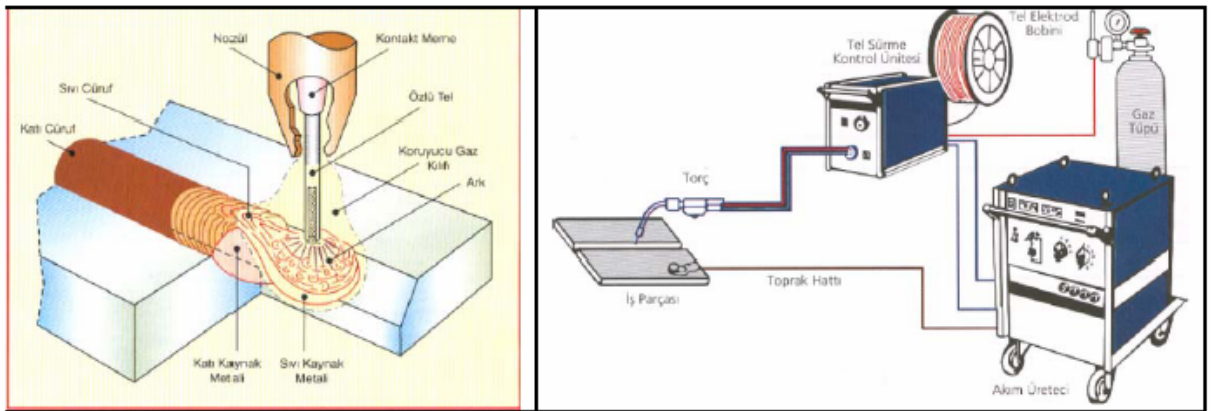
f) Nüfuziyetleri azdır.

g) Kalın örtülü olduklarından damla geçişleri orta büyüklüktedir.

h) Neme karşı çok hassas olup kullanılmadan önce mutlaka kurutulmalıdır.

## 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-CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>) kullanıldığında da yöntemin adı MAGM olarak isimlendirilir. Çalışma prensibi olarak uçsuz bir elektrodun bir tel ilerleme mekanizması yardımıyla bir tel sürme makarasından geçtikten sonra akım kontak borusuna gelir. Serbest tel ucu nispeten kısadır; böylece ince elektroda yüksek akım şiddeti (>100A/mm<sup>2</sup>) uygulanabilir [4].



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 karşılaşılan gözenek, krater çatlağı hatalarının önüne geçilmesi, yarı-otomatik olan bu yöntemin kaynakçılar tarafından uygulamasının kolay olması, sprey ark ile metal taşınımıyla ince damlacıklar oluşturarak derin nüfuziyet elde edilir, örtülü elektrodla nazaran koçan kaybının olmaması, 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 [5].

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.

Özlü teller rutil, bazik ve metal özlü olmak üzere 3 tipi vardır. Bunlar;

a) 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.

b) Bazik tip teller yüksek mekanik özellikleri nedeniyle ince taneli ve yüksek dayanımlı çeliklerde kullanılır. Düz ve yatay pozisyonlarda kullanılması, sınırlı uygulama alanına neden olduğu için tersanelerde fazla kullanılmaz.

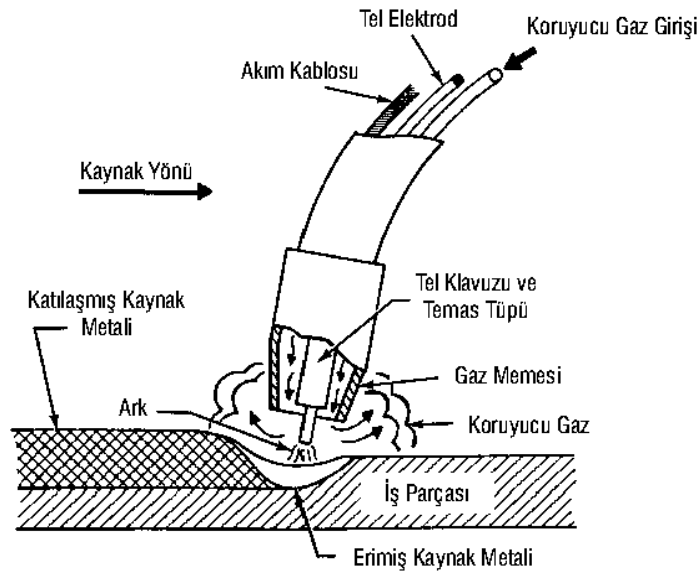
c) Metal özlü teller ise sprey ark modunda yatay pozisyonlarda yüksek metal yığıma hızına sahiptir. Çok az sıçrama kaybı olması ve kaynak üzerinde cüruf oluşturmaması önemli avantajlardandır. Genellikle boruların kök pasolarında ve üst binalarda yukarıdan aşağıya köşe kaynaklarında kullanılırlar.



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 [5].

#### 4.2. MIG-MAG Kaynağının Çalışma Prensibi ve Özellikleri

Bu yöntemle dışardan sağlanan gazla korunan otomatik olarak sürekli beslenen ve eriyen elektrod kullanılır. Kaynakçı tarafından ilk ayarlar yapıldıktan sonra arkın elektriksel karakteristiğinin kendi kendine ayarını otomatik olarak kaynak makinası sağlar. Bu nedenle yarı otomatik kaynaktaki kaynakçının gerçekleştirdiği elle kontroller, kaynak hızı, doğrultusu ve torcun pozisyonundan ibarettir. Uygun donanım seçilip, uygun ayarlar yapıldığında ark boyu ve arkın şiddeti(elektrod besleme hızı )kaynak makinası tarafından otomatik olarak sabit değerde tutulur [6].



Şekil 4.2. MIG-MAG kaynağının prensibi

### 4.3. Damla İletim Mekanizmaları

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

- 1) Kısa devre iletimi(kısa ark)
- 2) İri damla iletimi(uzun ark)
- 3) 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) Serbest elektrodun bileşimi
- d) Serbest elektrodun uzunluğu
- e) Koruyucu gaz

#### 4.3.1. Kısa devre iletim (kısa ark)

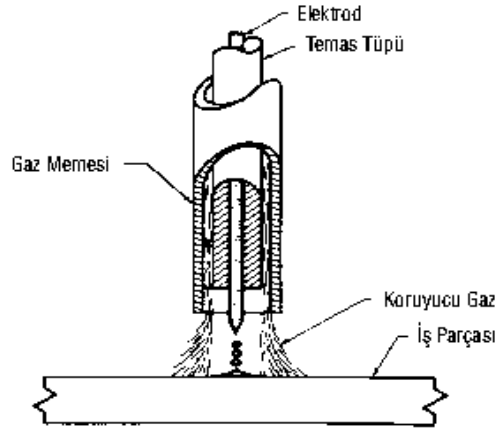
Kısa devre iletimi, gazaltı kaynağındaki en düşük kaynak akımı aralığında ve en küçük elektrod çaplarında gerçekleştirilir. Bu tip bir iletim ince kesitlerin birleştirilmesi için, pozisyon kaynağı için ve büyük kök açıklıklarını birleştirmeye uygun olan küçük ve hızla katılan bir kaynak banyosu oluşturmak 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 [6].

### 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 CO<sub>2</sub> ve helyumla bu tip iletim tüm kullanılabilen kaynak akım değerlerinde oluşur. İri damla iletimin en önemli özelliği damla çapının elektrod çapından daha büyük oluşudur. İri damla yer çekimi 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 eksenel 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 elektrodan ayrılma imkanı bulacak kadar uzun olmalıdır. Ancak daha yüksek gerilim kullanarak yapılan kaynakların yetersiz erime, yetersiz nüfuziyet ve aşırı dikiş taşması nedeniyle reddedilme olasılık 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. Eksenel iletim hareketinden sapmaya, kaynak akımının oluşturduğu ve erimiş elektrod ucuna etki eden elektromanyetik kuvvetler neden olur. Bu kuvvetlerin en önemlileri elektromanyetik büzme kuvveti (P) ile anod reaksiyon kuvveti (R) dir [6].

### 4.3.3. Sprey iletimi

Argonca zengin gaz korumasında kararlı, sıçramasız “eksenel 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. 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 eksenel olarak hızlanırlar [6].

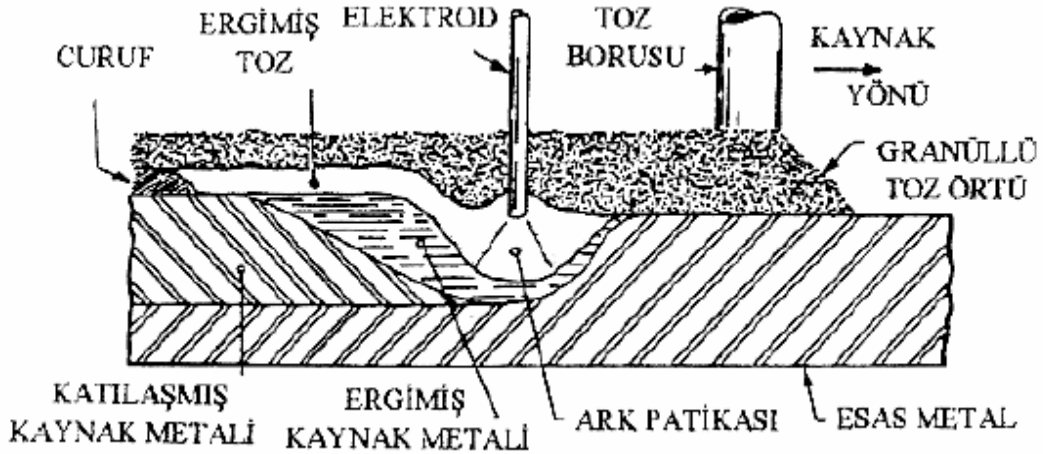


Şekil-4.3. Damla iletim hızının ve damla hacminin kaynak akımıyla değişimi

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.

## BÖLÜM 5. TOZ ALTI KAYNAĞI

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 verme 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.

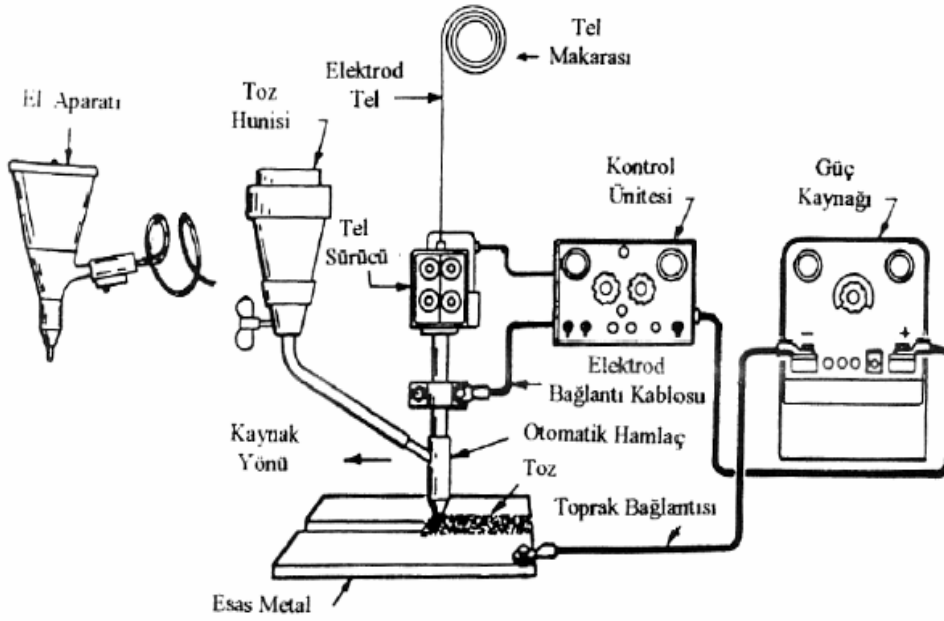


Şekil 5.1. Tozaltı kaynağı yönteminin şematik gösterimi

Elektrik arkı metalin ergimesi için gerekli ısıyı sağlar. Böylelikle arkın ürettiği yüksek miktardaki ısı birleştirilecek parçaların kenarlarını ertirirken, sürekli olarak kaynak bölgesine itilen elektrod eriyerek gerekli ilave metalı 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 oluştuğundan 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 makinalarda yeniden kullanılmak amacıyla bir vakum sistemi ile çekilerek depolanır ve basınçlı hava ile fazla toz tekrar gönderilir (Cary 1989, Macun ve ark. 1980, Gourd 1996, Bir 988).

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 inşaa endüstrisinde, basınçlı kaplar ve depolama tankları imalinde, demir yolu vagonları, otomotiv endüstrisi, boru imali, çelik binalar ve köprüler için kolon ve kirişler imali, inşaat makinaları yapımı gibi alanlarda çeşitli uygulamaları vardır. Dakikada 2 m ve daha yüksek kaynak hızları ile çalışılabilir. 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 [8].



Şekil 5.2. Tozaltı kaynağının şematik gösterimi

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.

## 5.2. Tozaltı Kaynağında Kullanılan Kaynak Tozları

Kaynak arkı ve kaynak banyosunu çevreleyen kaynak tozları, aşağıda belirtilen 4 temel görevi yerine getirmektedir:

1. Cüruf oluşturarak, kaynak arkını ve ermiş metal banyosunu atmosferin zararlı etkilerine karşı korumak.
2. Gerektiğinde alaşım ve deoksidasyon sağlayarak istenen bileşim ve mekanik özelliklerde kaynak dikişlerinin elde edilmesine yardımcı olmak.
3. Ark kararlılığını sağlamak.
4. İş parçasından ısının dışarıya yayılmasını yavaşlatmak.

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 [8].

### 5.2.1. Ergimiş kaynak tozları

Kuvartz, mangan cevheri, dolomit, düşük miktarda alüminyum cevheri ile fluorspar gibi çeşitli minerallerin ark fırınlarında 1200-1400 °C arasında eritilip cürufun temizlenmesinden sonra kırma, öğütme yada direkt su ile granülasyon işlemine tabi tutulması ile üretilirler. Elde edilen granüllerin tane boyutu 0,2-1,6 mm arasındadır.

### 5.2.2. Aglomere edilmiş kaynak tozları

Öğütülmüş toz haline getirilen bileşenler bir bağlayıcı ile(bağlayıcı olarak cam suyu kullanılır)karıştırılıp, 500-800 °C sıcaklıklar arasında aglomerasyon işlemine tabi tutulur ve yukarıda belirtilen tane boyutlarını elde edilinceye kadar elenirler. Erimiş kaynak tozlarına oranla daha çok tercih edilen aglomere kaynak tozlarının sağladığı başlıca avantajlar şunlardır:

1. Daha homojen bir karışım elde edilebilmektedir.
2. Çeşitli FeSi, FeSiMn gibi deoksidanlar (oksit gidericiler) bu tozlara ilave edildiğinden sadece MnO içeriğine bağlı kalınmaz.

Kaynak dikişine etkileri açısından ise aglomere tozlar şu avantajlara sahiptir:

1. Proziteye karşı daha yüksek dayanıma sahiptir.
2. Yoğunluğunun daha düşük olması nedeniyle daha hafif ve hacimlidir. Dolayısıyla daha düşük toz tüketimi.
3. Mn ve diğer alaşım elementlerinin erime sırasında kaynak metaline geçişi oranı daha yüksektir.



4. Aglomere tozlara katılan ferro-alaşımalar daha iyi bir alaşımlandırma sağlar.
5. Cüruf daha kolay kalkar.
6. Kaynak dikişinin görüntüsü, mekanik özellikleri, prozite direnci ve akıcılığı daha iyidir.

Aglomere tozları;

a) Aktif tozlar

b) Nötr tozlar olarak ayırabiliriz.

#### **5.2.2.1.Aktif tozlar**

Çelik malzemelerde kirliliğe neden olan safsızlık elementlerinin oluşturduğu prozite ve kaynak dikişi çatlaklarına karşı yüksek dayanım ve erimiş kaynak metalinde daha iyi bir akıcılık sağlamak amacıyla belirli miktarda, mangan ve silisyum gibi aktif alaşım elementleri içerirler. Tek pasoda gerçekleştirilen kaynak uygulamalarında en az hata ile yüksek kaliteye sahip kaynak dikişlerinin elde edilmesini sağlar. Tozdaki aktif alaşım elementlerinin kaynak metaline geçiş miktarı, ark voltajının ve paso sayısının artması ile yükselir. Kaynak metalindeki alaşımın artışı ile, yüksek çekme mukavemetli, sert daha düşük darbe dayanımına sahip, daha kırılğan bir kaynak dikişi elde edilir. Bu nedenden dolayı, aktif tozlarla gerçekleştirilen çok pasolu kaynaklarda, diğer tozlara oranla daha sık voltaj kontrolü yapılmalıdır. 25 mm'den daha kalın plakaların çok pasolu kaynağında aktif tozların kullanılması önerilmez[8].

#### **5.2.2.2.Nötr tozlar**

Ark boyu ve ark voltajında oluşabilen büyük değişikliklere rağmen kaynak metali genelinde önemli bir kimyasal değişikliklere yol açmayan tozlar olarak tanımlanır. Özellikle 25mm'den kalın plakaların çok pasolu kaynağında kullanılır. Nötr tozlar, aktif alaşımlandırıcı içermedikleri ya da çok az miktarda içerdikleri için özellikle tek

pasolu kaynak işlemleri sırasında, saflık oluşturan elementlerin neden olduğu prozite ve çatlama problemlerine karşı yüksek dayanım sağlayamazlar. Bu nedenle, tek paso ile gerçekleştirilen kaynak uygulamalarında bu gruba giren tozların kullanımı pek önerilmez.

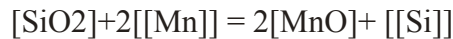
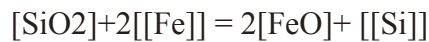
### 5.2.2.3. Aktif ve nötr toz-tel kombinasyonu

Tozaltı ark kaynağı için uygun dolgu metali kimyasal kombinasyonun seçimi diğer proseslere oranla daha karmaşıktır. Bunun başlıca nedeni; kaynak metalinin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde hem tozun hem de elektrodun doğrudan etkili olmasıdır. Dolayısıyla seçim yaparken her ikisine de gerekli önemin verilmesi zorunludur.

