

1015 ÇELİĞİNİN DEĞİŞİK KAYNAK YÖNTEMLERİ İLE OLUŞAN  
MEKANİK VE MİKROYAPISAL DURUMUNUN İNCELENMESİ

Nurullah KIRATLI


Dumlupınar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü yönetmenliği uyarınca  
Makina Eğitimi Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak hazırlanmıştır.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Fehim FINDIK

Temmuz 1996

Nurullah Kıratlı'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "1015 Çeliğinin Değişik Kaynak Yöntemleri ile Oluşan Mekanik ve Mikroyapısal Durumunun incelenmesi" başlıklı bu çalışma, Jürimizce lisansüstü yönetmenliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.01./08./1996

Üye: ........Yrd.Doç.Dr.Fehim FİNDİK

İMZA

Üye: ........Doç.Dr.Ahmet.ÖĞÜR

İMZA

Üye: ........Yrd.Doç.Dr.Recep.KAZAN

İMZA

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 10.109/1996 gün ve ..011... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

  
İMZA  
Doç.Dr.F.İ.2

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

1015 ÇELİĞİNİN DEĞİŞİK KAYNAK YÖNTEMLERİ İLE OLUŞAN  
MEKANİK VE MİKROYAPISAL DURUMUNUN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Nurullah KIRATLI

DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

1996

ÖZET

Bu çalışmada, makina ve civata imalatında kullanılan 1015 çeliğinin mekanik ve mikroyapısal özelliklerinin incelenmesi için modern ve geleneksel metodlar kullanılarak kaynağı yapılmıştır. Geleneksel metodlardan elektrik ark kaynağı kullanılırken, modern usüllerden, Tig, Mag ve tozaltı metodları kullanılmıştır. Kaynak bölgesinin çeşitli noktalardaki, mekanik ve mikroyapı özellikleri incelenmiş ve sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Mekanik ve mikroyapı özelliklerini, modern metodlardan TIG ve MAG kaynakları sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Kaynak, Ç1015, Mikroyapı, Mekanik özellikler.

EXAMINING MECHANICAL AND MICROSTRUCTURE PROPERTIES OF 1015  
STEEL, USING DIFFERENT WELDING METHODS

(M.Sc. Thesis)

Nurullah KIRATLI

DUMLUPINAR UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

1996

SUMMARY

In this study, to gain optimum mechanical and microstructure properties, some conventional and modern welding methods are applied to AISI 1015 steel, which is used to make various machine parts and bolts. While electrical arc welding is used from the conventional welding methods; TIG, MAG and Underdusty methods are used from the modern methods. The mechanical and microstructural properties are investigated on the various points of heat affected zone and the results are compared to each other. TIG and MAG from the modern welding methods supplied mechanical and microstructure properties.

Key words: Welding, 1015 Steel, Microstructure, Mechanical properties.

## TEŞEKÜR

Tez konusunun tesbiti, deney parametrelerinin belirlenmesi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Değerli Hocam Sayın Yrd.Doç.Dr.Fehim FINDIK'a şükranlarımı sunarım

Deney çalışmalarında kıymetli fikirlerinden yararlandığım TÜPRAŞ teknik kontrol ve yerli imalat baş mühendisi A.Zafer ERGÜNE'e ve çalışanlarına, yine deney çalışmalarında imkanlarını sunan Fedaral Elektrik ve çalışanlarına, ayrıca okulumuz öğretim görevlilerinden Mücahit KAYA'ya ve tüm mesai arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
TEŞEKÜR .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xiv
1. GİRİŞ .....	1
2. ÇELİKLERİN KAYNAK YETENEĞİ .....	4
2.1. Karbonlu Çeliklerin Kaynağı .....	8
3. KAYNAK YÖNTEMLERİ .....	10
3.1. Elektrik Ark Kaynağı .....	10
3.1.1. Doğru akım arkının kararlılığı.....	11
3.2. Tig(Argon Ark) Kaynağı .....	13
3.2.1. Tig kaynağının çalışma prensibi .....	16
3.2.2. Tig kaynağının avantajları .....	17
3.2.3. Tig kaynağının dezavantajları .....	18
3.2.4. Tig kaynağında kullanılan torçlar ...	18
3.2.5. Tig kaynağında kullanılan elektrodlar .	21
3.2.6. Tig kaynağında kullanılan gazlar ...	22
3.2.7. Tig kaynağının kullanım alanları ....	24
3.3. Mig/Mag kaynağı .....	25
3.3.1. Mig/Mag kaynağında elektrod seçimi ..	29

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.3.2. Mig/Mag kaynağında kullanılan tel elektrodlar .....	30
3.3.3. Mig/Mag kaynağının kullanım alanları..	31
3.4. Tozaltı Kaynağı .....	32
3.4.1. Tozaaltı kaynağının kullanılan tozlar.	34
3.4.2. Kaynak tozlarının kimyasal bileşimle- rine göre sınıflandırılması .....	36
3.4.3. Tozaltı kaynak telleri .....	37
3.4.4. Tozaltı kaynak yönteminin üstün- lükleri .....	38
3.4.5. Tozaltı kaynağının dezavantajları ...	39
3.4.6. Tozaltı kaynağının uygulama alanları..	40
4.DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	41
4.1. Deneylerde Kullanılan malzemeler .....	41
4.1.1. 1015 çeliği (Ç 1015) .....	41
4.1.2. Kullanılan kaynak metodları .....	44
4.1.2.1. E 5132 C4 elektrodu .....	44
4.1.2.2. SG R1 elektrodu .....	44
4.1.2.3. SG2 teli .....	45
4.1.2.4. S1 teli .....	46
4.1.3. Kaynak işlemlerinin yapılması. ....	46
4.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması .....	47
4.2.1. Çekme deney numunelerinin hazırlanması.	47

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2.2. Sertlik deney numunesinin hazırlanması.	49
4.2.3. Radyografi deney numunesinin hazırlanması	51
4.2.4. Metalografi deney numunesinin hazırlanması	52
4.3. Mekanik Özelliklerin Tesbiti .....	54
4.3.1. Çekme deneyi .....	54
4.3.2. Sertlik ölçümleri .....	57
4.4. Mikroyapı Özelliklerin Tesbiti .....	58
4.4.1. Radyografi deneyi .....	58
4.4.2. Metalografi deneyi .....	61
5. TARTIŞMA (KARŞILAŞTIRMA) .....	67
5.1. Çekme Deney Sonuçlarına Göre Karşılaştırma ...	67
5.2. Sertlik Deney Sonuçlarına Göre Karşılaştırma ..	68
5.3. Radyografi Deney Sonuçlarına Göre Karşılaştırma	69
5.4. Metalografi Deney Sonuçlarına Göre Karşılaştırma	70
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	72
6.1. Sonuçlar .....	72
6.1. Çekme deney sonuçları .....	72
6.2. Sertlik deney sonuçları .....	72
6.3. Radyografi deney sonuçları .....	73



## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6.1.4. Metalografi deney sonuçları .....	73
6.2. Öneriler .....	73
KAYNAKLAR .....	75



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Kaynak kabiliyrtinin imal usulü, malzeme ve konstrüksiyon açısından ifadesi .....	5
2.2 ITAB'ın tane yapısı .....	6
2.3 Kaynak esnasında ısının tesiri altında kalan bölge .....	7
3.1 Elektrik ark kaynak donanımı blok şeması .....	13
3.2 Tig kaynağının çalışma prensibi .....	14
3.3 Tig kaynağı donanımı blok şeması .....	16
3.4 Tig torçları .....	20
3.5 Su soğutmalı bir tig torcunun kesit görünüşü ..	20
3.6 Mig/Mag kanağının donanım şeması .....	26
3.7 Mig/Mag kaynak yönteminde ark bölgesi .....	27
3.8 Tozaltı kaynak donanımının şematik olarak gösterilmesi .....	33
3.9 Tozaltı kaynak yönteminde kaynak bölgesi .....	35
4.1 Kaynak işleme hazırlanan esas malzeme .....	42
4.2 Kaynaklı parçalarda kaynak sağlamlığının kontrolü için hazırlanan çekme numunesi .....	48
4.3 Yük-Uzama diyagramı .....	49
4.4 Sertlik deney numunesi .....	50
4.5 Rocwell sertlik ölçümü .....	51
4.6 Radyografi deney numunesi .....	53
4.7 Radyografi deney düzeneğinin şematik olarak gösterilmesi .....	53

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.8 Metalografik deney numunesi .....	54
4.9 Elektrik ark kaynağının radyografik yapısı ....	59
4.10 Tig kaynağının radyografik yapısı .....	59
4.11 Mag kaynağının radyografik yapısı .....	60
4.12 Tozaltı kaynağının radyografik yapısı .....	60
4.13 Metalografisi çekilecek deney numunesi .....	61
4.14 Elektrik ark kaynağının metalografik yapısı ...	62
4.15 Tig kaynağının metalografik yapısı .....	63
4.16 Mag kaynağının metalografik yapısı .....	64
4.17 Tozaltı kaynağının metalografik yapısı .....	65

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1	Dört kaynatılabilir çeliğin bileşim oranları.. 8
3.1	Tig kaynağında tungsten elektrodların sınıflandırılması ..... 23
3.2	Dört kaynak tozunun kimyasal bileşimi ..... 37
4.1	Ç 1015'in sabit spektrometre analizi ..... 41
4.2	E 5132 C4 elektrodunun kimyasal bileşimi .... 44
4.3	SG R1 telinin tipik bileşimi ..... 45
4.4	SG2 telinin tipik bileşimi ..... 45
4.5	S1 telinin tipik bileşimi ..... 46
4.6	Çekme deney numunesinin hazırlanması ..... 47
4.7	Elektrik ark kaynağı çekme deney sonuçları .. 55
4.8	Tig kaynağı çekme deney sonuçları ..... 55
4.9	Mag kaynağı çekme deney sonuçları ..... 56
4.10	Tozaltı kaynağı çekme deney sonuçları ..... 56
4.11	Elektrik ark kaynağı sertlik değeri verileri. 57
4.12	Tig kaynağı sertlik değeri verileri ..... 57
4.13	Mag kaynağı sertlik değeri verileri ..... 58
4.14	Tozaltı kaynağı sertlik değeri verileri ..... 58
5.1	Kaynak metodlarının çekme deney sonuçlarına göre karşılaştırma tablosu ..... 67
5.2	Kaynak metodlarının sertlik değeri karşılaştırma tablosu ..... 68