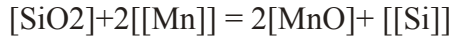
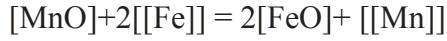
Voltaj değerinin artması, tozda bulunan elementlerin kaynak metaline geçmesini etkilemektedir. İlave kaynak metalindeki Si veya Mn içeriğinin yükselmesi ise; son pasonun sertliğini ve çatlama riskini arttırmaktadır [8].

### 5.3. Kaynak Banyosunda Cüruf Arasındaki Reaksiyonlar

Aktif toz kullanılarak yapılan tozaltı kaynak işleminde aşağıdaki belirtilen reaksiyonlar gerçekleşerek, kaynak metalinde Si artışı söz konusu olur. Bu tür tozlarda SiO<sub>2</sub> içeriği, MnO'ya göre çok fazladır.



Tek parantezler cüruftaki, çift parantezler ise kaynak metalindeki içeriği (yani geçişi) belirtmektedir. Bu durumda; kaynak metalinde Mn kaybı ve Si geçişi görülür. Nötr tozlar kullanılarak yapılan tozaltı kaynak işleminde ise aşağıda belirtilen reaksiyonla karşılaşılır.



Bu durumda ise; kaynak metaline Sile birlikte Mn'de geçer. Kaynak metalindeki Si içeriği, tozadaki SiO<sub>2</sub> içeriğine bağlı olarak artar yada azalır. Kaynak metalindeki Mn/Si oranının 2 ile 3 arasında olması gerekmektedir. Bu oran 3,5 ise, taneler arasında oluşan oldukça akışkan ve ince “mangan-silikat” zarlari çatlamaya neden olur. Eğer oran 2'den küçük ise şekil değiştirme kabiliyetinde azalma görülür.

Aktif toz kullanımında, yukarıda belirtilen reaksiyonlar ile kaynak metaline geçecek silisyumun neden olacağı, olumsuzluklardan kaçınmak için sınırlı paso sayıları (maksimum 2 veya 3 paso) ve belirli voltaj limitlerinde çalışma zorunluluğu vardır. Nötr ve bazik toz kullanımında ise; silisyumun yanında manganiz de kaynak metaline geçeceği için “Mn/Si” oranı açısından problem, dolayısıyla voltaj ve paso sayısında her hangi bir sınırlama olmayacaktır.

## **BÖLÜM 6. TAHRİBATLI VE TAHRİBATSIZ TESTLER**

Test uygulanacak malzemeden çıkarılan numuneler tekrar kullanılamayacak duruma geldiklerinden dolayı bu yöntem tahribatlı muayene yöntemi denilmektedir. Tahribatlı muayenede belirlenmiş olan standartlara göre yapılmaktadır. Çekme deneyi DIN 50120, eğme deneyi DIN 17100, çentik-darbe deneyi TS EN 10045-I standartları kullanılır [10].

Tahribatsız test metotları iki ana temel üzerinde oturmaktadır. Bu iki temelden biri nüfuziyet diğeri ise 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 süreksizliği 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.

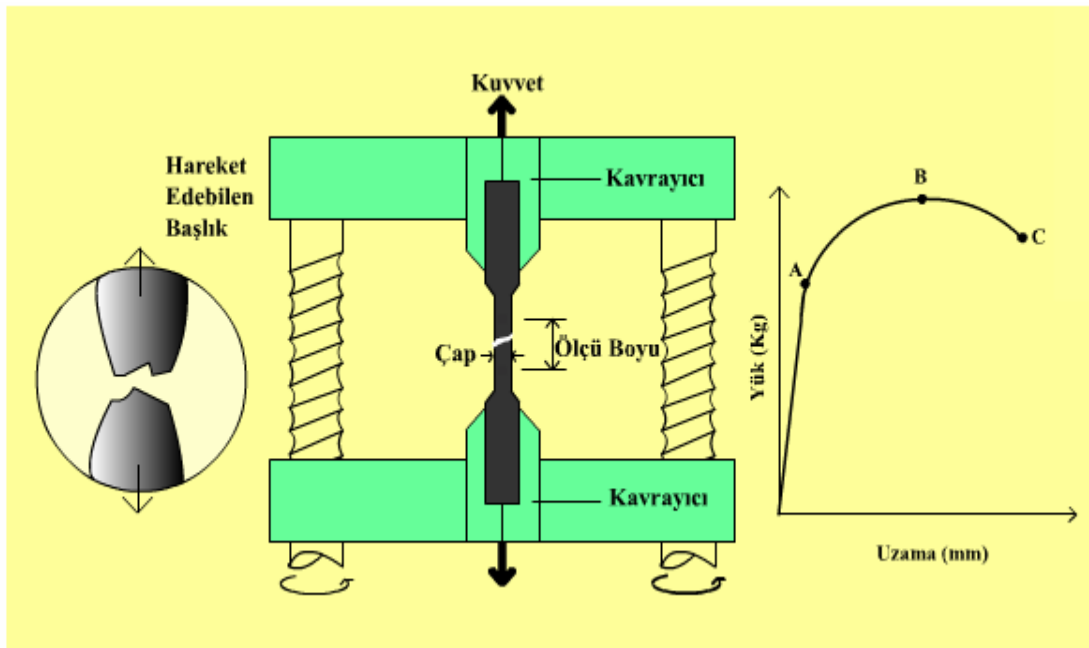
### **6.2. Tahribatlı Testler**

#### **6.2.1. Çekme deneyi**

Çekme deneyi malzemelerin mukavemeti hakkında esas dizayn bilgilerini saptamak ve malzemelerin özelliklere göre sınıflandırılmasını sağlamak amacı ile geniş çapta kullanılır. Çekme deneyi standartlara göre hazırlanmış deney numunesinin tek ekseninde, belirli bir hızla ve sabit sıcaklıkta koparıncaya kadar çekilmesidir. Deney sırasında, standart numuneye devamlı olarak artan bir çekme kuvveti uygulandığında, aynı esnada da numunenin uzaması kaydedilir.

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

- a) Elastisite modülü
- b) Elastik sınırı
- c) Rezilyans
- d) Akma gerilmesi
- e) Çekme dayanımı
- f) Tokluk
- g) % uzama
- h) % kesit daralması



Şekil6.1. 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 [10].

Numunenin alındığı malzemenin;

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

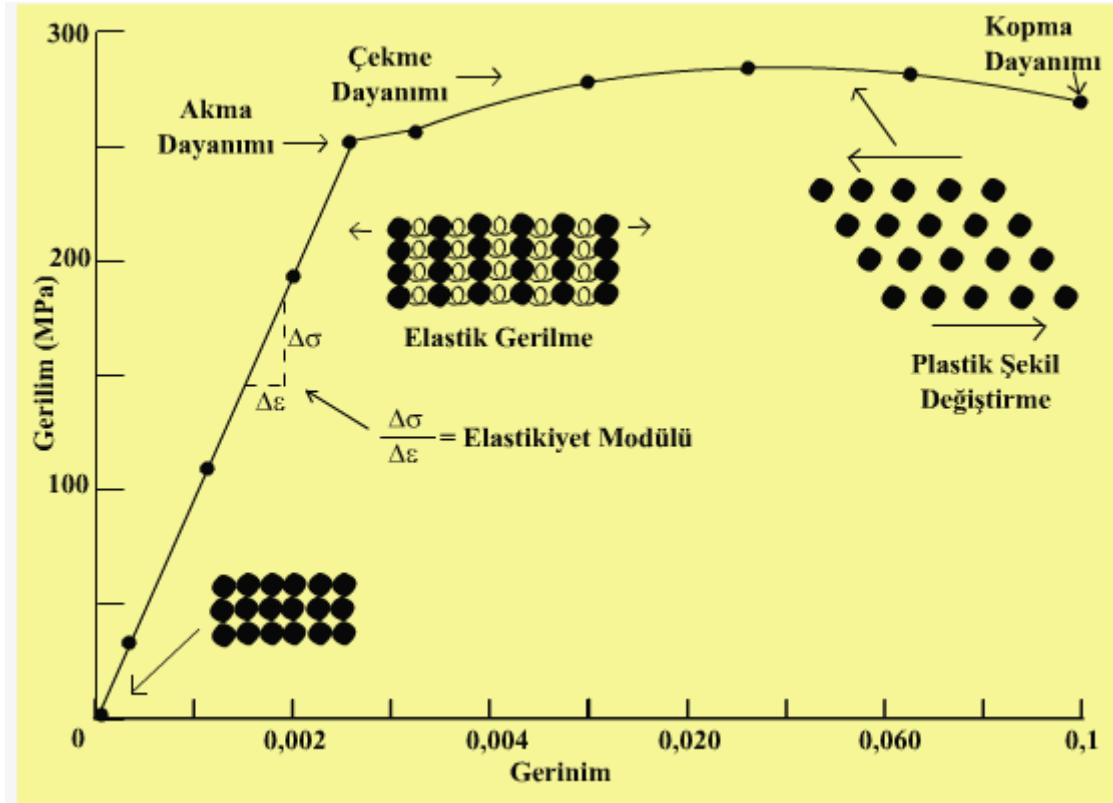
Deney sonuçlarının irdelenmesinde, numunenin alındığı malzemenin durumu yanı sıra, alınan numunede de şu hususları bilinmesi faydalıdır:

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 zorunluğu 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 belli bir ilişki vardır.



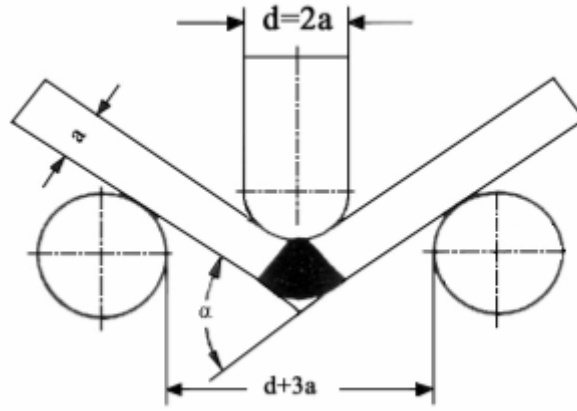
Şekil 6.2. Çekme deneyinde gerilim-gerinim eğrisi

### 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 [10].

Gevrek malzemelerde eğme deneyinin tatbiki daha önemlidir. Çünkü çekme deneyi sırasında, malzemenin deforme olması çok zor olduğundan, kesin mukavemet

değerlerinin elde edilmesi çok zordur. DIN 17100'e göre eğme deneyinde uygulanan esaslar aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.3. Eğme deneyi şeması

$$K.M. = \sigma_{e,max} = \frac{8.P_{max}.L}{\pi.D^3} = \frac{2.54.P_{MAX}.L}{D^3}$$

K.M = Kırılma Modülü  $kg/mm^2$

D = Numune Çapı

B = Numune Genişliği

$$\epsilon = \frac{6.Y.H}{L^2}$$

$\epsilon$  = Elastik deformasyon

L = Mesnet uzaklığı

Y = Eğilme Miktarı

H = Numune Kalınlığı

$$E_e = \frac{P.L^3}{4.Y.B.H^3}$$

$$E = \frac{P.L^3}{48.L.Y}$$



$$\frac{M}{I} = \frac{E}{R}$$

**M** = Moment

**E** = Elastik modül

**I** = Eylemsizlik momenti

**R** = Eğilme esnasındaki eğrilik yarıçapı

$$M_e = \frac{P.L}{4}$$

**M<sub>e</sub>** = Eğme momenti(kg-mm)

**L** = Mesnet merkezleri arası uzaklık (mm)

**P** = Uygulanan kuvvet (kg)

Eğilme Dayanımı Kırılma Modülü;

$$\Sigma_{e.MAX} = \frac{M.c}{I} = \frac{M}{I/c} = \frac{M}{Z}$$

Dikdörtgen kesit;

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

$$\Sigma_{e.MAX} = \frac{M_e}{Z} = \frac{P_{MAX}.L}{4.Z}$$

$\Sigma_{e.MAX}$  = Eğilme dayanımı

**L** = Mesnetler arası uzaklık

**M<sub>e</sub>** = Eğme momenti (kg-mm)

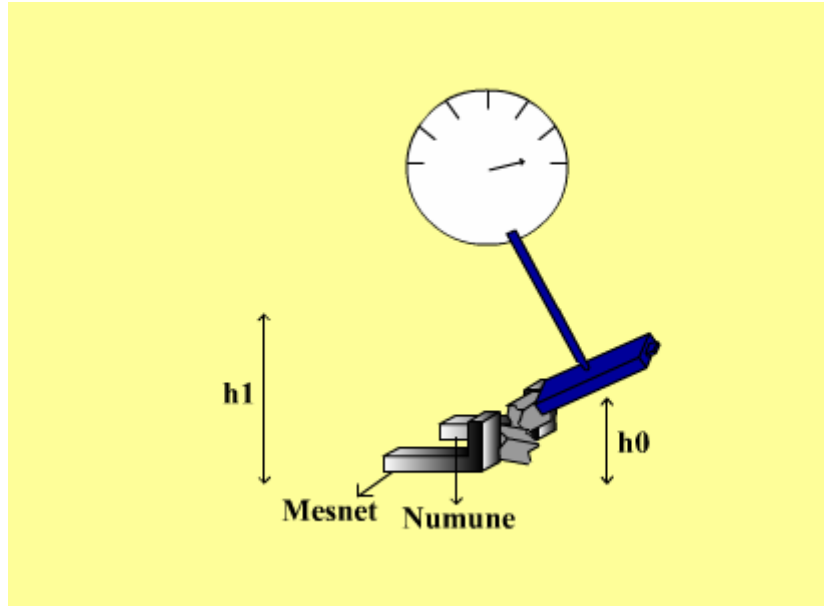
**Z** = Kesit modülü (mm<sup>3</sup>)

**P<sub>MAX</sub>** = Kırılma anında uygulanan maksimum kuvvet (kg)

### 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. Gri dökme demir numunelerinde, malzemenin bünyesindeki grafit levhacıklar çentik gibi etki yapacaklarından, ayrıca çentik açmağa lüzum yoktur [10].

Çentikli bir numune zorlandığı zaman, çentiğin tabanına dik bir gerilim meydana gelir. Kırılmanın başlaması, bu gerilimin etkisi ile olur. Numunenin kırılabilmesi için bu dik (normal) gerilimin, kristalleri bir arada tutan veya kristallerin kaymasına karşı koyan kohezif dayanımdan fazla olması gerekir. Numune, plastik biçim değiştirmeğe fırsat bulamadan bu hal meydana gelirse, buna gevrek kırılma denir. Burada kırılan yüzey, düz bir ayrılma yüzeyidir.



Şekil 6.4. Şematik olarak çentik-darbe deneyinin gösterilmesi

Deney esnasında, numune kırılmadan önce çoğu zaman plastik biçim değiştirme meydana gelir. Uygulanan kuvvet etkisi ile normal (dik) gerilme 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.

Çentikli darbe deneyi 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 deneyde, 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 enerji başka bir deyimle, 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)

$\alpha$  = Düşme açısı (derece)

$\beta$  = Yükseliş açısı (derece)

Darbe direnci (kg-m) veya (kg-m/cm<sup>2</sup>) 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[10].

#### 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.

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 [10].

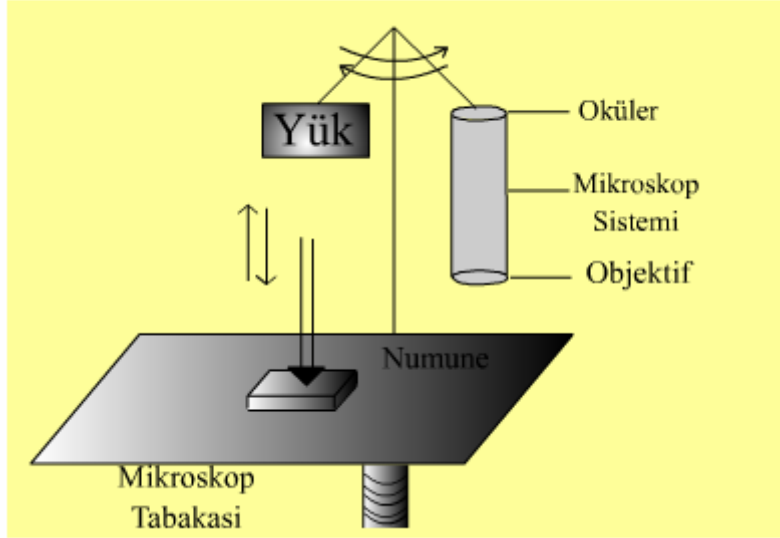
#### **6.2.4.1. Mikro – sertlik deneyi**

Bu deney, özellikle çok küçük numunelerin ve ince saçların sertliklerini ölçmede elverişlidir. Karbürize, 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. İzin 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  $136^\circ$  lik tabanı kare olan piramit uç (vickers ucu)dur. Diğeri ise knoop ucu diye bilinen  $172^\circ 30'$  lik piramit ucudur [10].



Şekil 6.5. Mikro – Sertlik deneyinin yapış şeması

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

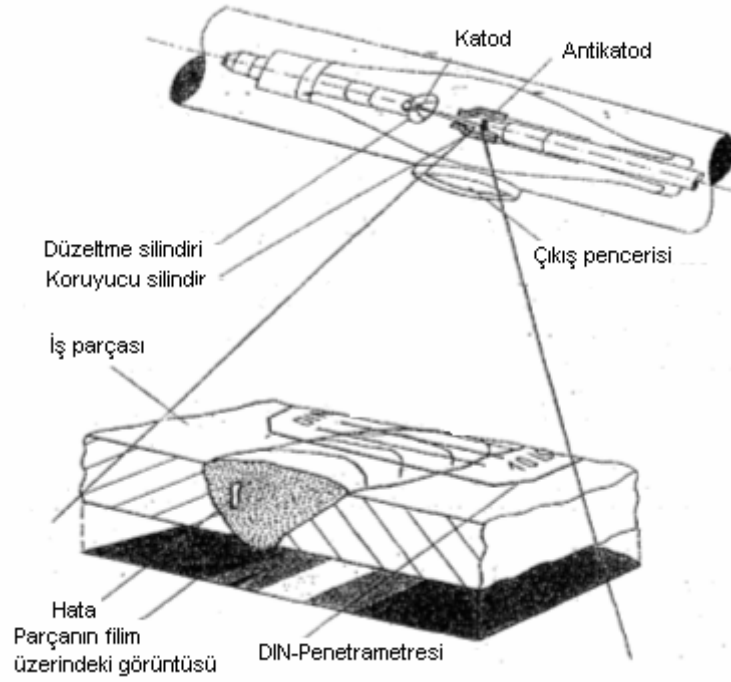
### 6.3. Tahribatsız Testler

Tahribatsız test uygulanan test parçalarında her hangi deformasyona maruz kalma görülmez. Tahribatsız test uygulama usulleri aşağıda verilmiştir:

- a) Sıvı penetrant testi
- b) Manyetik parçacık
- c) Ultrasonik
- d) Radyografik

#### 6.3.1. Radyografik yöntemle tahribatsız muayene

Radyografik metodu yöntemin son derece hassas ve kayıtların kalıcı olmasından dolayı oldukça yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.



Şekil 6.6. Radyografik muayenenin prensibi

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 soğurmaları 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 [10].

## **BÖLÜM 7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

### **7.1. Giriş**

Ebatları 150x600 olan ve kalınlığı 15 mm DH36 çeliğinin farklı kaynak yöntemleri ve değişebilir parametrelerinin değiştirilmesi ile kaynatılarak tahribatlı testler için çekme, eğme, çentik, makro ve mikro sertlik numuneleri standartlar çerçevesinde çıkarılmıştır.



Şekil 7.1. Test parçaları

### **7.2. Test Parçalarının Hazırlanması**

Farklı kaynak yöntemiyle birleştirilecek test parçaları lazer kesim tezgahların da 150x600 ebatlarında kesilmiştir. Lazer kesim kullanılmasının en önemli sebeplerinden biri numune olan parçaya ısı girdisinin düşük tutulmasıdır ki bu da malzemede yapı değişikliklerine sebep vermemektir. Kaynatılacak olan numuneler kesildikten sonra kaynak ağzı açılmak üzere kaynak ağzı açma makinesinde kaynak ağzları açılmıştır. Kaynakta kullanılacak olan bazik elektrotlar kurutma fırınlarında



300°C'lik sıcaklıkta 2 saat süre ile kurutulduktan sonra kaynak işleminde kullanılmıştır. Kaynatılan numuneler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır.

Tablo 7.1. - Farklı kaynak yöntemi uygulanan numunelerin gruplandırılması

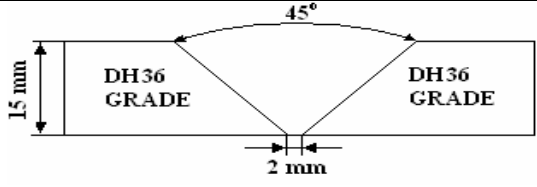
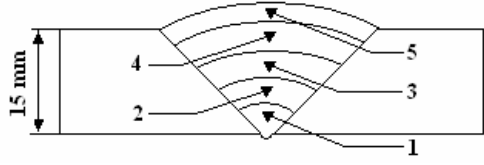
<b>E1</b>	Elektrik Ark Kaynaklı Numune 1
<b>E2</b>	Elektrik Ark Kaynaklı Numune 2
<b>E3</b>	Elektrik Ark Kaynaklı Numune 3
<b>G1</b>	MIG-MAG Kaynaklı numune 1
<b>G2</b>	MIG-MAG Kaynaklı Numune 2
<b>G3</b>	MIG-MAG Kaynaklı Numune 3
<b>T1</b>	Tozaltı Kaynaklı Numune 1
<b>T2</b>	Tozaltı Kaynaklı Numune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

### 7.3. Test Parçalarına Farklı Kaynak Yöntemlerinin Uygulanması

Elektrik ark kaynak yöntemiyle 15 mm DH 36 Grade saçının ( E1 - E2 - E3 numuneleri ) kaynak prosedürü

Temizleme ve kaynağa hazırlama metodu: kaynatılacak malzeme yüzeyi kir, nem ve yağdan temizlendi. Kaynak yapılacak numunelerin çarpılmaması için başlarından dik gelecek şekilde numuneler puntalandı. Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakıldı.

## Montaj Dizayn Detayı

Montaj Dizaynı	Kaynak Sırası
	

Test parçaları kaynatılırken elektrik ark kaynağının değişken parametrelerinde değişiklikler yapılarak kaynak yöntemi gerçekleştirilmiştir.

## 1. Numune ( E1 ) kaynak parametreleri

Kullanılan elektrot	Arctech unitech 48
Akım şiddeti (Amper)	140
Elektrod adeti	19
Elektrod simgesi	E42
Torç-malzeme arası mesafe (mm)	3-4
Kaynak hızı (cm/dak)	11
Kutuplama	DC(+)
Paso	5

## 2. Numune ( E2 ) kaynak parametreleri

Kullanılan elektrot	Arctech unitech 48
Akım şiddeti (Amper)	130
Elektrod adeti	19
Elektrod simgesi	E42
Torç-malzeme arası mesafe (mm)	3-4
Kaynak hızı (cm/dak)	13
Kutuplama	DC(+)
Paso	5

### 3. Numune ( E3 ) kaynak parametreleri

Kullanılan elektrot	Arcotech unitech 48
Akım şiddeti (Amper)	135
Elektrod adeti	18
Elektrod simgesi	E42
Torç-malzeme arası mesafe (mm)	3-4
Kaynak hızı (cm/dak)	11
Kutuplama	DC(+)
Paso	5

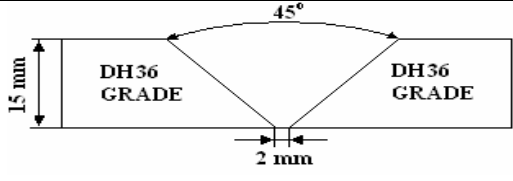
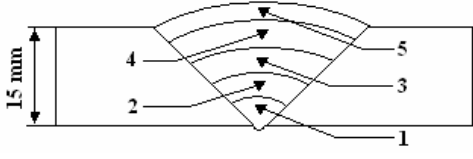
### DH 36 GRADE gemi çeliğinin kimyasal ve fiziksel özellikleri

C	0,01	Mn	0,01	Si	0,01	P	0,001	Al	0,001	Cu	0,11	Ni	0,03	Cr	0,07
Akma														Kesit	
Mukavemeti		408 MPa		Çekme Mukavemeti		575 MPa		% Uzama		21%				Daralması	36%

MIG-MAG kaynak yöntemiyle 15 mm DH 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 başlarından dik gelecek şekilde numuneler puntalandı. Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakıldı.

## Montaj Dizayn Detayı

Montaj Dizaynı	Kaynak Sırası
	

## 1. Numune ( G1 ) kaynak parametreleri

Koruyucu gazın bileşimi	86Ar+ 12CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>
Akım şiddeti (Amper)	250
Gerilim (Volt)	26
Tel çapı (Ø)	1.2
Tel simgesi	731 B
Tel ilerleme hızı (m/dak)	2.7
Kaynak hızı (cm/dak)	40
Koruyucu gazın basıncı (lt/dak)	12
Kutuplama	DC(+)
Paso	5

## 2. Numune ( G2 ) kaynak parametreleri

Koruyucu gazın bileşimi	86Ar+ 12CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>
Akım şiddeti (Amper)	260
Gerilim (Volt)	27
Tel çapı (Ø)	1.2
Tel simgesi	731 B
Tel ilerleme hızı (m/dak)	2.9
Kaynak hızı (cm/dak)	43
Koruyucu gazın basıncı (lt/dak)	12
Kutuplama	DC(+)
Paso	5

## 3. Numune ( G3 ) kaynak parametreleri

Koruyucu gazın bileşimi	86Ar+ 12CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>
Akım şiddeti (Amper)	270
Gerilim (Volt)	28
Tel çapı (Ø)	1.2
Tel simgesi	731 B
Tel ilerleme hızı (m/dak)	3,2
Kaynak hızı (cm/dak)	47
Koruyucu gazın basıncı (lt/dak)	12
Kutuplama	DC(+)
Paso	5

## DH 36 GRADE gemi çeliğinin kimyasal ve fiziksel özellikleri

C	0,01	Mn	0,01	Si	0,01	P	0,001	Al	0,001	Cu	0,11	Ni	0,03	Cr	0,07
Akma Mukavemeti	408 MPa		Çekme Mukavemeti		575 MPa		% Uzama		21%		Kesit Daralması		36%		

## Kullanılan özlü tel MEGAFİL 731B telinin kimyasal ve mekanik özellikleri

Tipik Kimyasal Bileşim (%)				
C	Mn	Si	p	S
0.05	1.4	0.6	<0.015	<0.015

Mekanik Özellikleri			
Akma Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Çekme Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Darbe Enerjisi ISO-V (J)	Uzama (I <sub>0</sub> =5d <sub>0</sub> ) (%)
> 470	550-640	-20°C:>100 -40° C: > 60	>27

Tozaltı kaynak yöntemiyle 15 mm DH 36 Grade saçının ( T1 - T2 - T3 numuneleri ) kaynak prosedürü

Temizleme ve kaynağa hazırlama metodu: kaynatılacak malzeme yüzeyi kir, nem ve yağdan temizlendi. Kaynak yapılacak numunelerin çarpılmaması için başlarından dik gelecek şekilde numuneler puntalandı. Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakıldı.

#### Montaj Dizayn Detayı

Montaj Dizaynı	Kaynak Sırası

#### 1.Numune ( T1 ) kaynak parametreleri

##### 1. Paso

Koruyucu toz bileşimi	SUBTECH 66
Akım şiddeti (Amper)	500
Gerilim (Volt)	35
Tel çapı (Ø)	4
Tel simgesi	OE-S2
Torç-malzeme arası mesafe (cm)	3-3,5
Kaynak hızı (cm/dak)	38
Kutuplama	DC(+)

## 2.Paso

Koruyucu toz bileşimi	SUBTECH 66
Akım şiddeti (Amper)	550
Gerilim (Volt)	37
Tel çapı (Ø)	4
Tel simgesi	OE-S2
Torç-malzeme arası mesafe (cm)	3-3,5
Kaynak hızı (cm/dak)	40
Kutuplama	DC(+)

## Arka paso

Koruyucu toz bileşimi	SUBTECH 66
Akım şiddeti (Amper)	500
Gerilim (Volt)	35
Tel çapı (Ø)	4
Tel simgesi	OE-S2
Torç-malzeme arası mesafe (cm)	3-3,5
Kaynak hızı (cm/dak)	38
Kutuplama	DC(+)

## 2. Numune ( T2 ) kaynak parametreleri

## 1.Paso

Koruyucu toz bileşimi	SUBTECH 66
Akım şiddeti (Amper)	450
Gerilim (Volt)	34
Tel çapı (Ø)	4
Tel simgesi	OE-S2
Torç-malzeme arası mesafe (cm)	3-3,5
Kaynak hızı (cm/dak)	36
Kutuplama	DC(+)

## 2.Paso

Koruyucu toz bileşimi	SUBTECH 66
Akım şiddeti (Amper)	500
Gerilim (Volt)	35
Tel çapı (Ø)	4
Tel simgesi	OE-S2
Torç-malzeme arası mesafe (cm)	3-3,5
Kaynak hızı (cm/dak)	38
Kutuplama	DC(+)

## Arka paso

Koruyucu toz bileşimi	SUBTECH 66
Akım şiddeti (Amper)	450
Gerilim (Volt)	34
Tel çapı (Ø)	4
Tel simgesi	OE-S2
Torç-malzeme arası mesafe (cm)	3-3,5
Kaynak hızı (cm/dak)	36
Kutuplama	DC(+)



## 3. Numune ( T3 ) kaynak parametreleri

## 1.Paso

Koruyucu toz bileşimi	SUBTECH 66
Akım şiddeti (Amper)	550
Gerilim (Volt)	35
Tel çapı (Ø)	4
Tel simgesi	OE-S2
Torç-malzeme arası mesafe (cm)	3-3,5
Kaynak hızı (cm/dak)	39
Kutuplama	DC(+)

## 2.Paso

Koruyucu toz bileşimi	SUBTECH 66
Akım şiddeti (Amper)	600
Gerilim (Volt)	36
Tel çapı (Ø)	4
Tel simgesi	OE-S2
Torç-malzeme arası mesafe (cm)	3-3,5
Kaynak hızı (cm/dak)	42
Kutuplama	DC(+)

## Arka paso

Koruyucu toz bileşimi	SUBTECH 66
Akım şiddeti (Amper)	550
Gerilim (Volt)	35
Tel çapı (Ø)	4
Tel simgesi	OE-S2
Torç-malzeme arası mesafe (cm)	3-3,5
Kaynak hızı (cm/dak)	39
Kutuplama	DC(+)

DH 36 GRADE gemi çeliğinin kimyasal ve fiziksel özellikleri

C	0,01	Mn	0,01	Si	0,01	P	0,001	Al	0,001	Cu	0,11	Ni	0,03	Cr	0,07
Akma Mukavemeti		408 MPa		Çekme Mukavemeti		575 MPa		% Uzama		21%		Kesit Daralması		36%	

Kullanılan ARTECH tozaltı teli OE-S2 kimyasal bileşimi

Kaynak Telinin Tipik Kimyasal Bileşim (%)				
C	Mn	Si	P	S
0.10	1.10	0.10	<0.025	<0.025

Kullanılan bazik karakterli tozaltı kaynağı tozu SUBTECH 66'nın kimyasal ve mekanik özellikleri

Kaynak Metalinin Tipik Kimyasal Bileşim (%)				
Tel türü	C	Si	Mn	Mo
S1	0.08	0.3	1.2	-
S2 Mo	0.08	0.3	1.2	0.5

Tipik Mekanik Özellikleri (Kaynak Metal)				
Tel Türü	Akma Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Çekme Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Darbe Enerjisi ISO-V (J)	Uzama %
S1	400	520	60 (-40°C)	30
S2 Mo	500	600	40 (-40°C)	30


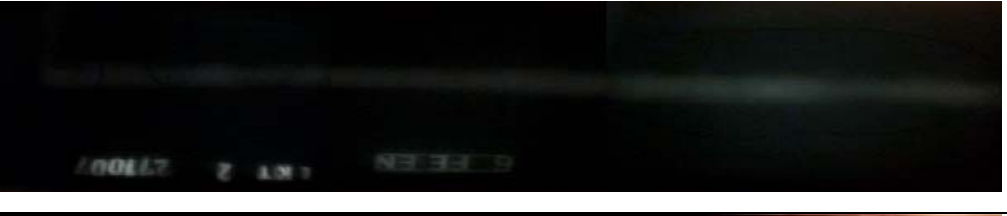
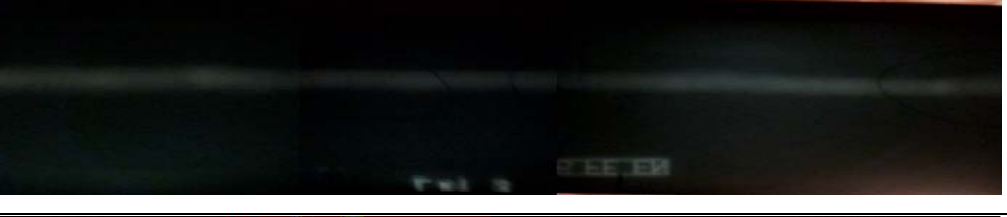
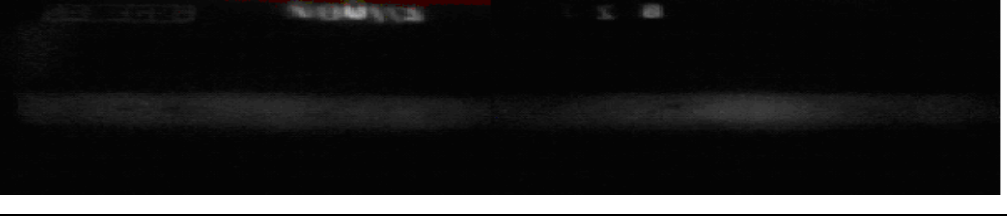




#### 7.4. Kaynaklı Numunelerin Gözle Muayenesi

Kaynatılan deney numuneleri kaynak sonrası yüzeysel olarak gözle görülen hatalarının kontrolü yapılmıştır. Bu muayene de “ 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 görölmüşür.