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
$\Delta l$	Uzama
Fmx	Kuvvet
$\sigma_{\phi}$	Çekme mukavemeti
Fk	Kopma kuvveti
$\sigma_k$	Kopma mukavemeti

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
MKE	Makina Kimya Endüstrisi
KOSGEB	Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
SEGEM	Sanai Eğitim ve Geliştirme Merkezi
ITAB	İsının Tesiri Altında Kalan Bölge
TİG	Tungsten İnert Gas
MİG	Metal İnert Gas
MAG	Metal Aktive Gas
IIW	International Institute of Welding
IIS	Institute International de la Soudure
TS	Türk Standartları Enstitüsü
DIN	Deutsche Industrie Norm
AWS	American Welding Society

## 1. GİRİŞ

Çağımızda bilim ve teknolojinin gelişmesi, kullanılan malzeme çeşidini arttırmakta ve uygulama alanlarını da geliştirmektedir. Bu durumda gerek yeni kaynak yöntemlerinin keşfini ve gerekse mevcut kaynak yöntemlerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde her dalda olduğu gibi kaynak alanında da araştırma ve geliştirme çalışmaları birinci dünya savaşı yıllarına kadar uzanmaktadır. İnsan oğlunun mücadelecisi yapısı, bu kaynak yöntemiyle yetinmeyip yeni kaynak yöntemi arayışı içine girmiş ve bu konuda da başarılı olmuştur. 1900'li yılların başlarında elektrik ark kaynak yöntemi, 1930'lu yıllarda tozaltı kaynak yöntemi, 1945'li yıllarda gazaltı kaynak yöntemi ve buna mütakip diğer kaynak yöntemleri konusunda hızla ilerleyen ülkelere ayak uydurabilmek için, ülkemizde de kaynak yöntemleri konusunda son yıllarda gerek eğitim gerekse uygulama açısından büyük ilerlemeler kaydedilmektedir (Anık, 1982).

Elektrik ark kaynağı birinci dünya savaşı yıllarından itibaren dünya ülkelerinde kullanılmakta idi. Diğer kaynak metodlarının gelişmesine rağmen, elektrik ark kaynak metodu birinci dünya savaşı yıllarında kullanıldığı kadar olmasa da günümüzde geniş kullanım alanına sahiptir (Anık, 1993).

İlk defa 1933 yılında A.B.D.'de kullanılmaya başlanan tozaltı kaynak yöntemi, 1937'den itibaren büyük gelişme

kaydederek Avrupa'da uygulama alanına girmiştir. Günümüzde çeşitli türde çeliklerin kaynağı için çok elverişli olan tozaltı kaynak yöntemi kazan, profil, gemi, basınçlı kap üretimi ve doldurma işlemlerinde yoğun bir biçimde kullanılmaktadır.

Gazaltı kaynak yöntemi, tozaltı kaynak yönteminden sonra bulunmuş ve uygulama alanına girmiştir. İlk defa 1948 yılında A.B.D'de "Linde Air Products Company" firması tarafından bulunmuştur. Gazaltı kaynağında kullanılan gazlar itibariyle iki ayrı kaynak gibi gözükmektedir. Bu kaynaklarda kullanılan koruyucu gaza göre isimlendirilmektedir. Koruyucu gaz olarak argon, helyum ve karbondioksit gazları kullanılır. Bu kaynak yöntemi alüminyum ve alaşımları, bakır ve alaşımlarının kaynağında geniş kullanma alanına sahiptir. Kaynağın geniş kullanım alanına sahip olmasındaki sebep curufsuz bir kaynak dikişi eldesidir (Creswell, 1971)

Üretimin hemen her kademesinde yarı ürün ve ürünlerde, üretimin yanlış ve yetersiz biçimde yürütülmesi sonucu bazı hatalar oluşmaktadır. Yüzey ve iç kısımlarda oluşan bu hatalar malzemenin statik ve dinamik yük altındaki davranışlarını etkileyerek arzu edilen mukavemet özelliklerinin elde edilmemesine neden olmaktadır. Hataların üretim sürecinde yok edilmesi veya en asgari seviyeye indirilerek istenen mukavemet özelliklerinin sağlanması, üretimin her kademesinde sıkı bir denetimden geçirilmesiyle mümkündür. Denetimin etkin bir biçimde yapılabilmesi için deney ya-

pılan malzemenin tahribatı ile sonuçlanan "Mekanik deneyler" in yanında tahrip edilmeden hataların izlenmesini ve değerlendirilmesini sağlayan "Tahribatsız deneyler" in de kullanılması gerekmektedir.

Üretim esnasında, ürünlerin istenilen özelliklerde üretiminin yapıldığını anlayabilmek için belirli aralıklarla, belirli aşamalar da kontrol etmek gerekir. Kontrol ederken, ürünün kalitesinde ve zayıfında kullanılan muayene yönteminin çok büyük etkisi vardır.

Bu çalışmanın amacı, 1015 çeliğine uygulanan dört kaynak yönteminin mekanik ve mikroyapı özelliklerinin belirlenmesidir.



## 2. ÇELİKLERİN KAYNAK YETENEĞİ

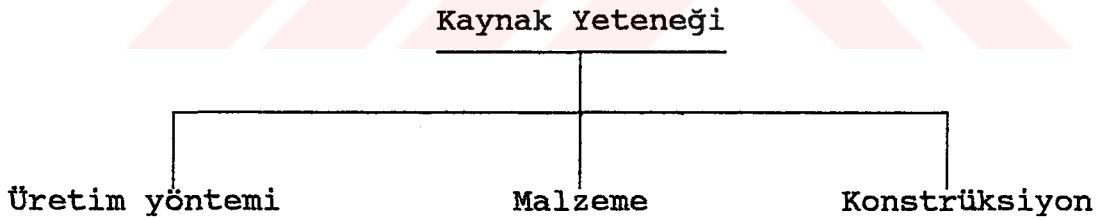
İmalat tekniğinde gaye, yalnız malzemelerin birleştirilmesi ile elde edilmesi değildir. Aynı zamanda birleştirilen parçanın çalışma şartlarında bozulmaması ve görevini yerine getirmesi gerekir. Bu sebepten, kaynaklı bağlantılardan da bazı esasları yerine getirmesi istenir. Söz konusu esasların gerçekleşme derecesi, kaynaklanan malzemenin "Kaynak Yeteneği" olarak değerlendirilir(Anık, 1991).

Kaynağı yapılan metal ve alaşımlar, pek az istisna ile bütün kaynak yöntemlerinde kaynak yerinin erimeye yakın bir sıcaklığa kadar ısıtılmak mecburiyetindedir. Burada kaynak tekniğinde kullanılan ısı mabainin tatbik edilen kaynak yöntemine göre değiştiğini unutmamak gerekir. Diğer taraftan metallerin yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılması nedeniyle malzemelerin gerek kaynak bölgelerinde gerekse kaynağa komşu bölgelerde, kimyasal ve metalurjik pek çok değişme olmaktadır(Ruge, 1980).

Tecrübeli bir kaynakçı, hatasız bir kaynak yapmanın imkansız olduğunu gayet iyi bilir. Bazı malzemeler için mesela düşük karbonlu çeliklerin kaynağında hiçbir güçlük olmamasına rağmen, hatasız bir kaynak kalitesinin sağlanması bakımından özel tedbirlere ihtiyaç vardır. Bu durumlarda kaynak yeteneğinden bahsedilir. Kaynak yeteneği Milletlerarası Kaynak Enstitüsü (IIW-IIS) kaynak yeteneğini şöyle tarif eder; "Bir metalik malzeme, verilen bir usül ile bir

maksat için bir dereceye kadar kaynak yapılabilir. Uygun bir usül kullanarak metalik bağlantı elde edildiği zaman bağlantı yerel özellikleri ve bunların konstrüksiyon bakımından tayin edilmiş bulunan şartları sağlamalıdır" (Anık, 1983). Yapmış olduğumuz tariftende anlaşılacağı gibi kaynak yeteneği yalnız malzemeye bağlı bir özellik değildir. Kaynak yeteneği, kaynak yöntemine ve konstrüksiyona bağlı bir olaydır. Kaynak yeteneği deneyinde kaynağa elverişlilik konstrüksiyon, kaynak emniyeti ve imalatta kaynak yapabilmek gelir. Kaynak yeteneği imal usülü, malzeme ve konstrüksiyon açısından ifadesi şekil 2.1'de gösterilmiştir.

Bu çelik KOGEB (Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı) de sabit spektrometre analizi yaptırılmıştır. Analiz sonucu çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

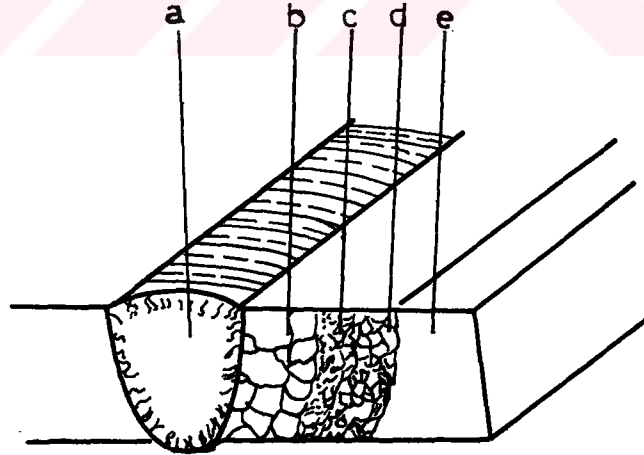


Şekil 2.1. Kaynak yeteneği imal usülü, Malzeme ve konstrüksiyon açısından ifadesi

Endüstride geniş kullanma alanları sebebiyle çelik malzemelerin kaynak bölgelerinin incelenmesi gerekir. Kaynak bölgeleri genel olarak iki kısma ayrılır. Bunlar ergiyen bölge ve ısının tesiri altında kalan bölgedir (Anık ve Dikiçioğlu, 1986).

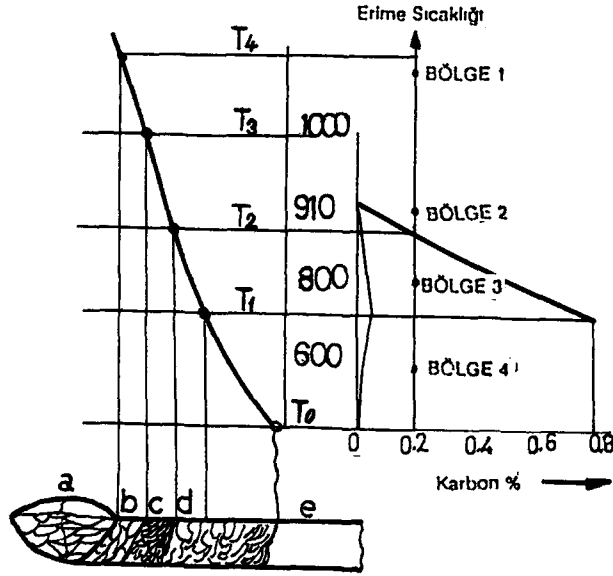
Kaynak banyosunda meydana gelen türbülans dolaylı, karışmadan önce iyice birbirine karışmış esas ve kaynak metalinden ibarettir. Bu karışımda esas metalin kaynak metaline oranı, kaynak yöntemine ve ağız biçimine bağlıdır. Belirli bileşim ve miktarlardaki kaynak metali karışımından oluşan ergiyen bölgenin hesaplanan bileşimi, kimyasal analiz neticeleri ile aynı değildir. Çünkü bazı elamanlar kaynak sırasında yanmakta ve kaybolmaktadır. Bu elamanların yanma dereceleri, kaynak yerini çevreleyen atmosfere ve kaynak yöntemine bağlıdır(Anık, 1983).

Isının tesiri altındaki bölge, ergiyen bölgenin esas metal ile birleştiği kısımdan itibaren yaklaşık olarak 1400 ila 1200°C arasında bir sıcaklığın etkisi altındaki bölgedir (şekil 2.2). Bu bölgedeki sıcaklık dağılımı kaynak şartlarına bağlı olarak değişmektedir(şekil 2.3).



Şekil 2.2. ITAB'ın tane yapısı değişimi (Anık'dan, 1991)

a- Kaynak metali, b, c ve d- ITAB, e- Esas metal



Şekil 2.3. Kaynak esnasında ısının tesiri altında kalan bölge (Anık'dan, 1991)

Yukarıdaki şekil 2.2 de verilen ısının tesiri altındaki bölgenin (ITAB)tane yapısı değişimlerini açıklayalım:

Kaynak metal, kaynak işlemi sırasında bağlantının enine kesitidir. Bu kısım yalnız esas metal veya esas metal ile kaynak metalinin karışımından oluşur. Bu bölge kaynak esnasında  $1400-1200^{\circ}\text{C}$  arasındaki sıcaklığa maruz kalan bölgedir. Bu bölge şekil 2.2'de a harfi ile gösterilmiştir.

Isının tesiri altında kalan bölge; Kaynak işlemi esnasında ısıdan dolayı iç yapı ve özellik bakımından değişikliğe uğrayan ve kaynak metaline bitişik esas metale ait bölgedir. Bu bölge şekil 2.2'de b, c ve d harfleri ile gösterilmiştir.

Kaynak bölgesi; Ergiyen ve ısının tesiri altındaki bölge-lerin toplamından oluşan bölgedir.

Esas metal; Kaynak esnasında ısıdan etkilenmeyen bölgedir şekil 2.2'de bu bölge e harfi ile gösterilmiştir.

## 2.1. Karbonlu Çeliklerin Kaynağı

Uluslararası kaynak enstitüsü (IIW-IIS), konstrüksiyon çeliklerinin ark kaynağı ile birleştirmenin sağlanabilmesi için bu çeliklerin sahip olması gerekli asgari koşulları tanımlayan tavsiyeleri verilmiştir. Bunlar kaynaklı birleştirme tirmelerde yeterli bir kalite elde etmek için bileşim ve sac kalınlıkları bakımından getirilmesi mümkün sınırlamalardan bahsedilmektedir (Oğuz, 1987). Tavsiyeleri dört tip kaynatılabilir karbonlu çelikler ele alınmıştır. Çizelge 2.1'de çeşitli kaynatılabilir çeliklerin azami değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Çeşitli kaynatılabilir çeliklerin bileşim oranları (Oğuz'dan, 1987).

	A	B	C	D
C	0.25	0.20	0.20	0.20
Mn	—	1.5	1.5	1.5
Si	—	0.6	0.6	0.6
S	0.06	0.05	0.05	0.05
P	0.08	0.06	0.06	0.05

Yukarıdaki çizelgede görüldüğü gibi A tipi çelik önemli olmayan ve çok hafif zorlamalara maruz konstrüksiyonlarda kullanılır. B tipi çelik normal zorlamalar içindir. Zorlama denilince dışarıdan konstrüksiyona gelen kuvvetlere karşı kaynak gerilmelerinin toplamı anlaşılmalıdır. C tipi çelik ise ıslah edilmiş kalitede, çentiğe dayanıklı çelik-

ler olup gevrek kırılma tehlikesinin önemli olduğu konstrüksiyonlarda kullanılır. Gevrek kırılmaya maruz konstrüksiyonlar, şekilleri imal ve kullanma koşulları itibariyle yüksek bir rijitlik ve devamlılığın bozulması ihtimallerini arz eden konstrüksiyonlar olup bu rijitlik ve devamlılığın bozulması, çalışma sıcaklıklarında gevrek kırılmalara sebep olabilir. D tipi ise yüksek kaliteli, çentiğe dayanıklı ve gevrek kırılma tehlikesinden özellikle korkulduğu konstrüksiyonlarda kullanılacak çeliktir(Oğuz, 1987).



### 3. KAYNAK YÖNTEMLERİ

#### 3.1. Elektrik Ark Kaynağı

Kaynak tatbik edileceği malzeme çeşidine göre ele alınır. Metalik malzemeye ilave metal kullanarak veya kullanmaksızın ısı veya basınç etkisiyle birleştirilmesidir.

Parçalarda kaynaklı birleştirmelerin öneminin anlaşılabilmesi için, diğer imal usulleriyle mukayese edilmesi gerekir. Her ne kadar her usulün üstün olduğu sahalar varsa da, birlikte çok yakın oldukları sahada vardır. İmalat tekniğinde gaye, yalnızca malzemelerin birleştirilmesiyle parça elde edilmesi değildir. Aynı zamanda kaynağı yapılan parçanın çalışma şartlarında bozulmaması ve görevini yerine getirmesigerekir. Bu sebepten dolayı kaynaklı bağlantılardan da bazı esasları yerine getirmeleri istenir. Söz konusu esasların gerçekleşme derecesi, kaynağı yapılan malzemenin "Kaynak Kabiliyeti" olarak değerlendirilir (Oğuz, 1986).

Kaynak edilen metal ve alaşımlar, uygulamada pek az istisna ile bütün kaynak usüllerinde kaynak yerinin erimeye yakın bir sıcaklığa kadar ısıtılmak zorundadır. Burada kaynak tekniğinde kullanılan ısı membainın, kaynak usülünde etkili olduğunu unutmamak gerekir. Malzemenin yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılmasındaki amaç, olumsuz etkileri ortadan kaldırarak gerek kaynak bölgelerinde, gerekse kaynağa komşu bölgelerde, kimyasal ve metalurjik pek çok değişme olmaktadır. Tecrübeli bir kaynakçı, tamamıyla hatasız bir bir kaynak yapmanın her türlü çelikte imkansız olduğunu iyi

bilir. Bazı malzemeler için hiç bir güçlük olmamasına rağmen, hatasız tatminkar bir kaynak kalitesinin sağlanması bakımından özel tetbirlere ihtiyaç vardır. İşte bu durumlarda kaynak kabiliyetinden bahsedilir. Kaynak kabiliyeti milletlerarası kaynak enstitüsü (IIW-IIS) kaynak kabiliyetini şöyle tarif etmiştir;

"Bir metalik malzeme, verilen bir usül ile bir maksat için bir dereceye kadar kaynak yapılabilir. Uygun bir usül kullanarak metalik bağlantı elde edildiği zaman bağlantı yerel özellikleri ve bunların konstrüksiyon bakımından tayin edilmiş bulunan şartları sağlamalıdır". Yukarıda yapmış olduğumuz tarifden de anlaşılacağı gibi kaynak kabiliyeti yalnız malzemeye bağlı bir özellik değildir. Kaynak kabiliyeti kaynak usülüne ve konstrüksiyona bağlı bir olaydır. Kaynak kabiliyeti deneyinde kaynağa elverişlilik, konstrüksiyon, kaynak emniyeti ve imalatta kaynak yapabilme gelir. Kaynak kabiliyetinin imal usulü, malzeme ve konstrüksiyon açısından ifadesi şekil 3.1'de gösterilmiştir (Anık, 1983).