### **7.5. Radyografik Yöntemle Yapılan Muayene**

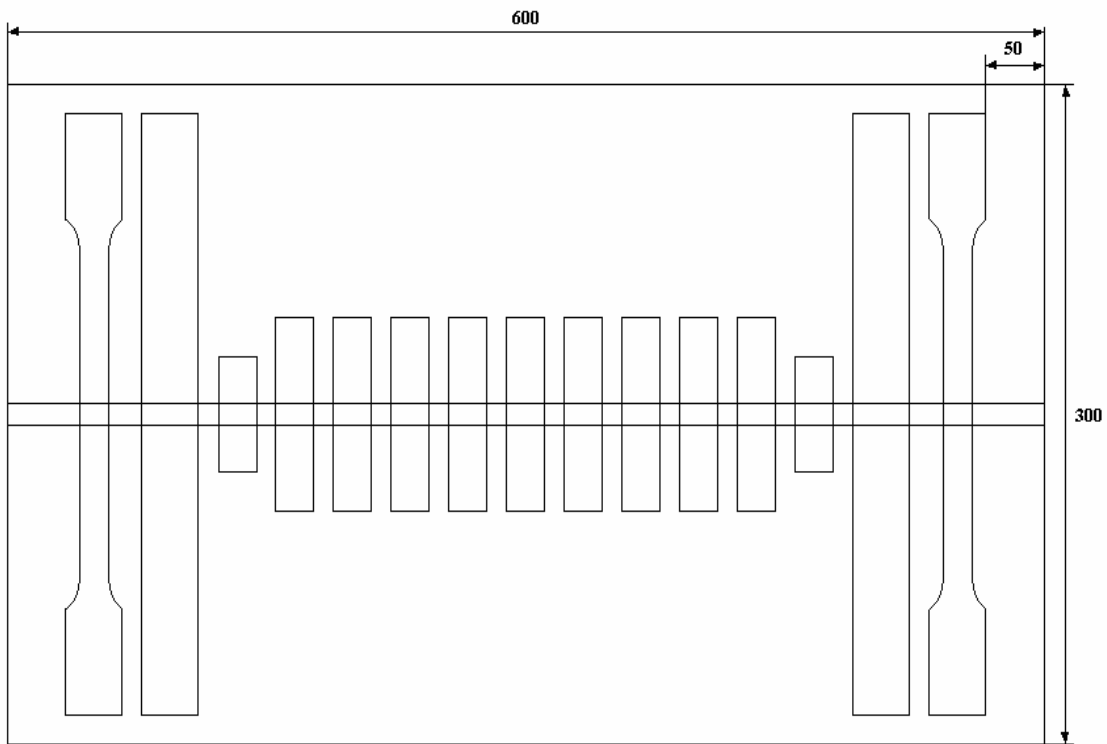
Kaynatılan test parçalarına radyografik yöntemle muayene yapılmışür. Sonuçlardan çıkan filmlerde görölen gözenek ve cüruf kalıntılarının olduğu kısımlar belirlenerek test numuneleri bu kısımların dışından çıkarılmışür. Radyografik muayene DEKA Test Makine Mühendislik San. Ve Tic. A.Ş.'de EN-1435/EN-12517'e göre  $\gamma$ -ışını Ir-192 cihazı ile 23 Ci enerjiyle 10x48 cm boylarında film kullanılarak yapılmışür.

E1	
E2	
E3	
G1	
G2	
G3	
T1	
T2	



### 7.6. DeneY Numunelerinin Çıkarılması

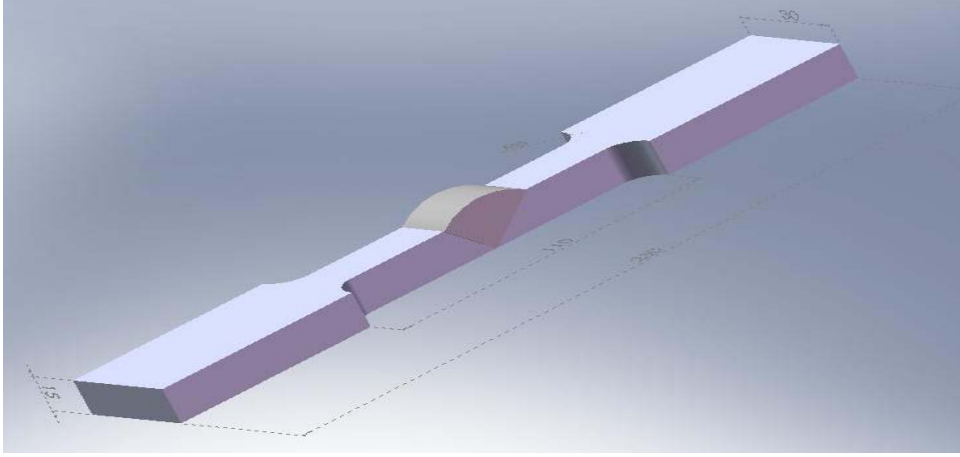
Kaynaklı numunelere radyografik testten sonra çekme, eğme, çentik darbe, mikro sertlik ve mikro yapılarının incelenmesi için standartlar çerçevesinde kesme işlemleri uygulanmıştır. Kesme işlemi başlardan 50 mm çıkarılarak yapılmıştır. Sebebi ise kaynak başlama ve bitiminde oluşabilecek hatalardan kaçınmaktır. DeneY numuneleri çıkarılırken soğutma sıvısı ile testerede kesilerek, frezede işlenerek standartlarda belirtilen ölçülere göre hazırlanmıştır.



Şekil 7.4. Kaynaklı levhalardan terst parçalarının çıkarılması

### 7.7. Çekme Testi Numunesinin Hazırlanması ve Yapılması

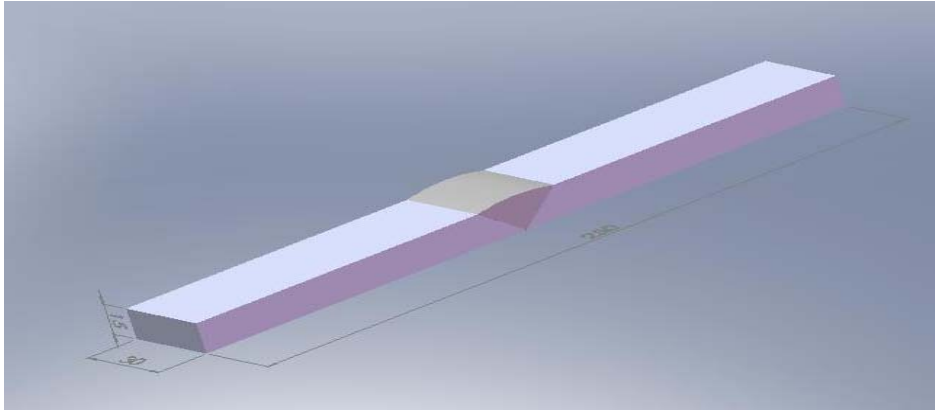
Çekme numuneleri her bir deneY plakasından 2'şer adet DIN 50210'a göre hazırlanmıştır. Çekme deneYi numuneleri DARTEC çekme cihazında 2mm/dk çekme hızıyla test uygulanmıştır.



Şekil 7.5. DIN 50120 standardına göre çekme test numunesi

### 7.8. Eğme Deneyi Numunesinin Hazırlanması ve Yapılması

Her plakadan 2'şer adet olmak üzere DIN 17100 standardına göre eğme test numunesi çıkarılmıştır. Eğme deneyi numuneleri DARTEC çekme cihazında 2mm/dk hızla eğme deneyi yapılmıştır.

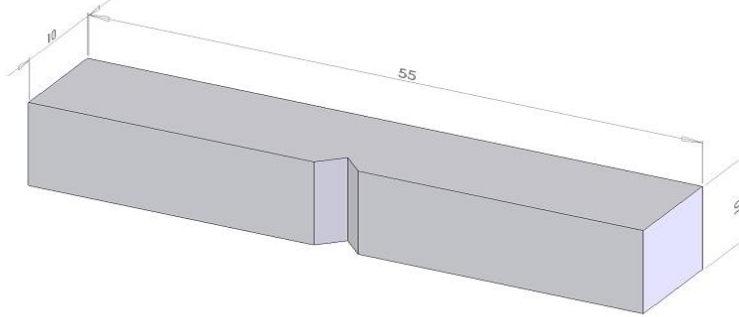


Şekil 7.6. DIN 17100 standardına göre eğme test numunesi

### 7.9. Çentik Darbe Deneyi Numunelerinin Hazırlanması ve Yapılması

Çentik darbe deneyi metal malzemelerin şartlar değişikçe malzeme farklı özellik gösterdiği için numunelerin cihaza uygun konumda bulundurulması daha kesin ve net bir sonuç alınması yönünden önemlidir. Çentik darbe deney çalışmasında -40,-20, 0, 20, 40°C'lere 2 saat 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 7.7. TS EN 10045-1 standardına göre çentik darbe test parçası



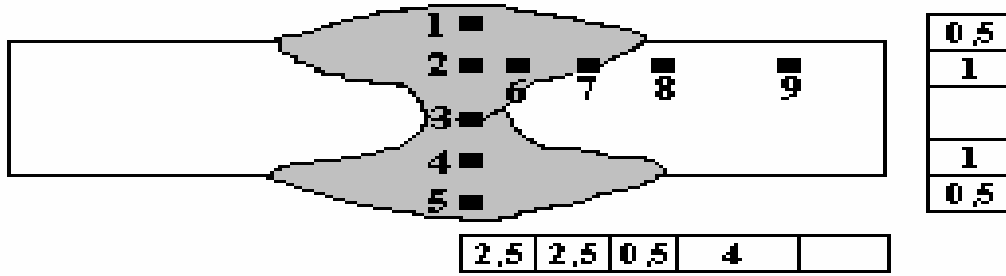
Şekil 7.8. TS EN 10045-1 standardına göre hazırlanmış çentik darbe test parçası

### 7.10. Makro – Mikro Yapı İncelemeleri ve Mikro Sertlik Ölçümünün Yapılması

Mikro yapı incelemesinde kullanılacak olan numuneler öncelikle taşlama tezgahlarında taşlama yapılarak ve sırasıyla 360, 400, 500, 600, 800, 900, 1000, 1200 numaralı SiC su zımpara kağıtlarıyla 90° zımpara çizgileri eşit çevrilerek zımparalama yapılmıştır. Zımparalama işlemi tamamlandıktan sonra elmas parlaticı ile mikro keçede parlatma yapılmıştır. Nital dağlama asidi ile dağlanmıştır. Dağlanan numuneler optik mikroskopta mikro yapı incelemesi ve makro yapılarının incelenmesi için CANON marka dijital fotoğraf makinası ile mikro ve makro fotoğrafları çekilmiştir.



Fotoğrafları çekilen numunelere mikro sertlik değerleri için Vickers sertlik deneyi uygulanmıştır. Numunelerden sertlik değeri alınırken batıcı uca 300 gr.'lık ağırlık uygulanmıştır. Sertlik değerleri batıcı uçun numuneye 15 saniye batılı tutularak alınmıştır. Sertlik ölçümünde METKON MH-3 mikro sertlik cihazı kullanılmıştır.



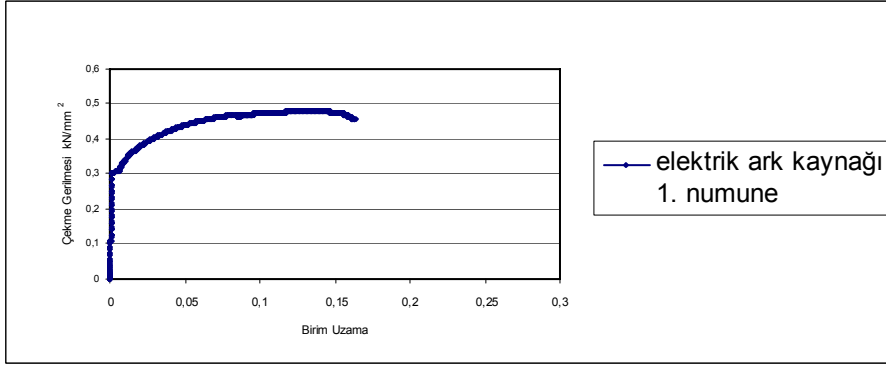
Şekil 7.9. Mikro sertlik alınan bölgeler

## BÖLÜM 8. DENEYSEL SONUÇLAR

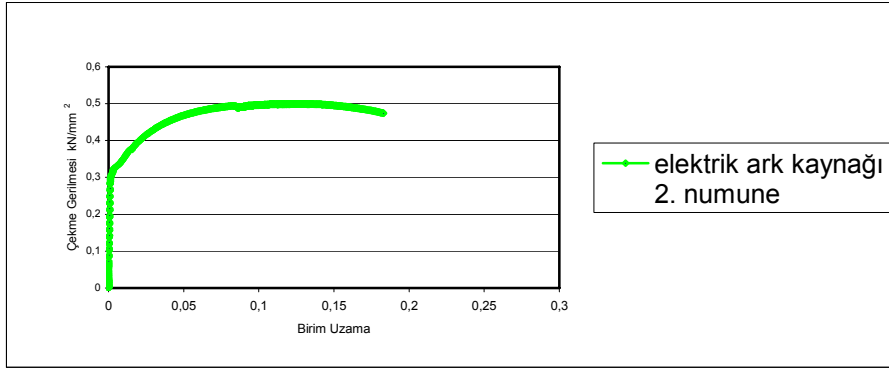
### 8.1. Çekme Deneyi Sonuçları

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

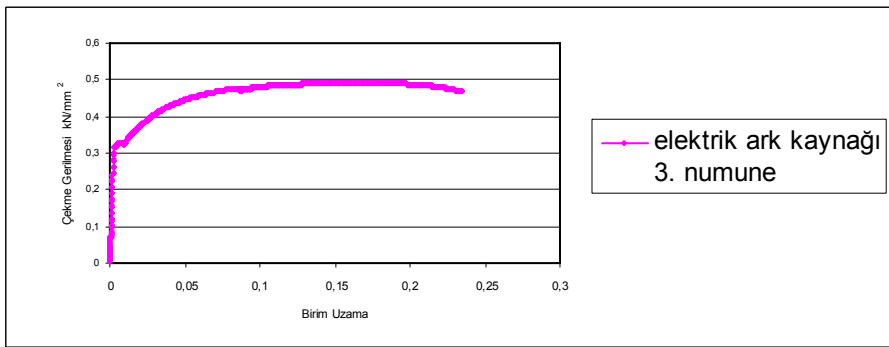
Deney sonucunda elde edilen veriler birbiriyle karşılaştırması yapılarak malzemeler hakkında bilgi sağlayacaktır. Çekme deneyi sonrası elde edilen şekiller :



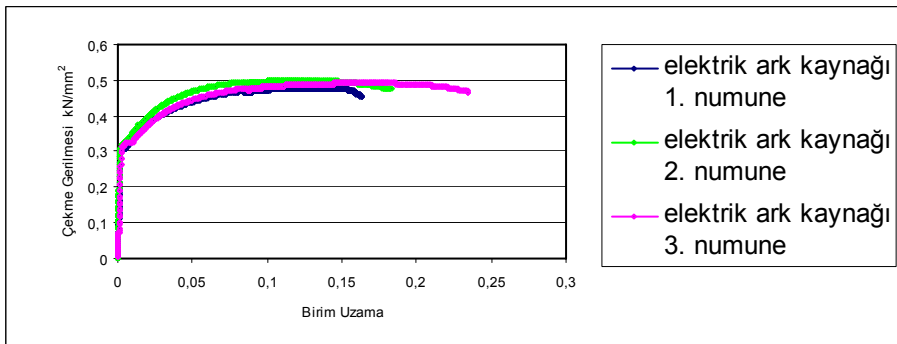
Şekil 8.1. Elektrik ark kaynaklı E1 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



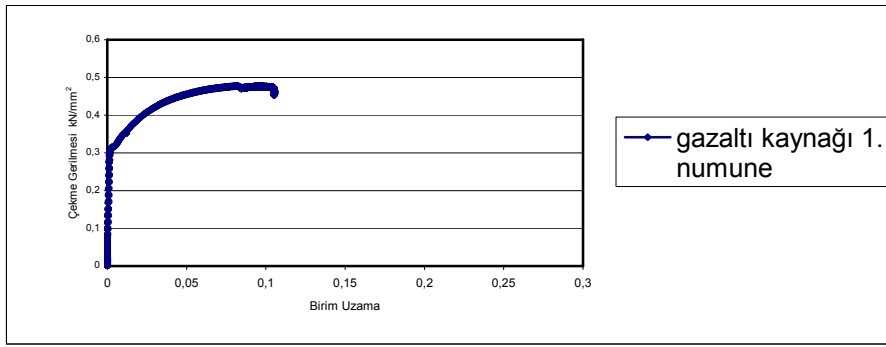
Şekil 8.2. Elektrik ark kaynaklı E2 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



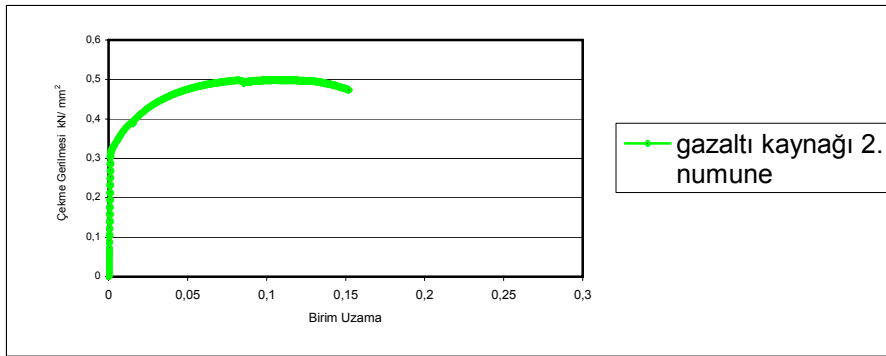
Şekil 8.3. Elektrik ark kaynaklı E3 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



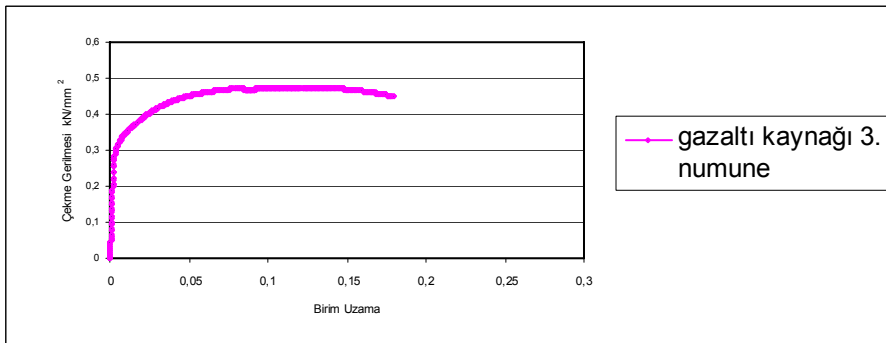
Şekil 8.4. Elektrik ark kaynaklı E1, E2, E3 numunelerinin çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrilerinin aynı grafik üzerinde gösterilmesi