### 3.1.1. Doğru akım arkının kararlılığı

Metalsel bir arkın sabit gerilim altında çalışma kararlılığını sağlamak için yeterli bir direnç seri olarak bağlanmakta ve çok defa dirence, akımın hızlı değişmelerine karşı koyacak bir self ilave etme zorunluluğu hasıl olmaktadır. Arkı oluşturmak için iki elektrod arasında kısa devre yapılmakta ve böylece katodik kızgın lekenin teşekkülü sağlanmaktadır. Kaynak edilecek parçalar çok defa



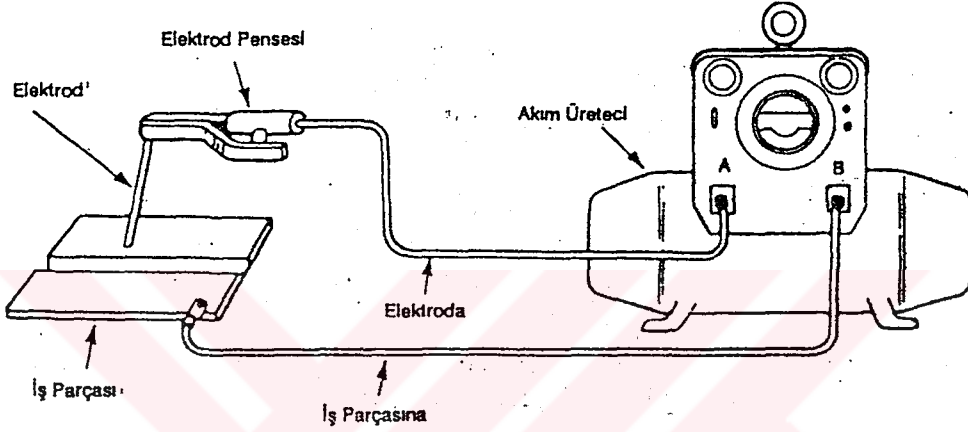
yağ, pas ve boya gibi yabancı maddelerle örtülü olduğundan arkın kolayca teşekkülü için, başlangıçta çalışma esnasındaki nazaran daha yüksek bir besleme gerilimine ihtiyaç vardır. Gerilim doğru akımda 40 ila 70 volt arasında bulunmaktadır. Böylece arkın teşekkülü sırasındaki akım şiddeti, çalışma sırasındaki akım şiddetinden daha büyük olmaktadır (Ruge, 1980).

Ark kızgın bir katotdan yayılan elektronların, yüksek bir hızla anodu bombardıman etmesi neticesinde oluşmaktadır. Bu bombardıman nötr moleküllerin, iyonize olmasına neden olduğundan kuvvetli bir sıcaklık yükselmesi ortaya çıkar. Böylece elektrik enerjisi ısı enerjisine dönüşür. Son yapılan araştırmalara göre arktaki toplam enerjinin % 85'i ısı % 15'i de ışık enerjisine dönüşmektedir. Uygulamada kullanılan kaynak arkının gücü 0.3 ile 160 KW; Isı eşdeğeri ise 70 ile 40000 Cal/san arasında değişmektedir. Arkın oluşturduğu ark huzmesinin ısı enerjisi katodik leke (negatif elektrodun ucundaki kızgın nokta) ve anodik krater (pozitif elektrodun ucundaki krater şeklindeki oyuk) arasında dağılır. Kararlı bir arka ark huzmesi tarafından üretilen ısı ile ark aralığı tarafından etrafa verilen ısı eş miktardır (Oğuz, 1986).

Elektrik ark kaynağı esnasında metallerin erime miktarı, arkın gücüne (sabit kaynak hızlarında) bağlıdır. Arkın gücü denilince, ark gerilimi ve akım şiddeti sözkonusudur. O haddede düzgün bir kaynak yapabilmesi için, ark geri-

liminin sabit tutulması lazımdır. Ark geriliminin sabit kalması, arkın kararlılığı olarak adlandırılmaktadır (Anık, 1980).

Elektrik ark kaynak donanımı şematik olarak şekil 3.1 de görülmektedir.



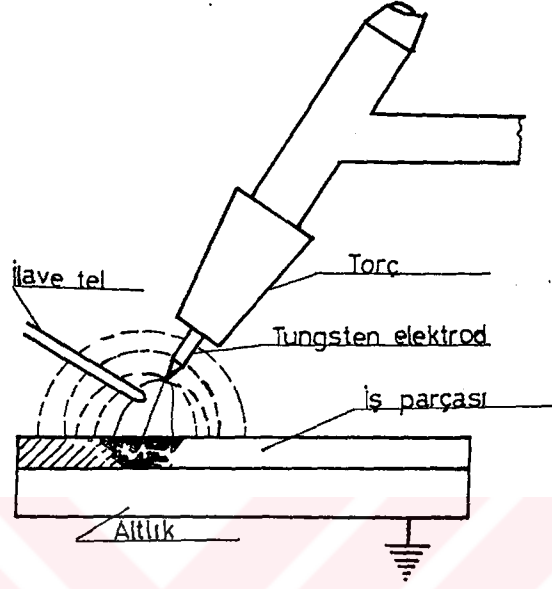
Şekil 3.1. Elektrik ark kaynak donanımı blok şeması (Anık'dan, 1991)

### 3.2. Tig (Argon Ark) Kaynağı

Tig kaynak metodun da, koruyucu gaz olarak argon gazı kullanıldığından argon ark kaynağı diye de isimlendirilmektedir. Tig ismi ingilizceden "Tungsten İnert Gas Welding" kelimelerinin baş harfleri alınarak oluşturulmuştur. Ayrıca Almanca da wolfram yine tungsten anlamına geldiğinden Almanya da Tig kaynak metodu Wig olarak da adlandırılır.

Tig kaynak metodu, 1940-1944 yıllarında A.B.D'de özellikle hava ve uçak sanayinde alüminyum ve magnezyum gibi hafif metal alaşımlarının kaynağı için geliştirilmiş olan

bir kaynak metodudur. Tig kaynağının çalışma prensibi Şekil 3.2' de görülmektedir (Gürcan, 1987).



Şekil 3.2. Tig kaynağının çalışma prensibi

Tig metodunda kaynak için gerekli ısı, ergimeyen tungsten elektrod ile iş parçası arasında oluşturulan elektrik arkından meydana gelmektedir. Kaynak esnasında ark bölgesine argon gazı gönderilerek korunur. Dolgu teli kaynak yapılacak malzeme kalınlığına ve ağız formuna göre kullanılır.

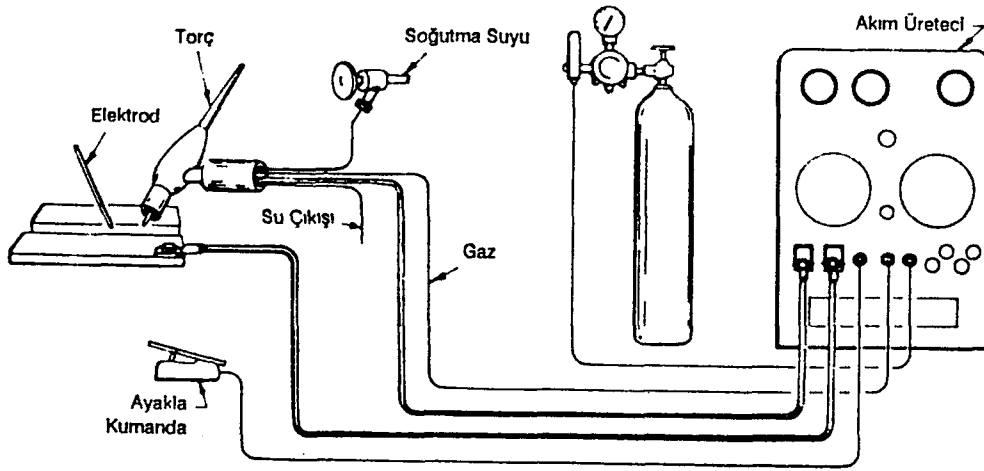
Tig kaynak metodu geniş kullanım alanına sahiptir. bazı özel çeliklerin kaynağında kullanılabildiği gibi daha çok demir dışı metallere her pozisyonda kaynağı yapılabilmektedir. Tig kaynağı ince metallere kaynağında çok daha başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Tig kaynağında kaynak banyosu kaynakçı tarafından rahatça ve net bir şekilde

görülür. Curuf tabakası meydana gelmez dolayısıyla curuf temizleme ve curuf kalıntısı olayı yoktur. Dolgu teli kullanılmadan kaynak ağız kenarları ergitilerek kaynak yapılabildiği gibi dolgu teli kullanılarak da kaynak yapma imkanı vardır. Dolgu teli kaynak banyosuna yandan verildiğinden sıçrama problemi yoktur.

Bu metod ilk kullanılmaya başlandığı yıllarda A.B.D'leri doğru akımda, elektrod pozitif kutba bağlanarak kaynak yapılmaya çalışılmıştır. Bu durumda elektrod aşırı ısınmaya maruz kalmış ve kaynak dikişine tungsten elektrod parçalarının geçmesi problemi görülmüştür. Bu problem daha sonra tungsten elektrodun negatif kutba bağlanması ile giderilmiştir. Tig kaynağı 1950'den itibaren gittikçe önem kazanarak Amerikan kaynak cemiyetinin klasifikasyonları arasında yer almıştır(Sadtler, 1971).

Tig kaynağı için gerekli olan bazı elemanlar şöyle sıralanabilir:

1. Kaynak makinası,
2. Koruyucu gaz sistemi,
3. Bağlantı kabloları,
4. Torç,
5. Tungsten elektrod.



Şekil 3.3. Tig kaynağı donanımı blok şeması  
(Gürcan'dan,1987)

Genel olarak Tig kaynağında saydığımız elemanlar kullanılmasına rağmen gerektiğinde (ihtiyaç duyulur ise) aşağıda sayacağımız elemanlar da kullanılmaktadır.

1. Su sirkülasyon sistemi (Yüksek amper seviyesinde çalışırken su soğutmalı torçlar için),
2. Ayak pedalı (Kaynakçı dolgu teli kullandığı zaman akım ayarı için),
3. Tel besleme ve ilerleme cihazı (Otomatik kaynak için),
4. Yüksek frekans cihazı (Alternatif akımda yapılan kaynaklar için).

### 3.2.1. Tig kaynağının çalışma prensibi

Bu kaynak metodun da gerekli ısı, elektrod ile kaynak edilecek bölge arasında oluşturulan arkta sağlanır. Kullanılan elektrodlar ergimeyen tipteki tungsten elektrod -

lardır. Bu elektrodlar saf veya tungstenin zirkonyum ile alaşımıdır. Ergiyik haldeki kaynak banyosu ısıdan etkilenen bölge ve tungsten elektrod torç kanalları ile gönderilen koruyucu gaz ile korunur. Ark iyonize haldeki gaz içerisinde meydana gelir. Bu durumda koruyucu asal gaz elektron kaybeder ve pozitif olarak yüklenir ve iyonize olur. Ark alanı içerisindeki bu iyonlar pozitif kutuptan negatif kutba doğru, elektronlar ise negatif kutuptan pozitif kutba doğru hareket ederler. Ana metal ve dolgu teli ark sıcaklığı ile ergitilerek kaynak işlemi gerçekleştirilir.