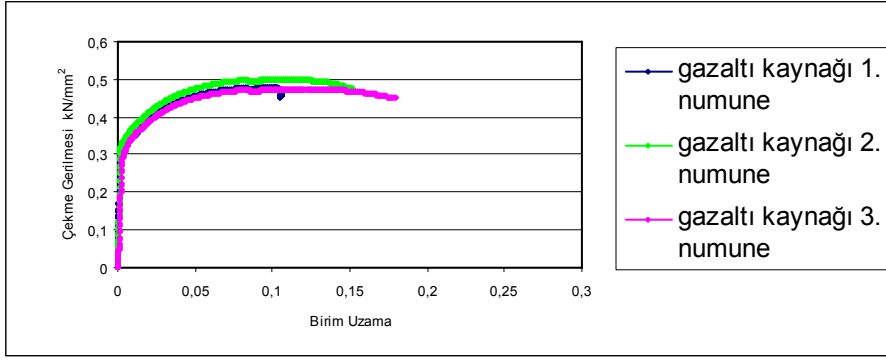
Şekil 8.5. MIG-MAG kaynaklı G1 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



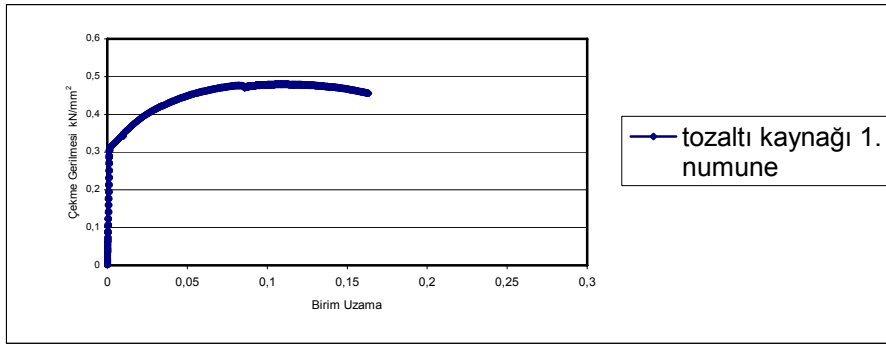
Şekil 8.6. MIG-MAG kaynaklı G2 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



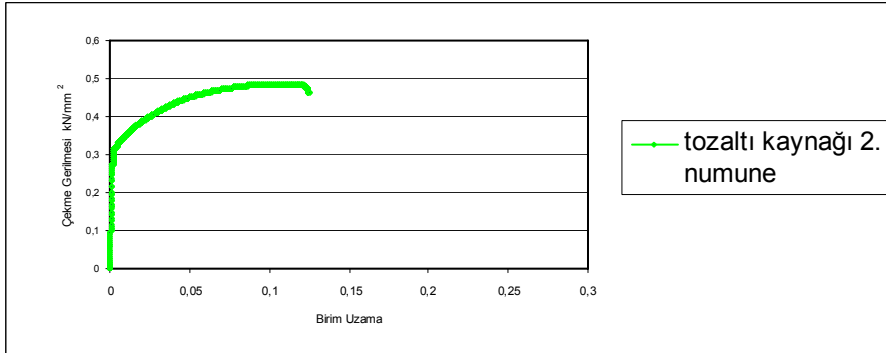
Şekil 8.7. MIG-MAG kaynaklı G3 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



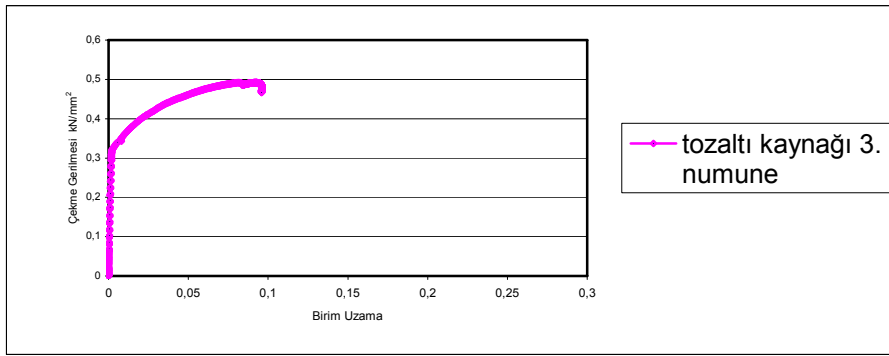
Şekil 8.8. MIG-MAG kaynaklı G1, G2, G3 numunelerinin çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrilerinin aynı grafik üzerinde gösterilmesi



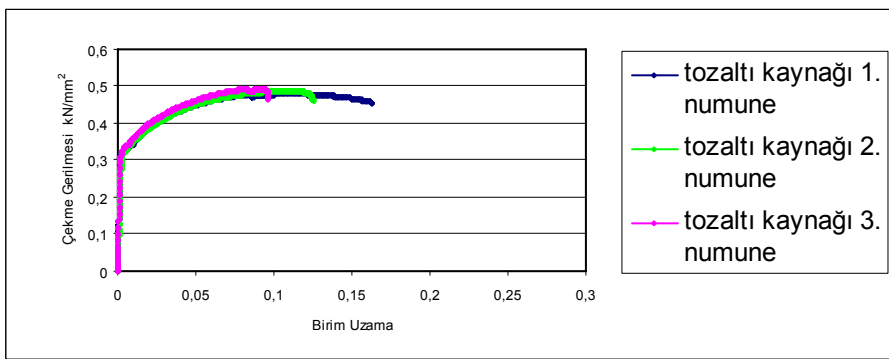
Şekil 8.9. Tozaltı kaynaklı T1 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



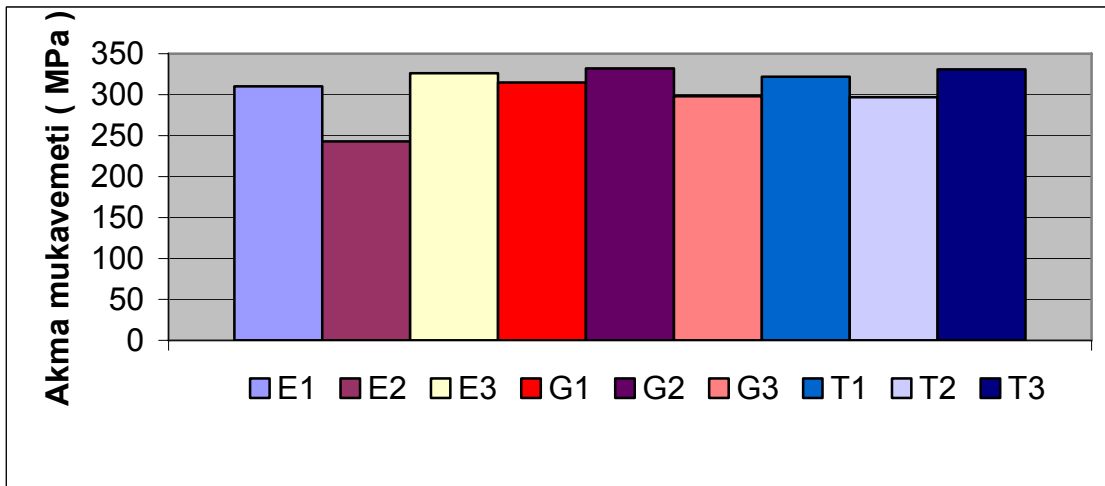
Şekil 8.10. Tozaltı kaynaklı T2 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



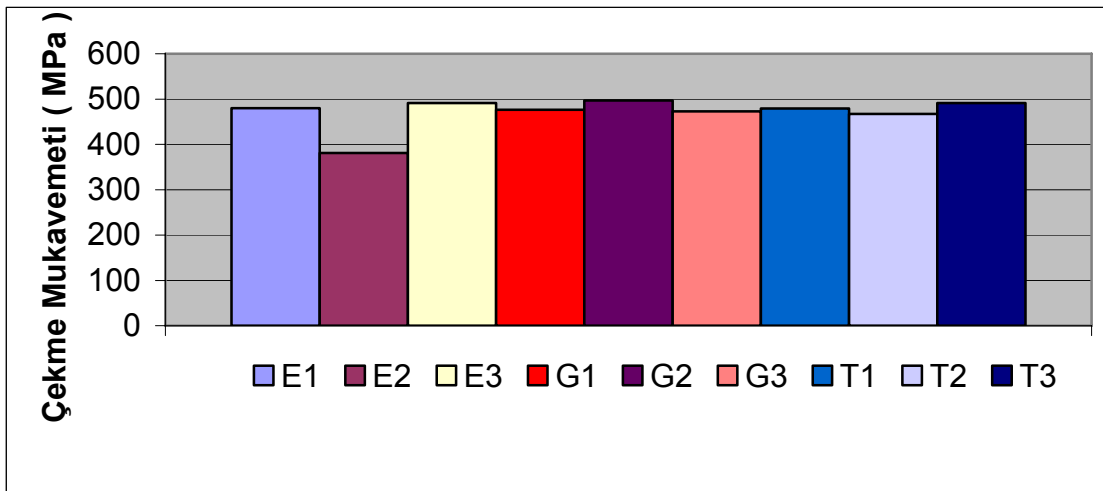
Şekil 8.11. Tozaltı kaynaklı T3 numunesi çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrisi



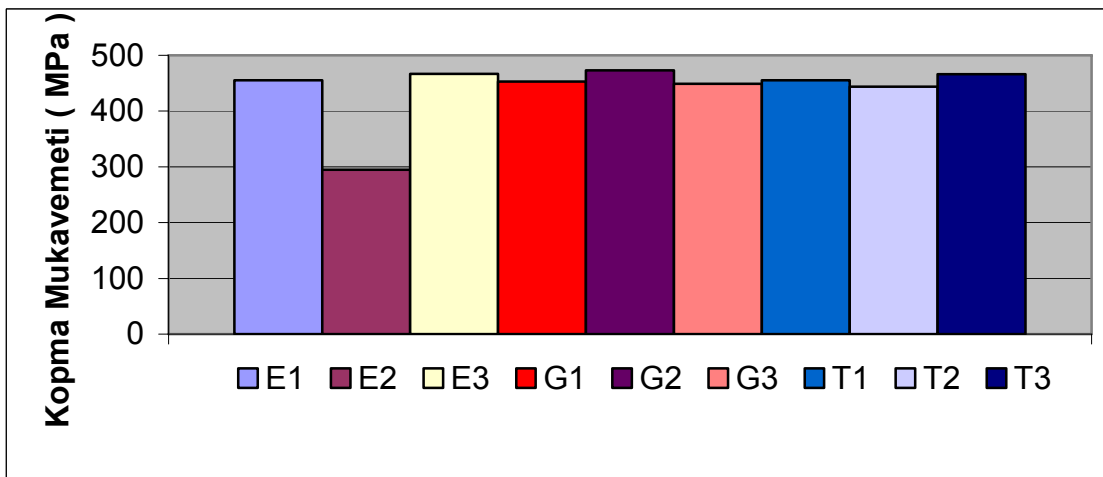
Şekil 8.12. Tozaltı kaynaklı T1, T2, T3 numunelerinin çekme deneyinden elde edilen gerilme uzama eğrilerinin aynı grafik üzerinde gösterilmesi



a)



b)



c)

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

Çekme deneyinde çekilen numunelerin tamamı ana malzeme bölgesinden boyun vererek kopmuşlardır. Kopma noktasında incelenen bölgelerdeki kesit daralmaları test malzemelerinin süneklik özelliğine sahip olduklarını göstermektedir.

Şekil 8.13. a) Numunelerin akma mukavemetlerinin değerleri şekil olarak gösterilmiştir. Bu grafik incelendiğinde en yüksek akma mukavemeti 332 MPa ile G2 numunesine aittir. En düşük akma mukavemeti 243 MPa ile E2 numunesine ait

olduğu görülmektedir. Akma dayanımı grafiğinden farklı kaynak yöntemleri uygulanmış numunelerde değişebilir parametrelerin değiştirilmiş olmasına karşın en yüksek akma mukavemeti MIG-MAGı ve tozaltı kaynak yöntemi uygulanmış numunelerde olduğu görülmektedir. Her numune kullanılan amper sınıfına göre bakıldığında en yüksek akma mukavemetli numuneler G2 ve T3 numunelerinde olduğu görülmektedir.

Şekil 8.13. b) Numunelerin çekme mukavemetlerinin değerleri şekil olarak gösterilmiştir. Bu grafik incelendiğinde en yüksek çekme mukavemeti 497 MPa ile G2 numunesine aittir. En düşük çekme mukavemeti 381 MPa ile E2 numunesine ait olduğu görülmektedir. G2 numunesi 260 A kaynatılmış ve değişebilir kaynak parametrelerinden uygulanan kaynak hızı, gaz basıncı, amper ideal konumlarında tutulmuş ve en yüksek çekme mukavemeti bu numuneden alınmıştır.

Şekil 8.13. c) Numunelerin kopma mukavemetlerinin değerleri şekil olarak gösterilmiştir. Bu grafik incelendiğinde en yüksek kopma mukavemeti 473 MPa ile G2 numunesine aittir. En düşük kopma mukavemeti 295 MPa ile E2 numunesine ait olduğu görülmektedir. Çekme deneyi sonuçlarına bakıldığında elektrik ark kaynak yöntemi uygulanmış numunelerde düşük değerler alındığı görülmüştür. Burada dikkat çeken aynı malzeme üzerinde farklı kaynak yöntemlerinde kullanılan amper değerleridir.

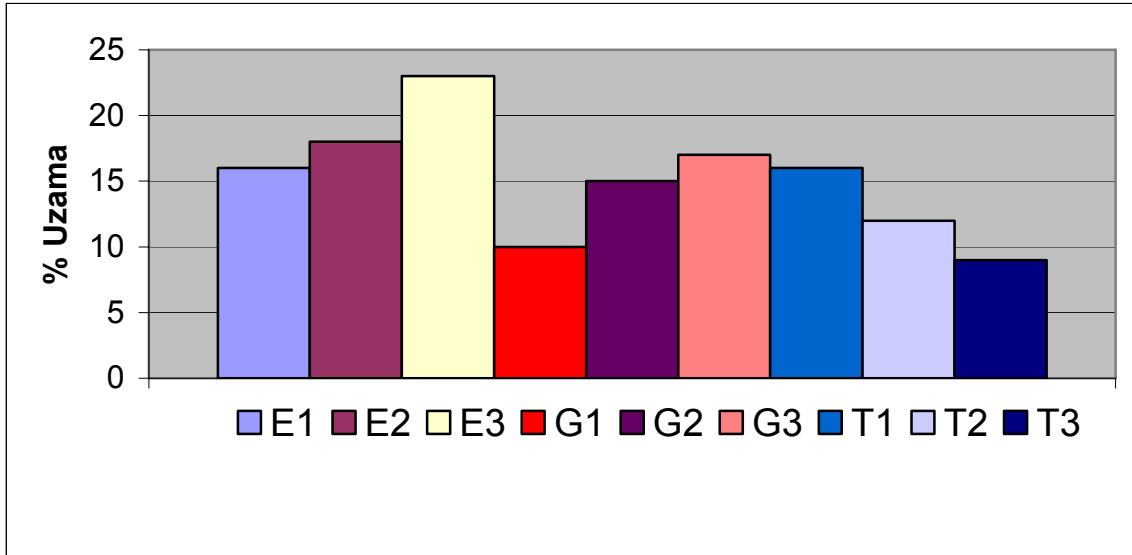


Şekil 8.14. Çekme deneyi sonrasında test parçalarının biçimleri





Şekil 8.15. Çekme testi sonrasında oluşan kırılmalarda sünek kopma biçimleri

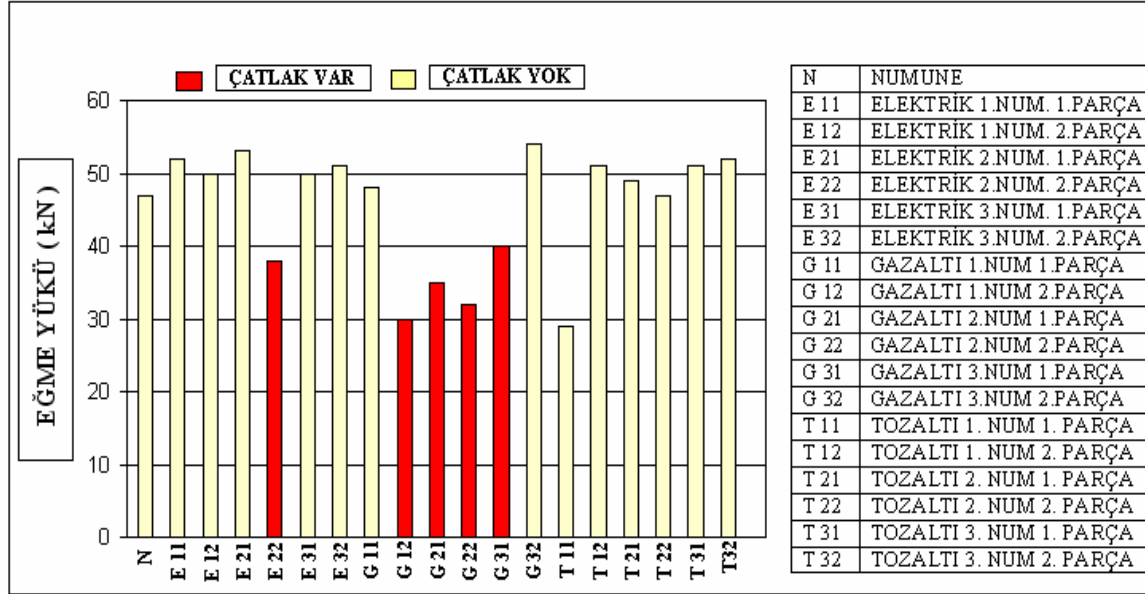


Şekil 8.16. Çekme deneyi sonrasında numunelerin % uzamalarının karşılaştırılması

% Uzamalar çekme deneyinde kullanılan numunelerden elde edilen sonuçlara bakıldığında en yüksek % uzama değeri % 23 ile E3 numunesine aittir. Bu uzama değeri ana malzemenin uzama değerinden %2 fazladır. Diğer numunelerin % uzamaları ana malzemenin % uzamasından düşüktür. En düşük uzama değeri ise % 9 ile T3 numunesine aittir. Çekme deneyinde kullanılan numunelerin hiç biri kaynak bölgelerinden kopmamıştır. Önemli olan kaynak ısı girdisidir. Kaynak ısı girdisi ana malzeme de yapı değişikliğine sebep olduğu görülmektedir.