Tig kaynağında arkın oluşturulması hem doğru akımda, hem de alternatif akımda oluşturulabilir.

Doğru akımda yüksek frekans devresi yoksa elektrod hafifçe iş parçasına dokundurulur ve ark oluşturulur.

Alternatif akımda Tig metodunda alternatif akım kullanılıyor ise arkın oluşturulması yüksek frekans devresi sayesinde sağlanır ve kaynak işlemi süresince yüksek frekans devresi kesilmez ve devamlı devrede kalır (Anık, vd., 1993).

### 3.2.2. Tig kaynağının avantajları

1. Sanayide kullanılan bütün metallerin kaynağın da kullanılır,
2. Kaynak kabiliyeti zayıf olan, bronzlar, titanyum alaşımları, zirkonyum gibi malzemeler gözeneksiz

- olarak kaynak yapılabilir,
3. Diğer kaynaklarda olduğu gibi sıçrama problemi yoktur,
  4. Curufsuz bir kaynak dikişi elde edildiğinden kaynak sonrası temizliğe gerek yoktur,
  5. Dolgu teline her zaman ihtiyaç olmaz,
  6. Her pozisyonda rahatça kaynak yapılabilir,
  7. Kaynak banyosu kaynakçı tarafından rahatlıkla görülür,
  8. Çok ince saçların çarpılma olmadan kaynağını yapmak mümkündür,
  9. Kaynak hızı yüksektir.

### 3.2.3. Tig kaynağının dezavantajları

1. Kaynak hızı diğer kaynak yöntemlerine nazaran relatif olarak yavaştır,
2. Tungsten elektrodun ucu dikkat edilmez ise bozulur,
3. Kalın metallerin kaynağı için elverişli bir metod değildir,
4. Arkın her türlü hava tesirinden korunması gerekir çünkü koruyucu gaz arkı gerektiği gibi koruyamaz.
5. İlk yatırım maliyeti çok yüksektir.

### 3.2.4. Tig kaynağında kullanılan torçlar

Tig metodun da kullanılan torçlar, uygulamada kullanılacağı yere uygun çeşitli büyüklüklerde imal edilmekte-

dir. İş yeri tedbir olarak çeşitli torçları bulundurmadaki amacı işlerin aksamaması içindir. Torç arkı oluşturmak için gerekli olan akımı ve kaynak banyosunu havanın kötü tesirinden koruyan ve asal gazı iletme vazifesini görür. Torçları iki grubda toplamak mümkündür:

- a. Hava soğutmalı torçlar,
- b. Su soğutmalı torçlar.

Hava soğutmalı torçlarda hava yerine asal gazda soğutma için kullanılır. Bu nedenle torçlara "Gaz soğutmalı-torçlar" denir. Su soğutmalı torçlara göre daha hafif, küçük ve ucuzdur. Bu üfleçler ince metallerin kaynağında kullanılır(Anık, vd.,1980).

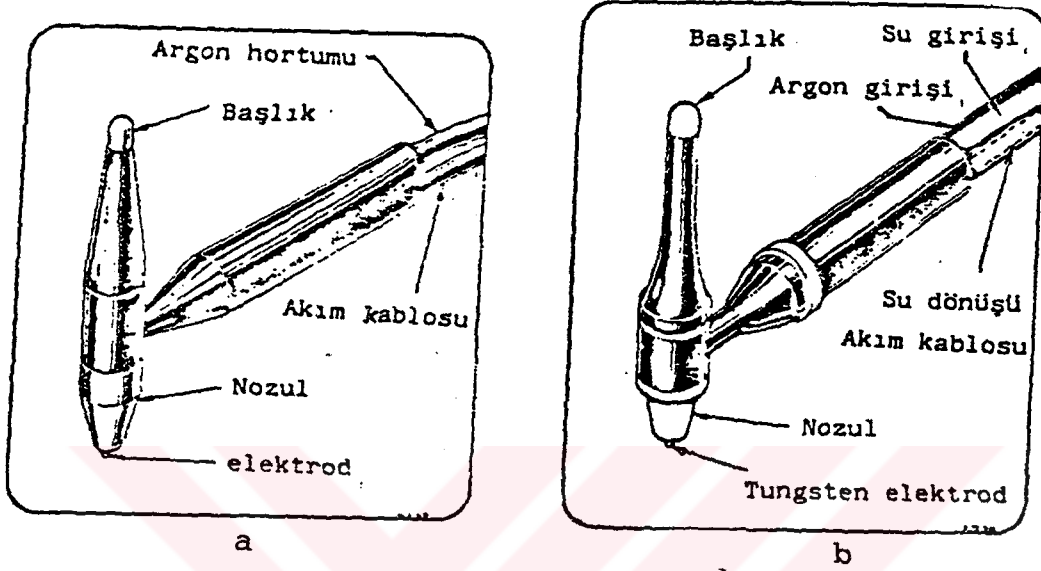
Su soğutmalı üfleçler ise daha ağır ve pahalıdır. 500 ampere kadar kullanılması ile beraber hatta daha yüksek amper seviyelerinde de kullanılır. Dolayısı ile torçlar dizayn durumlarına göre değişik şekillerde ve ağırlıklarda kullanılmaktadır. Tig torçları normal tip hava gaz soğutmalı, su soğutmalı normal tip ve su soğutmalı kalem tip torçlar olarak çeşitlere ayrılmaktadır. Sıralamış olduğumuz bu torçlardan bazılarının şekilleri ve kesit görünüşleri ile ilgili resimleri şekil 3.4 ve 5'de görülmektedir.

Kaynakda kullanılan gaz nozulları torçun kapasitesine, hava soğutmalı olmasına göre değişik malzemelerden yapılmış olanları da vardır. Başlıca dört gurup nozul vardır;

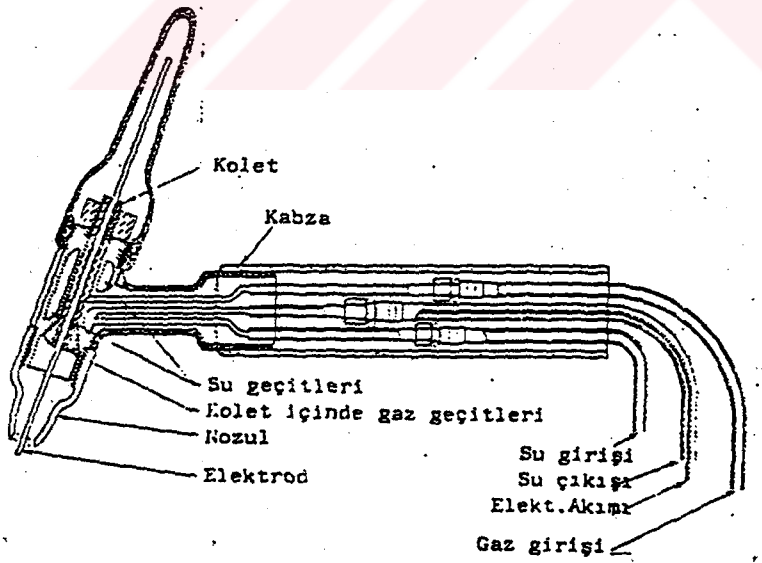
1. Metal tip nozullar,



2. Seramik tip nozullar,
3. çift korumalı nozullar,
4. şeffaf tip nozullar.



Şekil 3.4. TIG torçları a) Normal tip hava soğutmalı torç, b) Su soğutmalı normal tip torç (Gürcan'dan, 1987)



Şekil 3.5. Su soğutmalı bir TIG torcunun kesit görünüşü (Gürcan'dan, 1987)

Metal tip nozullar daha ziyade yüksek akım seviyelerinde su soğutmalı torçlarda kullanılır.

Seramik nozullar kırılğan olmalarına rağmen, ucuz olmalarından dolayı sanayide enfazla kullanma alanına sahip nozullardır.

Çift korumalı nozullar özel metallerin kaynağında kullanılırlar. Kullanım alanı yaygın değildir.

Şeffaf nozullar ise silisten elde edilmişlerdir. Şeffaf olmaları nedeni ile ark bölgesinin takip edilmesi daha iyidir. Bu nedenle kaynakçı tarafından şeffaf nozullar tercih edilir (Cresswell, 1971).

### 3.2.5. Tig kaynağında kullanılan elektrodlar

Tig kaynağında kullanılan elektrodlar ergimeyen elektrodlardır. Bu elektrodlar saf tungsten veya tungsten alaşımlarından yapılmaktadır. Tig kaynağı için beş tip elektrod vardır. Tig kaynak elektrodları kimyasal analizlere göre sınıflandırılırlar ve değişik renklerle boyanırlar. Alaşımlandırılmış tungsten elektrodlar şu özellikleri sağlamaktadır;

1. İyi bir elektrod emisyonu meydana getirir,
2. Alaşımsız elektrodlara nazaran alaşımlı elektrodlar % 25 daha fazla akım şiddetiyle yüklenirler,
3. Alaşımlı elektrodların ömürleri daha uzundur,
4. Alaşımlı elektrodların sarfiyatı, alaşımsız elektrodların sarfiyatına nazaran % 50 daha azdır.

Toryum ile alaşımlandırılmış eletrodlar, kısa bir kullanmaya mütakip uçlarında meydana gelen tırtıllarla tanınır. Elektrodların çaplarına uygun olarak imalatçı tarafından verilen akım şiddetleri bilhassa korunmalıdır. Aşırı yüklenme, kuvvetli bir ısınmaya sebebiyet verdiğiinden elektrod ucu erimeye başlar. Elektrodun ucunda oluşan sıvı tungsten damlasının titreşimi kararsız bir arkın teşekkülüne sebep olur. Diğer taraftan az akım şiddeti ile yüklenen elektrodlarla, elektrodun ucundaki katodik leke bütün yüzeyi doldurmaz (Mısır, 1991).

Amerikan kaynak cemiyetine (AWS) göre tungsten elektrodların sınıflandırılması çizelge 3.1'de görülmektedir. Tungsten elektrodlar genellikle 76-610 mm arasında bir uzunlukta ve 0.25-6.4 mm arasında bir çaptadır.

### 3.2.6. Tig kaynağında kullanılan koruyucu gazlar

Tig kaynağında kullanılan koruyucu gazlar argon ve helyum soygazlarıdır. Bu gazlar gerek doğru akımda gerekse alternatif akımda iyi bir kaynak kararlılığı sağlar. Bu gazlar tek tek kullanılabilirdiği gibi karışım olarak da kullanılabilir. Tig kaynağı, argon ve helyum gazlarının pahalı olması nedeni ile pek tercih edilmez.

Tig kaynağında kullanılan koruyucu gazlar tungsten elektrodu ve kaynak banyosunu havanın kötü tesirlerinden korur. Kaynaklarda kullanılan koruyucu gazın saflığı da kaynak kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir.

Çizelge 3.1. Tig kaynağında tungsten elektrodların sınıflandırılması (Oswald'dan, 1982)

AWS Sınıflandırma	Tungsten % (min)	Toryum %	Zirkonyum %	Diğer elem. top. (mx %)
EWP	99.5	--	---	0.5
EWTh-1	98.5	1.02	---	0.5
EWTh-2	97.5	1.95	---	0.5
EWTh-3(a)	98.95	0.45	---	0.5
EWZr	99.2	--	0.15-0.40	0.5

Argon gazı havadan ağır bir gazdır. Özgül ağırlığı  $1.781 \text{ kg/m}^3$  dür. Argon gaz olarak veya sıvılaştırılarak piyasaya sürülür. Bu gaz 150-180 Atmosfer basınç ile doldurularak nakledilir. Argon gazının, helyum gazına nazaran üstünlükleri:

1. Sessiz ve düzenli bir ark sağlar,
2. Oksit temizleme özelliği vardır, alüminyum ve magnezyum kaynağında tercih edilir,
3. Piyasada bol miktarda bulunur, maliyeti düşüktür,
4. Farklı metallerin kaynağında kullanılmaktadır,
5. Ark esnasında voltaj daha düşüktür.

Helyum gazının özgül ağırlığı  $0.1784 \text{ kg/m}^3$  olan, havadan hafif ve tabii gazların ayrıştırılması sonucu elde edilen bir gazdır. Helyum gazı piyasaya basınçlı tüpler içerisinde sürülür. Havadan hafif olması dolayısı ile bu gaz kaynak bölgesinden çabuk dağılır. Helyum gazının bir diğer dezavantajıda az bulunması ve pahalı olmasıdır. Helyum gazı-

nın, argon gazına nazaran üstünlükleri;

1. Isı etkisi altında kalan bölge daha azdır,
2. Ark voltajı daha yüksektir,
3. Dar bir alanda daha fazla ısı girişi olduğundan daha derin bir nüfuziyet sağlar,
4. Süratli kaynak yapmaya elverişlidir.

Argon ve helyum dışında gaz olarak argon, helyum karışımı da kullanılmaktadır. Karışım olarak kullanılmasındaki amaç argon gazının daha iyi dikiş kontrolü sağladığı ve helyum gazının derin nüfuziyet sağlaması nedeni ile kullanılır. Argon ve helyum karışım oranları olarak en fazla kullanılanları verilmiştir.

% 75 Helyum + 25 Argon veya

% 80 Helyum + 20 Argon karışım olarak kullanılmaktadır.

### 3.2.7. Tig kaynağının kullanma alanları

Tig kaynağının günümüzde çok geniş kullanım alanı bulunmaktadır. Sanayi boru hatlarının kaynağın da, nükleer güç santrallerinde, gemi sanayiinde, hava ve uzay sanayiinde, depolama tankları imalatında, basınçlı kab, kazan ve eşanjör imalatında kullanılmaktadır.

### 3.3. Mig ( Mag ) Kaynağı

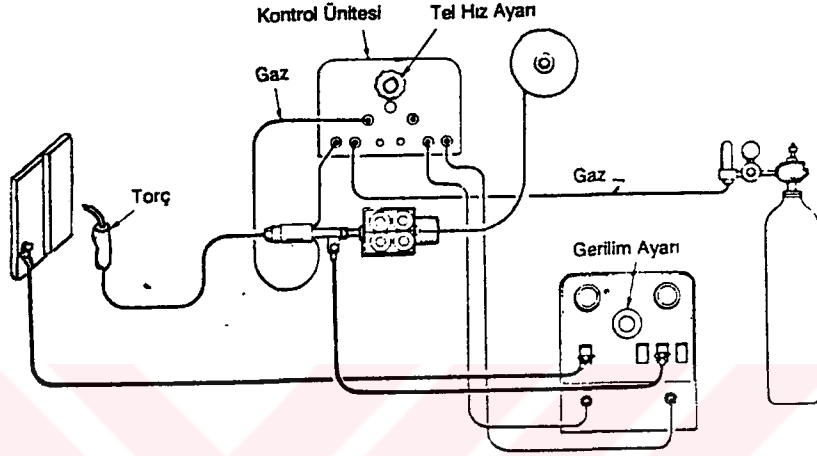
Metal koruyucu gazaltı kaynak tekniği; koruyucu bir gaz atmosferi altında, kaynak edilen malzeme ile sürekli gelen tel arasında ark'ın oluşumu esasına dayanan birleştirme şeklidir. Kaynak yöntemi koruyucu gazın davranışına göre iki ayrı isimle anılır. Asal gazla yapılan korumada Mig (Metal İnert Gas), Aktif gazla korumada Mag (Metal Aktive Gas). Her iki gazla yapılan kaynak yönteminde ekipman aynıdır. Yalnız karbondioksit korumalı kaynak metodun da tüp çıkışına bir ısıtıcı ilave edilir. Şekil 3.6'da Mig Mag kaynağının prensib şeması görülmektedir(GMWA4, 1988).

Tig ve Mig kaynağında kullanılan argon gazının pahalı olması dolayısı ile daha ucuza mal edilen gazların kullanılması için yapılan araştırmalar sonucunda en uygun gaz olarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazı bulunmuştur. Günümüzde koruyucu gaz olarak karbondioksit gazı kullanılarak yapılan Mag çeliklerin kaynağında üstünlükler sağladığı için geniş kullanım alanına sahiptir. Mig/Mag kaynak usulünü Tig kaynak usulünden ayıran, arkın kaynak yerine otomatik olarak gelen ilave metal ile iş parçası arasında teşekkül etmesiyle ayrılır. Mig / Mag kaynak donanımı şu kısımlardan ibarettir şekil 3,6'da görülmektedir (Anık, vd., 1993).

1. Doğru akım kaynağı,
2. Kaynak torcu,
3. Tel şeklinde elektrodun hareketini sağlayan ter-

tibat,

4. Koruyucu gaz tüpü, basınç düşürme manometresi,
5. Kumanda dolabı,
6. Torç bağlantı paketi.

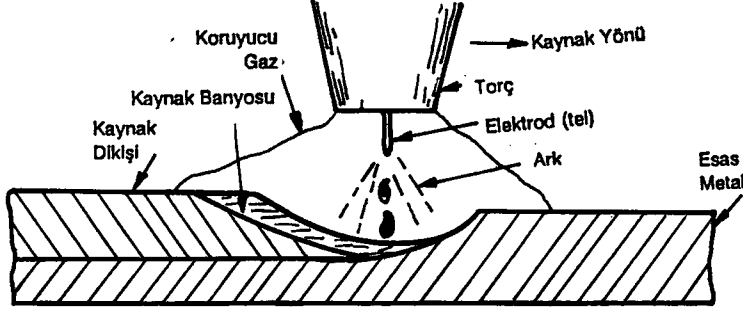


Şekil 3.6. Mig/Mag kaynak donanım şeması  
(Sadtlar'den, 1971)

Mükemmel bir erime özelliğine ancak yüksek akım yoğunluğu ile çalışıldığı zaman erişilir. Bu akım yoğunluğu da arkın durumuna bağlı olarak değişmektedir. Yüksek akım şiddeti derin bir nüfuziyet sağlar. Bu husus 20 mm kalınlığa kadar ağız açmadan kaynak yapma üstünlüğü vardır şekil 3.7'de gösterilmiştir.

Mig/Mag kaynağında tel elektroda akımın yüklenmesi, ark bölgesine koruyucu gazın gönderilmesi torcun görevidir. Arkın çok yakında olması nedeni ile özellikle yarı otomatik yöntemlerde operatörün sıcaklıktan mümkün olduğu kadar az etkilenmesi için çeşitli biçimlerde torçlar geliştirilmişse de günümüzde en yaygın olarak kullanılanı, oksiasetilen üf-

lecini andıran biçimde bükülmüş olan türüdür.



Şekil 3.7. Mig/Mag kaynak yönteminde ark bölgesi (Sadtler'den, 1971)

Ark sıcaklığından etkilenen torcun sürekli olarak soğutulması gereklidir. Düşük akım şiddetlerinde yapılan çalışmalar da koruyucu gaz akımı gerekli soğutmayı yapabilmektedir. Yüksek akım şiddetlerinde kullanılması halinde (100-250 Amp ) su ile soğutma sistemi gereklidir. Su ile soğutma, doğal olarak düşük akım şiddetlerinde de daha iyi bir soğutma yaparsada, uygulamada torç sızdırmazlığın sağlanması için kullanılan contaların bakım maliyeti yüksek olduğundan pek tercih edilmez (Potapevskii, 1984).

Mig/Mag kaynağında doğru akım kullanılır ve elektrod genellikle pozitif kutba (Ters kutublama) bağlanır. Böylece derin bir nüfuziyet, hemde oksit tabakasının parçalanması sağlanmış olur. Paslanmaz çeliklerin kaynağında elektrod negatif kutba bağlanır.