## 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 birleştirmenin eğilmeye karşı direncinin değerini verecektir.



Şekil 8.17. Kaynaklı test parçalarının eğme deneyi sonuçları

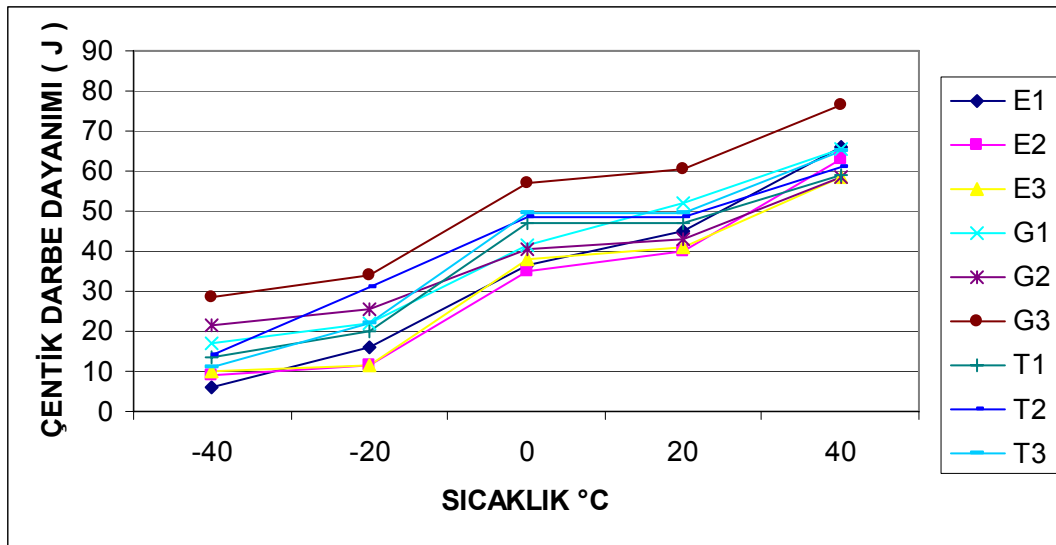
Eğme deneyi sonucunda numunelerin elektrik ark kaynak yönteminde 1 adet (E 22), gaz altı kaynak yöntemiyle 4 adet numunede (G 12, G 21, G 22, G 31) çatlak olduğu görülmüştür. Deney sonrasında elde edilen değerlere bakıldığında en yüksek değeri gaz altı kaynaklı G 32 numunesi vermiştir. Daha sonra diğer yüksek değeri elektrik ark kaynaklı E 21 numunesi vermiş ve genelde test parçalarını gruplandırarak olursak gazaltı kaynak yöntemi kullanılan test parçalarının çatlak oluşturma risklerinin yüksek olduğu görülmektedir. Eğilme dayanımlarının düşük olduğu tespit edilmiştir.



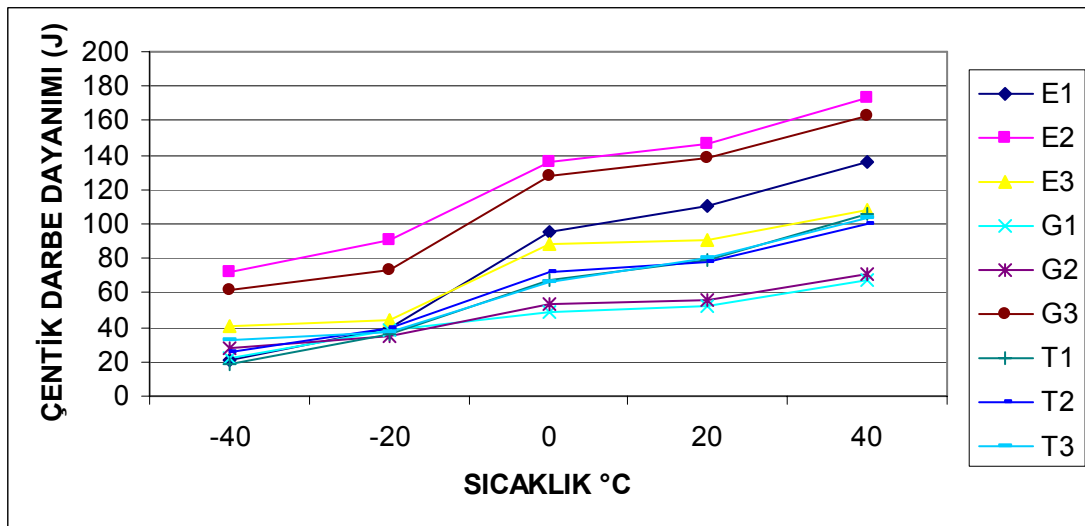
Şekil 8.18. Eğme testi sonrası test parçalarının şekilleri

### 8.3. Çentik Darbe Deneyi Sonuçları

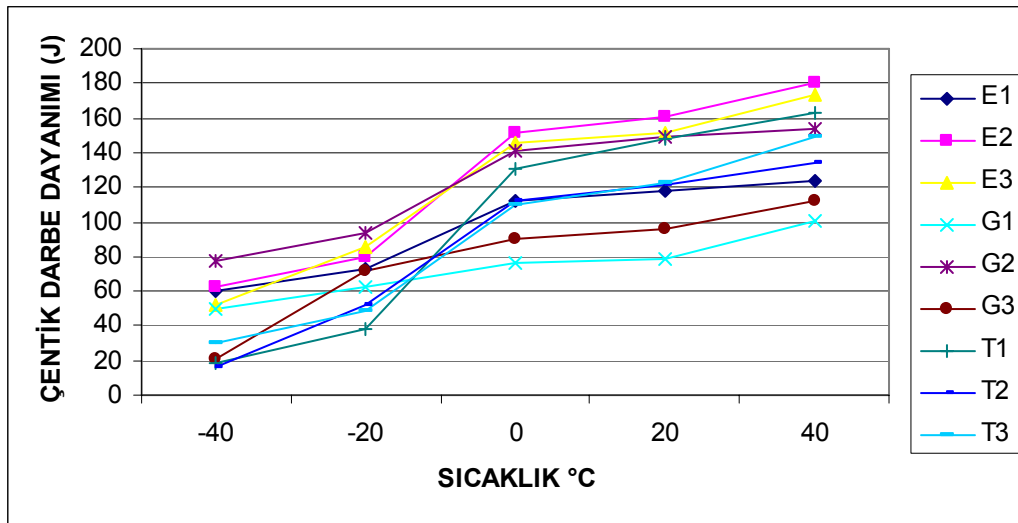
Çentik darbe deneyinde malzemenin ani bir darbeye maruz kalmasında kırılması için gerekli olan enerji miktarının bilinmesini belirler. Malzemenin kendi yapısının yanı sıra dış etkenlerin de bu enerji değişimlerine büyük etkisi bulunmaktadır. Bu deneyde farklı kaynak yöntem ve parametrelerinin değiştirilmesi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



Şekil 8.19. Numunelerin ana malzeme bölgesindeki çentik darbe deneyi sonucu



Şekil 8.20. Numunelerin ITAB bölgesindeki çentik darbe deneyi sonucu

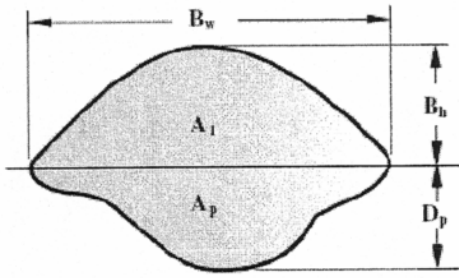


Şekil 8.21. Numunelerin kaynak bölgesindeki çentik darbe deneyi sonucu

Deney sonuçlarına bakıldığında en yüksek darbe enerjisini 2 E numunesi 160 J elde edilmiştir. İkinci yüksek darbe enerjisine sahip numune 3 E numunesi 152 J elde edilmiştir. Bu numunelerin grafik eğrileri incelendiğinde gaz altı kaynağıyla kaynak yapılmış numunelere bakıldığında değerlerin yükselmesinde veya düşmesinde ani değişimler görülmemektedir. Kademeli olarak değişimler görülmektedir. Elektrik ark ve toz altı kaynaklı malzemelerin test sonuçlarına bakıldığında ise ısı değerleri farklılaştığında ani yükselme ve düşmeler görülmektedir. Elektrik ark kaynaklı numuneler en yüksek değeri verseler dahi kırılma enerjileri farklı sıcaklıklar birbirinden uzak değerler vermektedir. Bu değerlerden birbirine yakın olanlar  $-40^{\circ}\text{C}$  ile  $40^{\circ}\text{C}$  ve  $0^{\circ}\text{C}$  ile  $20^{\circ}\text{C}$ 'lerdir. En düşük kırılma enerjileri de  $-40^{\circ}\text{C}$  ile  $40^{\circ}\text{C}$  görülmektedir.

#### 8.4. Makro ve Mikroyapı 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 görülmüştür.



$A_p$  : Penetrasyon alanı

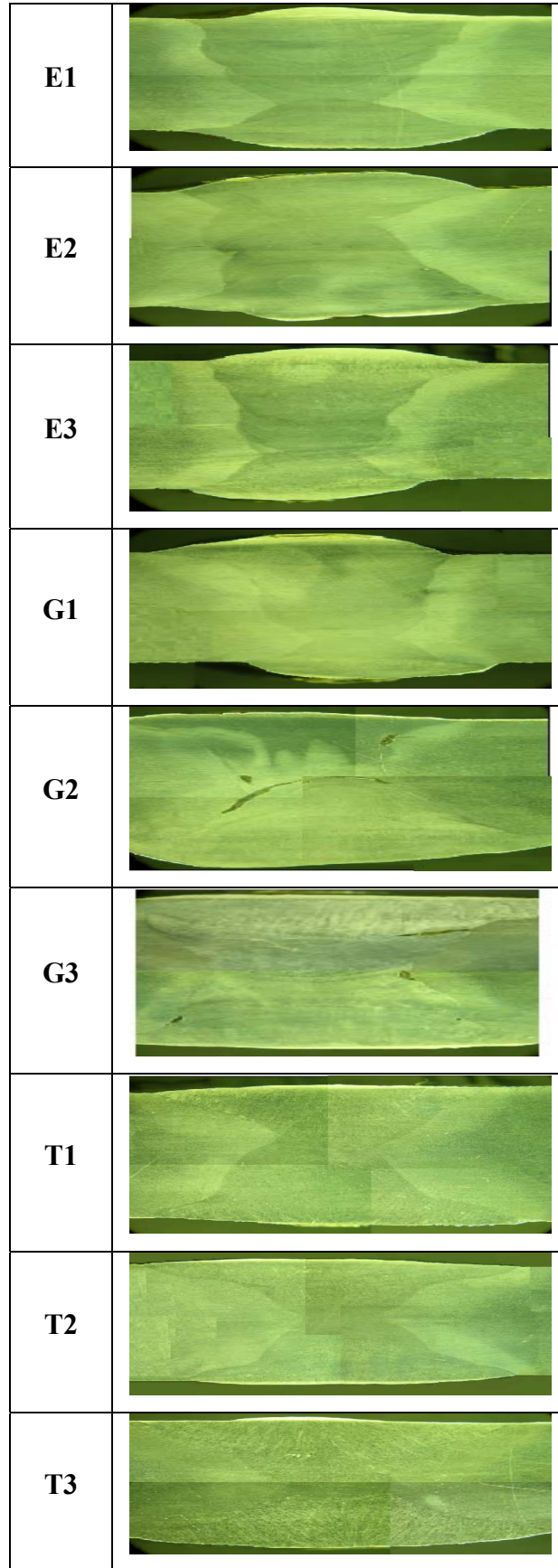
Damla alanı:  $A_1 + A_p$

Şekil 8.22. Kaynak damla geometrisi

Tablo 8.1. Numunelerin kaynak geometrileri

Numuneler	$B_h$	$B_w$	$D_p$	$A_1$	$A_p$	Damla Alanı mm <sup>2</sup>
E1	12,2	11	7,5	9,85	9,25	19,1
E2	10,5	11,7	9,5	11,1	10,6	21,7
E3	11,1	13	8,2	12,05	10,6	22,65
G1	13	13,5	8	13,25	10,75	24
G2	11	22,5	9	16,75	15,75	32,5
G3	10	18,2	8,1	14,1	13,15	27,25
T1	11,2	21,9	6,5	16,55	14,2	30,75
T2	7,8	25	10,1	16,4	17,55	33,95
T3	10	27	8,2	18,5	17,6	36,1

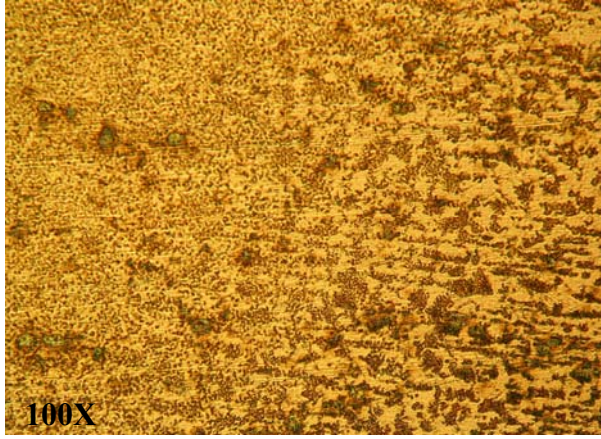
Numunelerin kaynak damla geometrileri incelendiğinde, uygulanan kaynak yöntemlerinin kaynak geometrisine çok büyük derecede etki ettiğini görüyoruz. Şekil olarak bakıldığında E1, E2, E3, G1, G2, G3 numunelerinin elle kaynağından dolayı simetrik damla gözlenemiyor fakat T1, T2, T3 numunelerinde simetrik bir geometri görülebiliyor. Damla alanı değerlerine bakıldığında amper değerlerinin ve kaynak hızının tozaltı kaynak yöntemi uygulanan numunelerde daha büyük olduğu görülmektedir. Damla alanı en küçük olan numune E1 numunesidir. G2 numunesi damla alanı kaynak parametrelerinin uygun olan değerlerde uygulanması sonucunda elde edilmiştir.



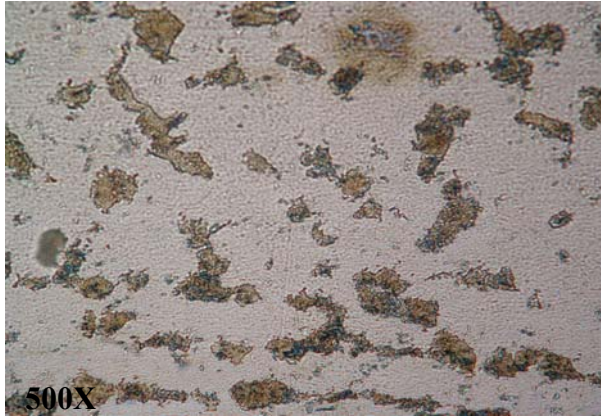
Şekil 8.23 Test parçalarının kaynak damla geometri fotoğrafları

Numuneler incelendiğinde 140 amperle kaynatılan numunenin( E1) geçişlerinin daha belirgin olduğu ve kaynak geometresinin düzgün olduğu görülüyor. 130 amperle kaynatılan numunenin(E2) ise yavaş kaynak hızından kaynak bölgesi geometresinin pasalarda geçiş bölgelerini aynı genişlikte tutmuştur. 135 amperle kaynatılan numuneninde(E3) aynı özelliği geometrik olarak verdiği görülmüştür. Özlü telle yapılan gazaltı kaynağında elektrik ark kaynağına kıyasla daha geniş kaynak bölgesi olduğu görülmektedir. Numuneye(G1) 250 amperle yapılan gazaltı kaynağı düşük amperde yapılmasına karşın kaynak yüzeyi gaz basıncından ve ergitme kuvvetinin eşit dağılmamış olmasından geometrik olarak düzgün olmadığı görülüyor. 260 amperle kaynatılan numune(G2) ise simetrik geometrik şekle sahip olmasına rağmen kaynak geçişlerinde boşluklar olduğu görülmektedir. 270 amperle kaynatılan numunede(G3) geniş kaynak geometresinin olması ve kaynak, ITAB bölgelerinde boşluklar olduğu görülmektedir. Tozaltı kaynak yönteminde kaynatılan numuneler incelendiğinde genelde birbirine yakın geometrik şekiller görülmektedir. Fakat 500 amper ile 550 amperde kaynatılan numunelerin (T1 ve T2) kaynak bölgeleri ve ITAB bölgelerinin geniş olduğu ve yüksek amperin fazla ısı girdisine sebep olduğundan malzemeye olumsuz özellikler vereceği ve kaynak bölgesinde martenzitik yapı oluşturacağı unutulmamalıdır.