Güç kaynağı çoğunlukla redresördür, bazen de elektrikli veya dizel jeneratörlere de raslamak mümkündür. Güç kaynağı muazzam bir çalışma için kaynak akımındaki sapmalar



ne olursa olsun ark voltajı sabit kalacak şekilde dizayn edilmiştir. Bu sabit voltaj tipi karakteristiği kaynakçının dengeli bir kaynak banyosu elde etmesini önemli ölçüde kolaylaştırır. Bu nedenle güç kaynağının en önemli özelliği üzerinden ark akımının değil, voltajın ayarlanmasıdır.

Mig/Mag kaynak makinasında kullanılan torç içinde, tel elektrod kılavuzunu, akım kablosunu, koruyucu gaz hortumunu ve gerekli hallerde soğutma suyu geliş ve dönüş hortumlarını bir arada tutan metal spiral takviyeli ve kalın hortum ile irtibatlandırılmıştır. Kullanılan tel elektrodun malzemesine göre çeşitli türde kılavuzlar kullanılır, bazı yörelerde bu kılavuzlara spiral veya gayd adı da verilir. Kılavuz, tel ilerleme tertibatından kontrol lülesine kadar tel elektrodun sevk edilmesi görevini üstlenir (Rybakow, 1987).

Mig/Mag kaynağında kullanılan redresörlü kaynak makinası aşırı yüklenmeye ve ısınmaya karşı elektronik olarak koruma altına alınmıştır. Ayrıca sarımda kullanılan yüksek ısıya dayanıklı yalıtım malzemeleri ile mükemmel bir ısı kararlılık ve nem yalıtımı sağlanmıştır. Redresörlü kaynak makinasının arka kısmı torç soğutma suyu birimini ve gaz tüpünü taşıyacak şekilde yapılmış, aynı kısımda dedantör ısıtıcısı ve suyu soğutma pompası için 220 volt'luk iki priz bulunmaktadır (Ertürk, 1994).

### 3.3.1. Mig/Mag kaynağında elektrod seçimi

Mig/Mag kaynağında elektrod seçimi yaparken ana metalin kimyasal ve mekanik özellikleri bilinmelidir. Son yıllarda kaynak metalinin özelliklerini geliştirebilmek için çeliklerin kaynağın da kullanılmak üzere özlü veya kenetli elektrod diye isimlendirilen bir tür geliştirilmiştir.

Elektrod seçimi, aşağıda belirtilen kriterler gözönünde bulundurularak yapılır:

1. Esas metalin mekanik özellikleri: Bu kritere göre elektrod seçimi, genellikle esas metalin çekme ve akma mukavemetleri göz önüne alınarak yapılır, bazı hallerde özellikle ferritik çelikler halinde malzemenin kırılma tokluğunun (Çentik darbe mukavemeti) da göz önüne alınması gerekir.

2. Esas metalin kimyasal bileşimi : Esas metalin kimyasal bileşiminin bilinmesi, bilhassa renk uyumunun, korozyon direncinin sürünme dayanımının elektriksel ve ısı iletkenliğinin söz konusu olduğu hallerde gereklidir. Bunun yanı sıra çeliklerin kaynağında ısının tesiri altında kalan bölgede, sertleşme oluşup oluşmayacağıının önceden belirlenmesi bakımından da esas metalin kimyasal bileşiminin bilinmesi gereklidir. Sade karbonlu ve az alaşımlı çeliklerde esas metalin kimyasal bileşimi en önemli faktördür.

3. Koruyucu gaz'ın türü :Koruyucu gaz olarak asal gaz veya karışımlarının kullanılması halinde bir yanma kay-

bı söz konusu değildir. Buna karşılık aktif gazlar kullanılırsa yanma olukları oluşabilir. Aktif gaz kullanarak çeliklerin kaynatılması halinde az bir miktar demir oksijen tarafından oksitlenir. Buradaki silisyum mangan kaybı elektrod tarafından karşılanmak zorundadır. Çeliklerin kaynağında genelde Mig kaynak yöntemi kullanılmaktadır.

4. Esas metalin kalınlığı ve geometrisi: Kaynakla birleştirilecek olan parçaların, kalın kesitli veya karışık şekilli olmaları halinde çatlamanın önlenmesi için kaynak metalinin sünek olması gereklidir. Bu durumda en iyi sünekliği sağlayan kaynak metalini oluşturacak türde bir elektrod seçilmelidir.

Kaynaklı yapının aşırı düşük veya yüksek sıcaklıklarda korozif ortalamalar da çalışmasının gerekli olduğu hallerde, kaynak metalinin her bakımdan esas metalin özelliklerini aksettirmesi gerekir. Ayrıca şartnamelerde kaynak metalinin bazı ilave özelliklerde sahip olması istenebilir ve bu hususta elektrod seçimin de önemli bir rol oynar (Smith, 1981).

### 3.3.2. Mig/Mag kaynağında kullanılan tel elektrodlar

Mig/Mag kaynağında kullanılmak üzere imal edilmiş bir çok elektrod bulunmaktadır. Bu elektrodlar kaynak yapılacak malzeme cinsine göre, kimyasal bileşimleri farklı olan elektrod imalatı yapılmaktadır (Smith, 1981).

1. Alaşımsız teller: Alaşımsız tellerin bileşimleri, alaşımli çeliklerden sadece Mangan ve Silisyum içeriklerinin bir miktar daha fazla olmasıdır.

2. Alaşımli teller: Alaşımli teller özel bileşimde olup, alaşımli çeliklerin kaynağında kullanılır.

3. Kenetli veya özlü teller: Bu tür tel elektodlar alaşımsız ince bir saç levhanın boru haline getirilmesi veya bir lüleden geçirilerek tel şeklinde çekilmesi sonucu elde edilmektedir. Boru biçiminde olanların iç kısımlarında diğerlerinin kıvrımları arasında da bir dekapan ve ferro alaşım tozları bulunur; Kaynak dikişlerinin dezoksidasyonu ve alaşımlanması bu öz tarafından gerçekleştirilir.

### 3.3.3. Mig/Mag kaynağının kullanım alanları

Mig/Mag kaynağı ile hemen hemen bütün malzemelerin kaynağı mümkündür. Fakat bazı kaidelere uyulması gerekir:

Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında yalnız doğru akım kullanılır ve otomatik olarak ilerleyen kaynak teli, daima pozitif kutba bağlanır. Kaynak ağzının iyi temizlenmesi, dikişte gözenek teşekkülünü azaltır. Yapılacak kimyasal temizlemelerde zehirli gaz oluşumlarından korunmak için iyi bir havalandırma yapılmalıdır. İnce alüminyum levhaların kaynağında distorsiyonu azaltmak için levhalar puntalanmalı ve geri adım usûlü ile kaynatılmalıdır. Günümüz sanayisine iyice yerleşmiş bulunan Mig/Mag kaynağı tamir ve bakım işlerinde de kullanılmaktadır.

### 3.4. Tozaltı Kaynağı

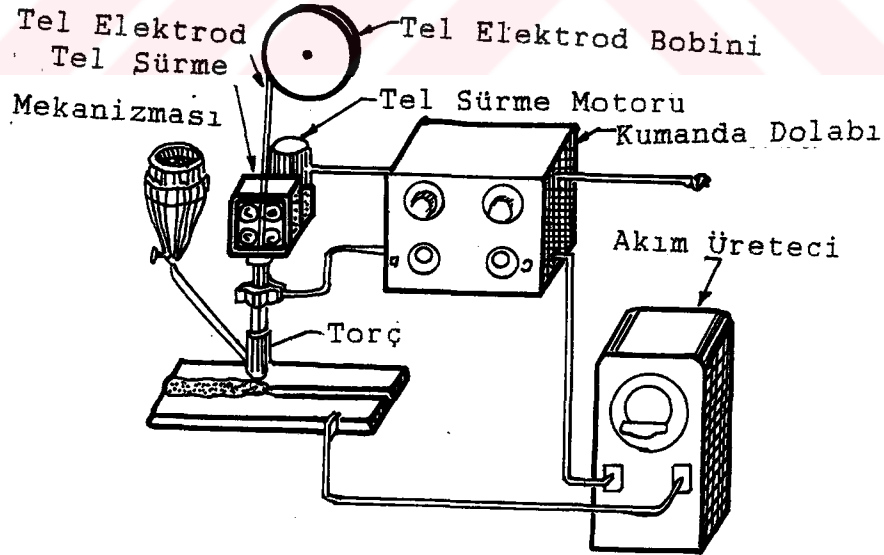
Tozaltı kaynağı ilk defa 1933 yılın da A.B.D.'de kullanmaya başlanıp, 1937'den sonra Avrupa da da uygulama alanına girmiştir. Günümüz de çeşitli türde çeliklerin kaynağı için çok elverişli olan bu yöntem kazan, profil, gemi ve basınçlı kap üretiminde yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu kaynak yönteminde, bir bobine sarılan kaynak teli, bir motorun tahrik ettiği makaralar arasından ve bir memeden geçerek kaynak bölgesine iletilir, gerekli akımı memeden alan tel ile iş parçası arasında oluşturulan ark, aynı bir kanaldan gelen silikat ve toprak alkali metalleri içeren bir toz tarafından atmosferin olumsuz etkilerinden korunur. Kaynak teli ve iş parçası arasında oluşan arkın sıcaklığında tel ve esas metalin bir kısmı ergiyerek istenilen birleşmeyi sağlar. Arkın sürekli olarak tozaltında yanması bu yöntemde tozaltı kaynağı adının verilmesine neden olmuştur.

Arkın sıcaklığında bir miktar toz ergiyerek curuf haline geçer ve kaynak banyosunu örter. Bu curuf çok sıcak olan kaynak dikişini ve banyoyu atmosferin olumsuz etkilerinden koruduğu gibi, içerdiği dezoksidasyon ve alaşım elementleri sayesinde kaynak banyosunun dezoksidasyonunun ve kaynak metalinin alaşımlanmasını gerçekleştirir.