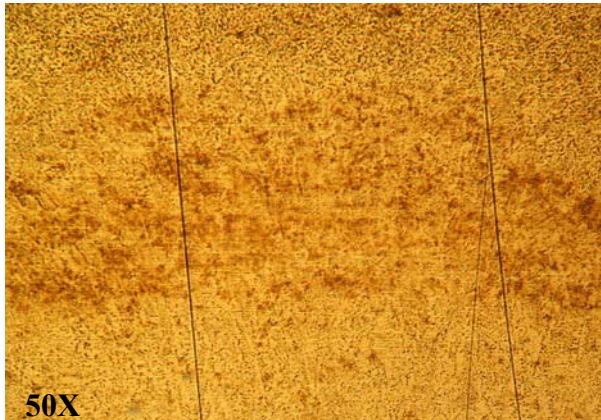




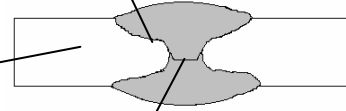
Geçiş Bölgesi



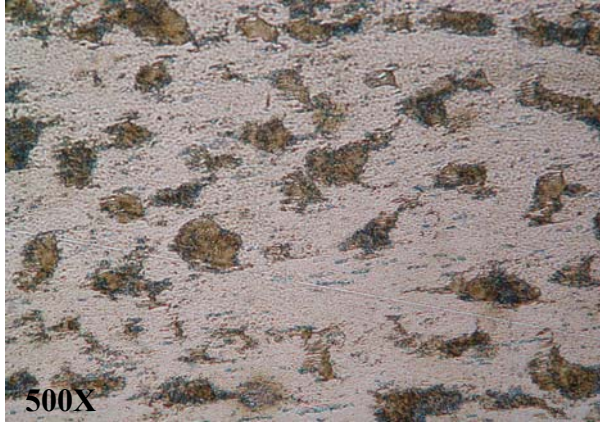
Ana Malzeme



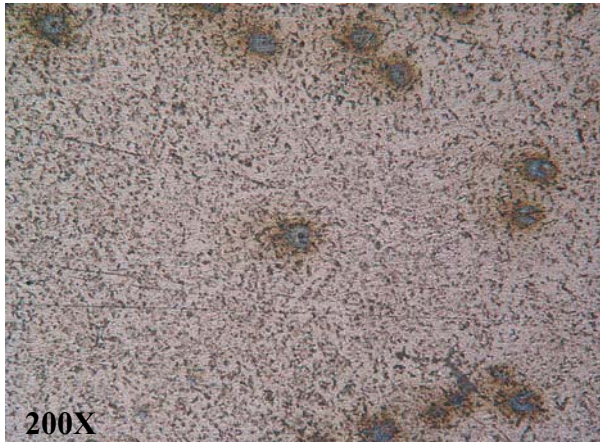
Nüfuziyetsiz Bölge



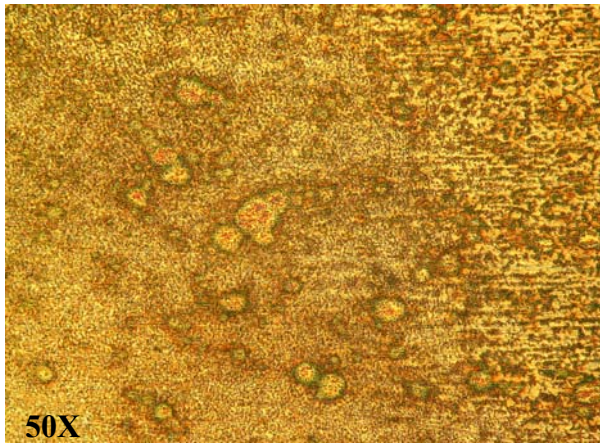
Şekil 8.24 ( E1 numunesi ) Elektrik ark kaynağıyla birleştirilmiş 15 mm DH36 Grade çeliğinin geçiş bölgesi, ana malzeme ve nüfuziyetsizlik bölgesi mikroyapı görüntüleri



Ana Malzeme Bölgesi



Kaynak Bölgesi

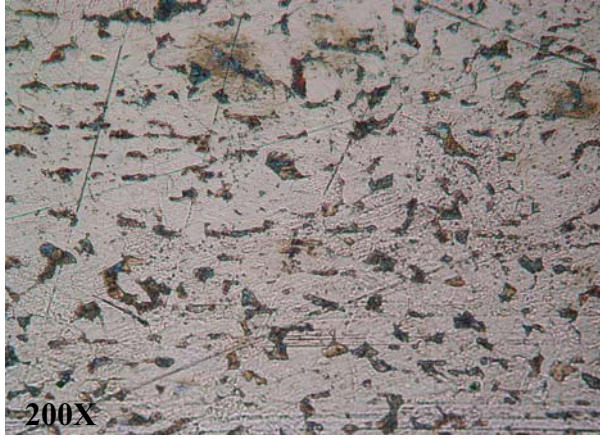


ITAB Bölgesi



Şekil 8.25 ( E2 numunesi ) Elektrik ark kaynağıyla birleştirilmiş 15 mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, kaynak bölgesi ve ITAB bölgesinin mikroyapı görüntüleri

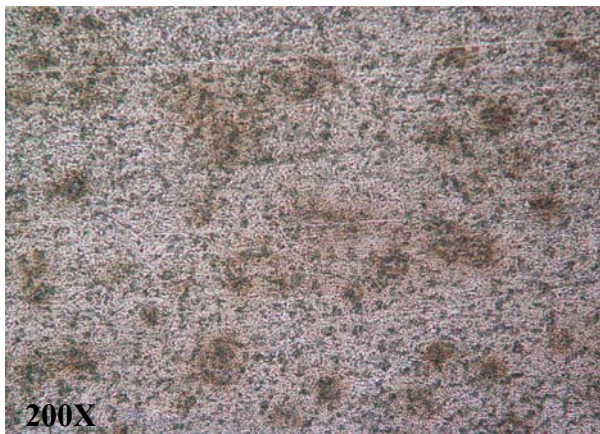




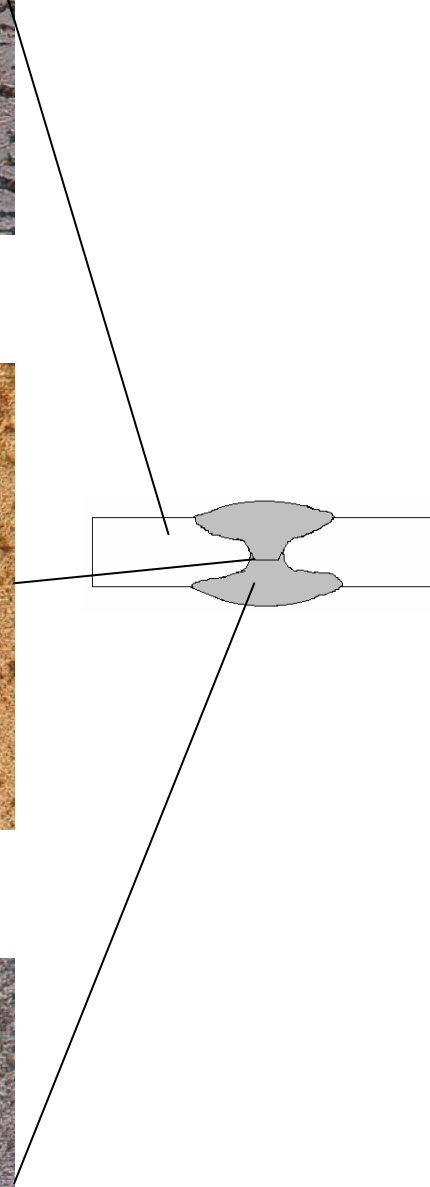
Ana Malzeme Bölgesi



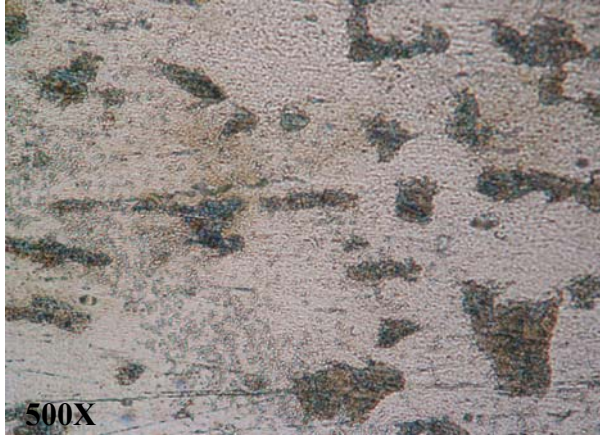
Geçiş Bölgesi



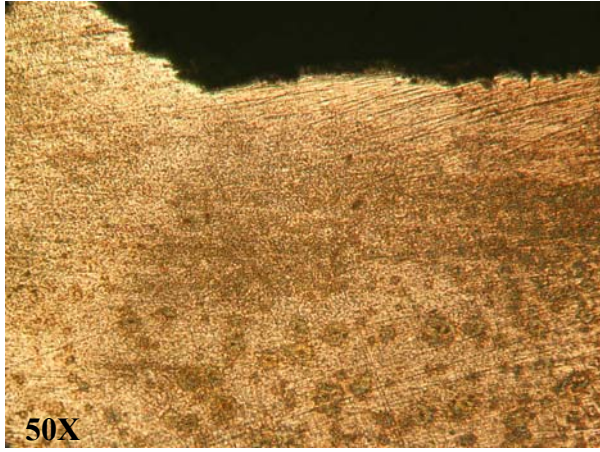
Kaynak Bölgesi



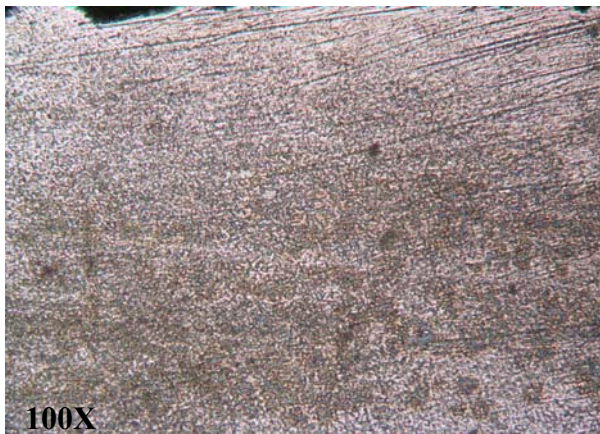
Şekil 8.26 ( E3 numunesi ) Elektrik ark kaynağıyla birleştirilmiş 15 mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, geçiş bölgesi ve kaynak bölgesinin mikroyapı görüntüleri



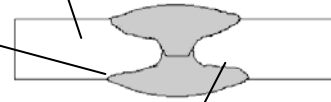
Ana Malzeme Bölgesi



Kaynak Metali-ITAB- Ana Metal Bölgesi

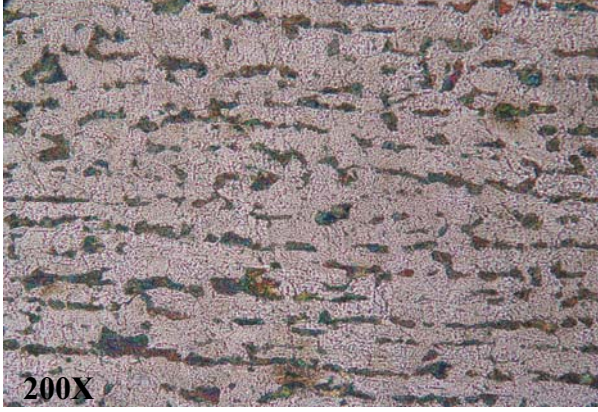


ITAB Bölgesi



Şekil 8.27. ( G1 numunesi ) MIG-MAG kaynağıyla birleştirilmiş 15mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, kaynak metali-ITAB- ana metal bölgesi, ITAB bölgesinin mikroyapı görüntüleri

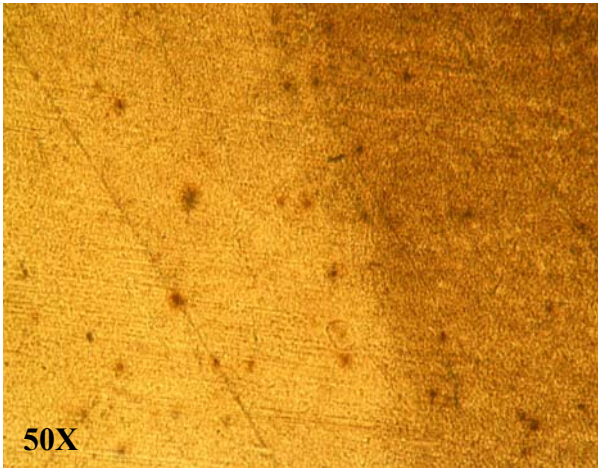




Ana Malzeme Bölgesi



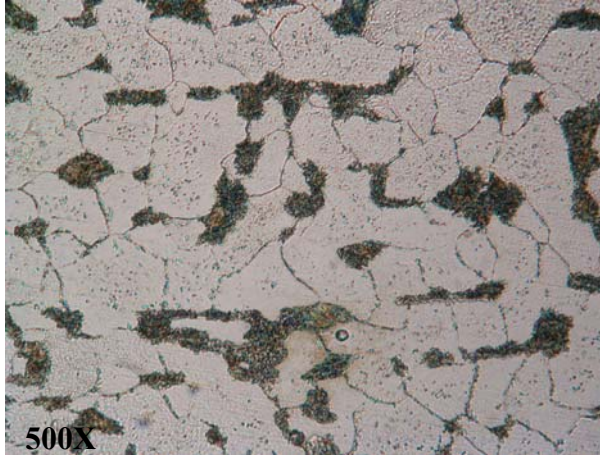
İki Sakal Arasındaki Boşluk



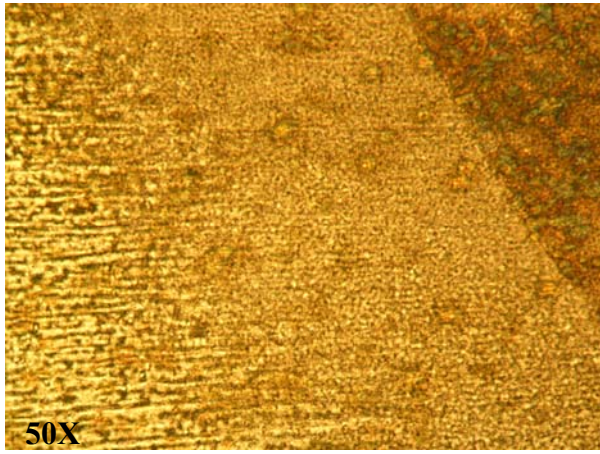
Kaynak Metali ve ITAB Arası



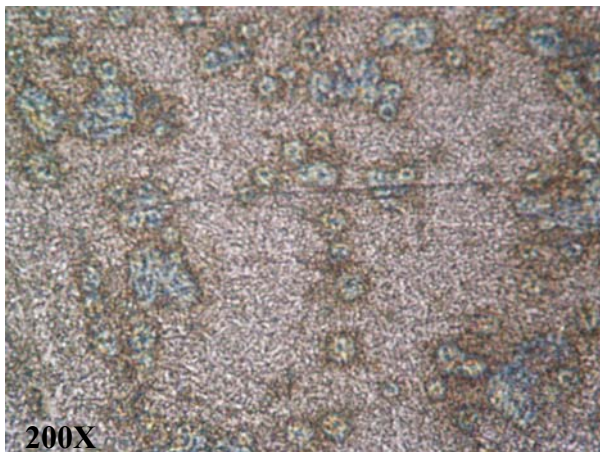
Şekil 8.28. ( G2 numunesi ) MIG-MAG kaynağıyla birleştirilmiş 15mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, iki sakal arası boşluk ve kaynak metali ile ITAB'ın mikroyapı görüntüleri



Ana Malzeme Bölgesi



Geçiş Bölgesi

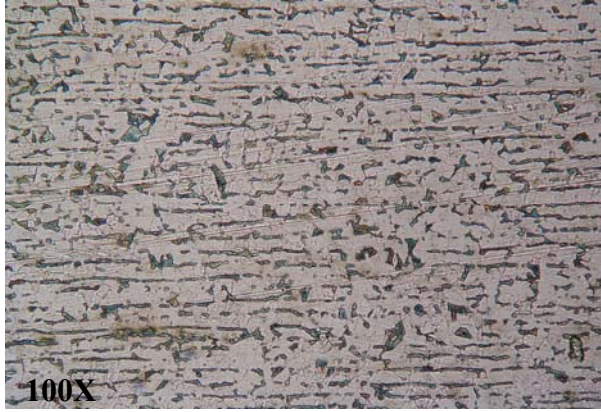


Kaynak Bölgesi

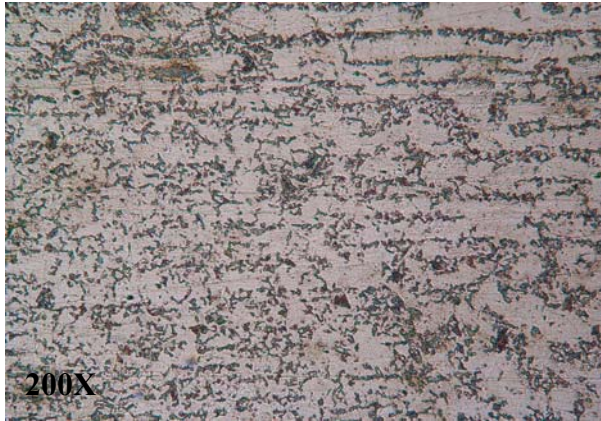


Şekil 8.28. ( G3 numunesi ) Gazaltı kaynağıyla birleştirilmiş 15mm DH36 Grade çeliğinin numunenin ana malzeme, geçiş bölgesi ve kaynak bölgesinin mikroyapı görüntüleri





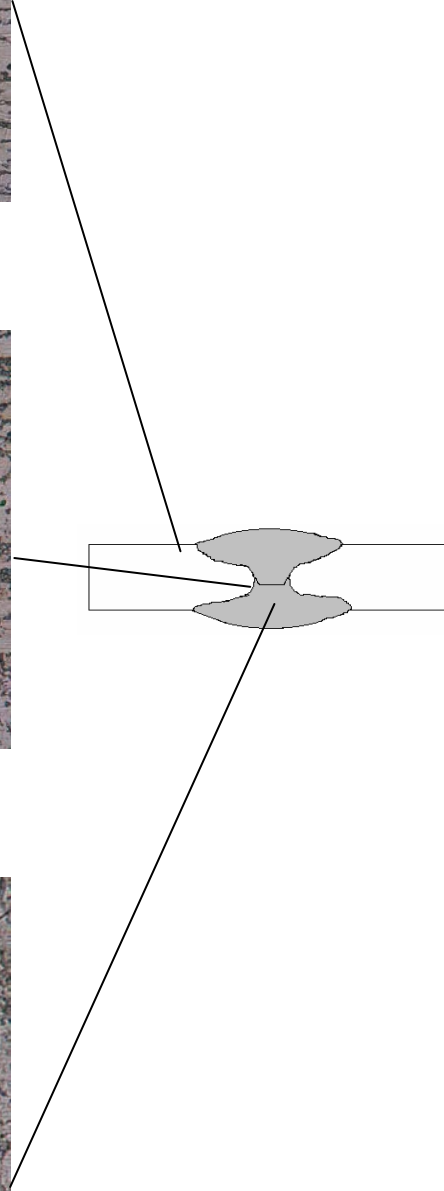
Ana Malzeme Bölgesi



ITAB Bölgesi



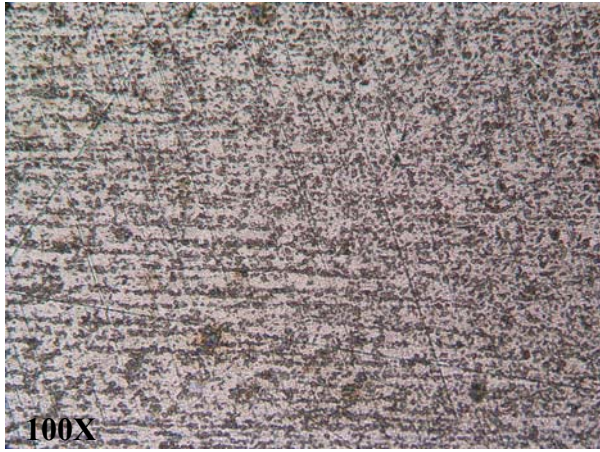
Kaynak Bölgesi



Şekil 8.30. ( T1 numunesi ) Tozaltı kaynağıyla birleştirilmiş 15mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, ITAB bölgesi ve kaynak bölgesinin mikroyapı görüntüleri



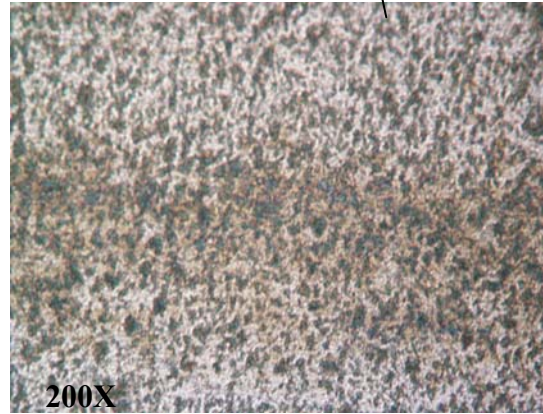
Ana Malzeme Bölgesi



Ana Metalle ITAB'ın Birleşme Çizgisi



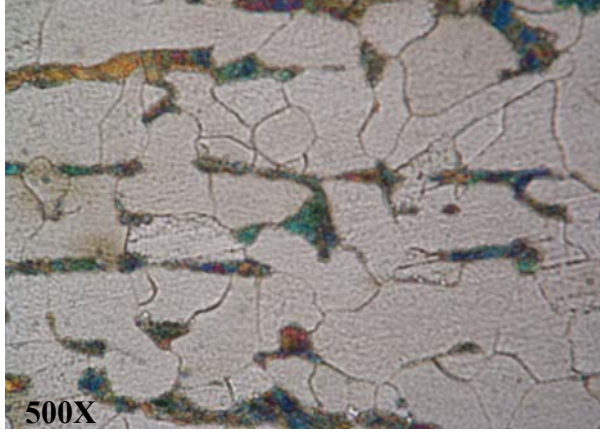
Kaynak Bölgesi



Kaynakların Ağız ağza  
Geldiği Bölge

Şekil 8.31. ( T2 numunesi ) Tozaltı kaynağıyla birleştirilmiş 15mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, ana metalle ITAB birleşme bölgesi, kaynak bölgesi, kaynakların ağız ağza geldiği bölgelerin mikroyapı görüntüleri

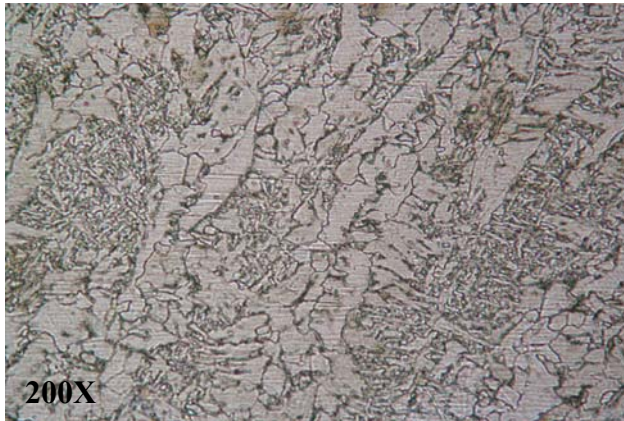




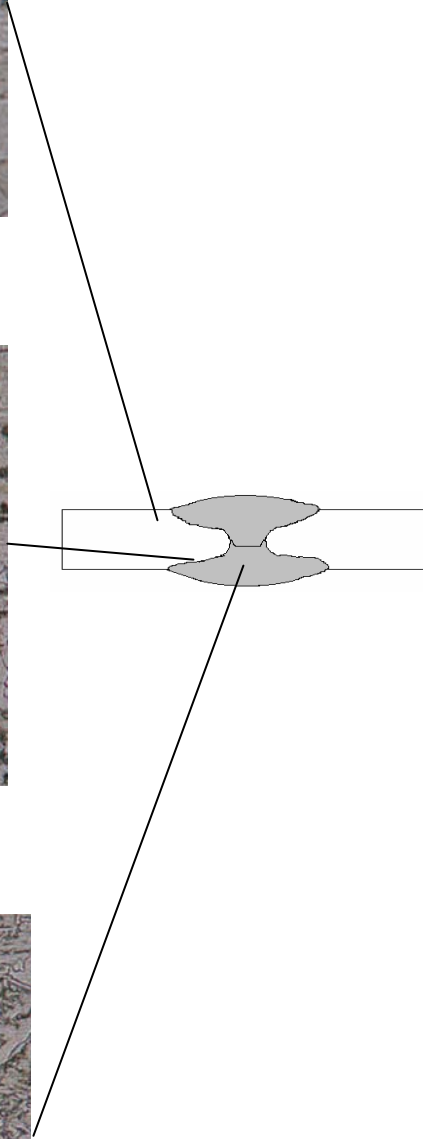
Ana Malzeme Bölgesi



ITAB Bölgesi



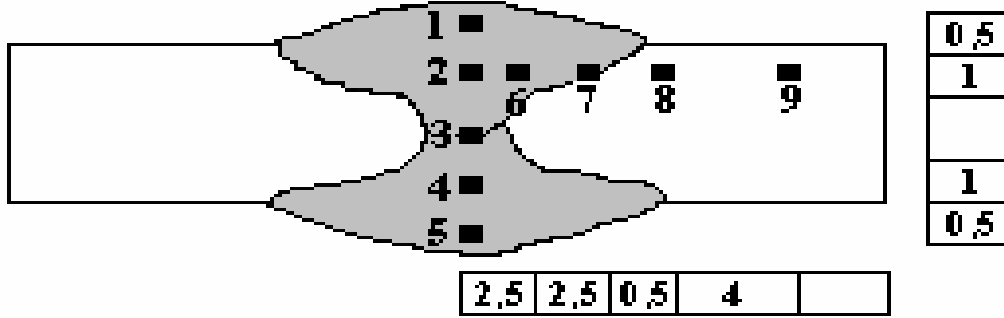
Kaynak Bölgesi



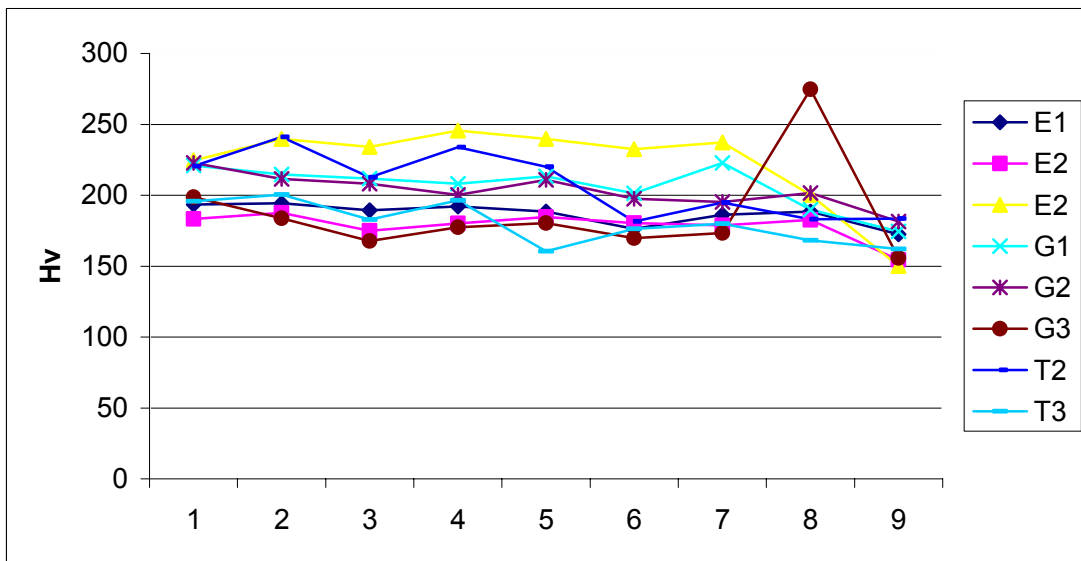
Şekil 8.32. ( T3 numunesi ) Tozaltı kaynağıyla birleştirilmiş 15mm DH36 Grade çeliğinin ana malzeme, ITAB bölgesi ve kaynak bölgesinin mikroyapı görüntüleri

### 8.5. Mikro Sertlik Sonuçları

Kaynatılan bütün parçaların mikro sertlik ölçümleri yapılmıştır. Şekil 8.32.'de sertlik ölçüm değerleri alınan noktalar gösterilmiştir. Şekil 8.33.'de mikro sertlik deney sonuçları verilmiştir. Numunelerden birbirine yakın sertlik değerleri elde edilmiştir. En yüksek mikro sertlik değeri G3 numunesinden alınmıştır. Diğer numunelerin sertlik değerleri incelendiğinde kaynak bölgesinden, ITAB'dan alınan değerlerin yüksek olduğu ana malzeme bölgesinden alınan değerler düşüktür. G3 numunesinde düzensiz sertlik değerleri görülmüştür. T1 numunesinden düzensiz sertlik değerleri alındığından sonuçları konulmamıştır.



Şekil 8.33. Mikro sertlik alınan bölgeler



Şekil 8.34. Mikro sertlik deney sonuçları

Tablo 8.2. Test parçalarının mikro sertlik değerleri

Numuneler	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>E1</b>	193,5	194,3	189,5	192,1	188,5	176,4	186,2	188,5	172,5
<b>E2</b>	183,4	187,5	175,05	180,2	184,6	180,4	178,8	182,6	154,3
<b>E2</b>	224,7	239,8	234,1	245,6	239,8	232,5	237,2	200,3	150,05
<b>G1</b>	220,9	214,7	211,85	208,1	213,4	201,4	222,7	189,75	174,6
<b>G2</b>	222,7	211,5	208,1	200,3	210,8	197,6	195,2	201,5	181,6
<b>G3</b>	198,65	183,75	167,7	177,4	180,3	169,8	173,4	274,75	155,65
<b>T2</b>	220,65	241,05	212,55	233,95	220,2	181,4	194,75	183,05	183,45
<b>T3</b>	195,65	200,5	182,75	196,35	160,45	176,35	180	168,15	162,05

## **BÖLÜM 9. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

### **9.1. Genel Sonuçlar**

Çekme deneyinde aynı malzeme üzerinde kullanılan farklı kaynak yöntemlerinde kopma noktaları ana matriksten olmuş ve sünek bir kopma göstermişlerdir. Burada ısı etki ettiği bölgede yani ITAB bölgesinde problemle karşılaşılması görülmüştür. Kullanılan farklı kaynak metallerinin özellikleri ve uyumu hakkında da bilgi elde edilmiştir. Kaynak metallerinde de sünek davranış gösterdikleri görülmüştür.

Eğme deneyinde numunelere üç noktalı eğme cihazında eğme deneyi uygulanmıştır. Test numunelerinde elektrik ark kaynağı ve gazaltı kaynak yöntemi uygulanan numunelerde mikro gözenekten kaynaklanan çatlaklar görülmüştür. ITAB bölgesinde çatlama görülmüştür. Tozaltı kaynak yöntemindeki test numunelerinde herhangi bir çatlak olmamıştır.

Çentik darbe deneyinde numunelerde en yüksek değerlerin  $0\text{ C}^{\circ}$  ile  $20\text{ C}^{\circ}$  sıcaklıklarında ana matriks, ITAB ve kaynak bölgelerinde olduğu görülmüştür.

Mikroyapı incelemesinde inklüzyonlar ve mikro boşluklarla karşılaşmıştır. Farklı kaynak yöntemlerindeki kaynak bölgelerinde ise mikro hatalar tespit edilmiştir.

### **9.2. Öneriler**

Bu tez çalışmasında Dh 36 gemi sacının elektrik ark kaynağı, MIG-MAG kaynağı ve tozaltı kaynağı ile kaynatıldı. Yapılan kaynaklı birleştirmelerde mekanik özellikler, makro ve mikro yapı incelemeleri yapıldı. 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) DH 36 gemi saçının kaynaklı birleştirmeler sonrası uzun süreli deniz suyu ile korozyona uğratılıp onarım amaçlı yapılan kaynaklı birleştirmelerin mekanik ve mikro yapı incelemesi yapılabilir.
- 4) Çok sayıda değişik kaynak hızlarının gösterdiği etkiler değişik pozisyonlarda incelenebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] TUĞLAN, B., Gemi Sanayinde Kullanılan Çelikler ve Kaynak Yöntemleri İstanbul, 1979
- [2] Aslanlar, S., Elektrik Ark Kaynak Teknolojisi ve Uygulamaları 2008
- [3] Anık, S., Tülbentçi, K., E., Örtülü Elektrod ile Ark Kaynağı, Gedik Holding Yayını, İstanbul, 1990
- [4] ANIK, S., Kaynak Tekniği, İstanbul, 1981 İTÜ Makina Fakültesi Matbaası
- [5] Tülbentçi, K., MIG-MAG Gazaltı Kaynak Yöntemi, Arctech Yayını İstanbul, 1998
- [6] Tülbentçi, K., MIG-MAG Ergiyen Elektrod İle Gazaltı Kaynağı, Gedik Holding Yayını, İstanbul 1990
- [7] ERYÜREK, B., Çelikler İçin Örtülü Elektrod Seçimi Kaynak Tekniği Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul 2004
- [8] ANIK, S. Kaynak Tekniği Tozaltı Kaynağı ve Koruyucu Gazla Kaynağı, Gedik Holding Yayını, İstanbul, 1990
- [9] OĞUZ, B., Elektrik Ark Kaynağı Oerlikon Yayını 1993
- [10] TÜBİTAK, Tahribatsız Muayene Yöntemleri, Kocaeli, 2002
- [11] DİLTHEY, U., Schweiss und schneidtechnologien Materialsammlungen zur Vorlesung, Aachen –İSF, Aachen 2003
- [12] KAYALI, E., Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, İstanbul, 1975
- [13] BİR, A., İmal Usulleri (Ders Notu). U.Ü. Basımevi, Bursa 1988
- [14] ADSAN, K., Kaynak Teknolojisi, ANKARA, 1976
- [15] BUHARALI, Y.D., Elektrik Kaynağı, Arı Matbaası, Ankara 1964
- [16] OĞUZ, B., Ark Kaynağı Oerlikon Yayını 1975
- [17] N.,N., Elektroden – schweissen schulungs unterlagen, Fronius technologie center, 2001

- [18] GÜLTEKİN, N., Kaynak Tekniği, Y.Ü.Yayını Sayı 184,İstanbul 1984
- [19] ANIK, S., VURAL, M., 1000 Soruda Kaynak Teknolojisi, Birsen Yayınları, İstanbul 1993
- [20] LANCASTER, J.F., Metallurgy of Welding. Chapman & Hall, London 1993
- [21] GIACHINO, J., WEEKS, W. And JOHNSON, G. S., Welding Tecnology. American Technical Publishers Inc, Illions. 1973
- [22] CARY, H.B., Modern Welding Technology, Prentice Hall, New Jersey 1989
- [23] ERYÜREK, İ.B., BODUR, O. Ve DİKİCİOĞLU, A., Kaynak teknolojisi Esasları. Birsen Yayınevi, İstanbul 1996
- [24] [www.oerlikon.com.tr](http://www.oerlikon.com.tr)
- [25] [www.askaynak.com.tr](http://www.askaynak.com.tr)
- [26] [www.fronius.de](http://www.fronius.de)
- [27] [www.yenimuhendis.com](http://www.yenimuhendis.com)
- [28] [www.arctech.com.tr](http://www.arctech.com.tr)

## ÖZGEÇMİŞ

Kadir Kurt, 24.03.1979 da Kayseri’de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Pınarbaşı’da tamamladı. 1996 yılında Pınarbaşı Endüstri Meslek Lisesi, Elektrik-Elektronik Bölümünden mezun oldu. 1999 yılında Sakarya Üniversitesi, Metal Öğretmenliği Bölümüne girdi ve 2003 yılında mezun oldu. 2003 yılında Türk Silah Kuvvetlerinde Deniz Astsubayı olarak göreve başladı. Deniz Astsubayı olarak görev yapmaktadır.