Tozaltı kaynak kafası veya ünitesi, toz hunisi, meme, tel ilerleme mekanizması ve ayar kumanda grubu, genellikle

özel raylar veya paletler üzerinde hareket eden bir arabaya monte edilmiştir; bu durumda iş parçası sabit durur ve araba kaynak dikişi boyunca sabit hızla hareket ederek kaynağın gerçekleşmesini sağlar. Burada kaynak hızı sabittir ve akım şiddeti, toz miktarı, kaynak hızı ve tel elektrod çapına uygun olarak ayarlanır. Tozaltı kaynak yönteminde akım şiddeti, kaynak hızı, ark gerilimi, toz miktarı, birer bağımsız parametre değildir, iyi bir kaynak bağlantısı ancak bunların beraberce ayarlanması sonucu da elde edilir (Anık, vd, 1993).

Tozaltı kaynağında ark otomatik olarak kaynak yerine gelen çıplak bir elektrodla iş parçası arasında meydana gelir(Tülbentçi, 1988/1). Tozaltı kaynak prensibi şematik olarak şekil 3,8'de gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Tozaltı kaynak donanımının şematik olarak gösterilmesi (Sadtlar, 1971)

Tozaltı kaynak yönteminde en büyük avantaj derin nüfuziyet eldesidir. Tek pasoyla 75mm, çift pasoyla 155 mm kalınlıktaki malzemeler kaynatılabilir. Kaynak esnasında tozun görevi kaynak ısısının dışarı çıkmasını önler ve bu nedenle derin nüfuziyet elde edilir. Bu kaynak yöntemiyle yapılan kaynaklar da çarpılmalar azalmaktadır(Tülbentçi,-1988).

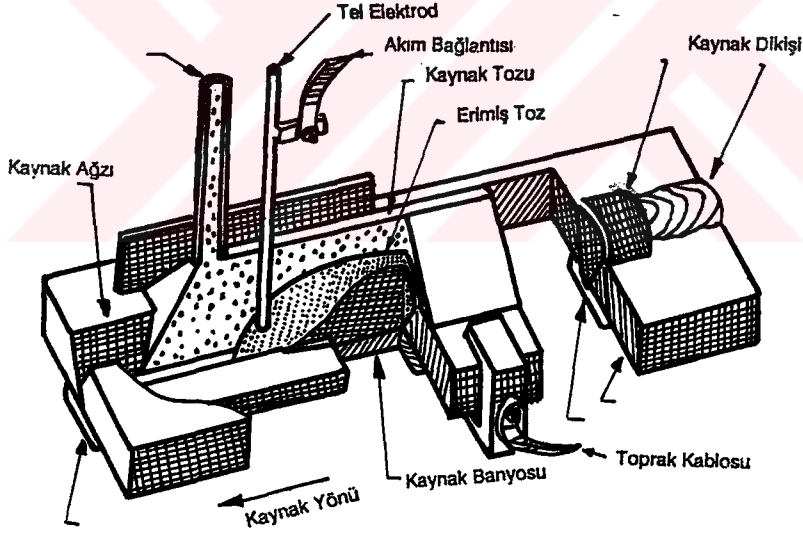
#### 3.4.1. Tozaltı kaynağında kullanılan tozlar

Tozaltı kaynak yönteminde (DIN 32522)'ye göre kullanılan (alaşımsız, hafif alaşımlı, yüksek alaşımlı çelikler için) kaynak tozlarını çeşitli bakımlardan sınıflandırmış ve standardize etmiştir. Halen ülkemizde en çok bu norm kullanılmaktadır. DIN normuna göre iyi bir kaynak tozunda şu özelliklerin bulunması gerekir:

1. Kaynak işlemi sırasında arkın kararlılığını sağlaması,
2. Ark bölgesini havanın kötü tesirlerinden koruması
3. Parçadan ısının dışarıya yayılmasını önlemesi,
4. Uygun ve temiz bir iç yapı sağlamalı,
5. Gözenek teşekkülüne sebep olacak organik maddeler ihtiva etmemelidir,
6. Az nem çekmelidir.

Genel olarak kaynak tozlarının büyük bir kısmını SiO<sub>2</sub> teşkil eder. SiO<sub>2</sub> kaynak tozunun yüksek akım şiddeti ile

yüklenmesini temin eder. Aynı zamanda iyi bir dezoksidandır ve curufu daha akıcı hale getirir. Tozların içinde miktar olarak ikinci büyük madde, MnO dir. MnO dikişin emniyeti bakımından önemlidir. Fakat tozun içerisindeki MnO miktarı arttıkça, yüksek akım şiddetiyle yüklenebilme kabiliyeti azalır. Bu sebepten dolayı yüksek akım şiddetiyle yüklenen tozlarda MnO bulunmaz. Fakat manganez ve silisyum miktarı yüksek tozlar kir ve pasa karşı çok hassas oldukları için, parçaların kaynak ağızlarının çok iyi temizlenmesi gerekir. Kaynak ağızı temiz bir şekilde kaynağı yapılan parçaların daha sağlıklı olacağı kesinlikle unutulmamalıdır (Anık, 1993).



Şekil 3.9. Tozaltı kaynak yönteminde kaynak bölgesi (Sadtler'den, 19719)



### 3.4.2. Kaynak tozlarının kimyasal bileşimlerine göre sınıflandırılması

Grup 1. Manganezsiz, yüksek miktarda silisyum içeren CS tipi bir toz olup, kalın saçların kaynağında kullanılır. Kazan ve ağır makina yapımı gibi işlerde 5000 amper akım şiddetine kadar yüklenebilir. Bu tip tozlar, pislik ve pasa karşı hassastır.

Grup 2. Yüksek miktarda manganez ve silisyum içeren MS tipi toz olup, orta akım şiddetiyle yüklenebilir ve çok pasolu kaynaklarda kullanılır. Bu tip tozlar pislik ve pasa karşı pek hassas değildirler. Fakat geniş kullanım alanına sahip tozlardır.

Grup 3. Bu toz, grup 2'ye benzer, yalnız fazla miktarda  $Al_2O_3$  içermektedir. Tipi Ar olup, ince taneli kaynak dikişleri verir.

Grup 4. Bazık toz olup, yüksek mukavemet istenen kaynaklarda kullanılır. Akım kabiliyeti düşüktür. Çok pasolu kaynakta iyi bir çentik darbe tokluğu elde edilir. Özellikle zor kaynak edilebilen çelikler için uygundur ve tipi Fb dir.

Çizelge 3.2'de yukarıda özellikleri verilmiş olan bu dört kaynak tozunun kimyasal bileşimleri verilmiştir(Anık, 1991).

Çizelge 3.2. Dört kaynak tozunun kimyasal bileşimi  
(Anık'dan, 1993)

Grubu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	CaF <sub>2</sub>	Diğerler
1	50-53	4-15	29-33	9-12	0.6	4	TiO <sub>2</sub>
2	40-46	4	2-10	1	38-40	4	-
3	25-42	21-28	2-13	6	19-30	4	TiO <sub>2</sub>
4	14-15	20-23	11-13	3-10	20-24	8-10	Alkalile

### 3.4.3 Tozaltı kaynak telleri

Tozaltı kaynağında yüksek kaliteli çelik teller kullanılmaktadır. Bu teller genelde elektrik ark ocaklarında üretilmektedir. Kaynak yerinin emniyeti bakımından, Manganez oranı yüksektir. Tellerin paslanmasını önlemek ve kaynak esnasında memeden tele akım geçişini kolaylaştırmak üzere, tellerin yüzeyleri bakır ile kaplanır.

Tozaltı kaynağında kullanılan teller içerdikleri manganez oranlarına göre sınıflandırılırlar. Manganez oranları arttıkça tellerin kalitesi de o ölçüde artmaktadır. Bu teller Amerikan standartlarında (AWS A5 17, ASTM A558 65T) gösterilir. Manganez miktarına göre; düşük, orta ve yüksek manganezli teller olarak tasnif edilir. Tellerdeki manganez oranları şöyledir:

Düşük manganezli % 0.30-0.60 Mn

Orta manganezli % 0.90-1.25 Mn

Yüksek manganezli % 1.75-2.25 Mn

#### 3.4.4. Tozaltı kaynak yönteminin üstünlükleri

1. Yüksek ergime gücü ve kaynak hızı: Tozaltı kaynak yönteminde uygulanan akım şiddeti normal olarak 200 ile 1200 amper arasında değişir. Çok telli tekniklerde bu değer günümüzde 5000 ampere kadar yükselmektedir. Bu olay yönteme çok yüksek bir ergime gücü kazandırmakta ve ayrıca kaynak hızında 6 ile 300 m/saat arasında değişmektedir(Coladino, 1973).

2. Derin nüfuziyet: Kaynak akım şiddetinin, dolayısıyla ile de akım yoğunluğunun yüksek olması nedeni ile bu yöntemde çok derin bir kaynak nüfuziyeti elde edilmektedir. Bu hususta paso sayısının azalmasına sebep olduğu gibi kaynak ağızı ufalmakta ve elektrod sarfiyatının azalmasını sağlamaktadır.

3. Enerji ekonomisi: Tozaltı kaynak yönteminde, ışıma kayıpları olmadığından ve yüksek akım yoğunluğu dolayısıyla ısının çok azı esas metal tarafından absorbe edildiğinden büyük bir enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

4. Elektrod ekonomisi: Bu kaynak yönteminde sıçrama kaybı, tel şeklinde elektrod kullanıldığından elektrod artığı ve koçan kaybı yoktur. Ayrıca yüksek akım yoğunluğu nedeni ile de daha fazla esas metal ergidiğinden, kaynak metali gereksinimi azdır.

5. Yüksek ark stabilitesi: Ark bölgesinde buharla-

şan curufun oluşturduğu atmosfer arkın sürekliliğinin korunmasını sağlamakta ve çok yüksek hızlarla dahi yöntemin uygulanabilmesine olanak sağlamaktır.

6. Kaynak dikişinin kalitesine, kaynakçının bir faktör olarak etkilemesi: Tozaltı kaynak yönteminde elektronik ve elektromekanik ayar ve kontrol sisteminin varlığı, kaynakçı faktörünü ortadan kaldırmaktadır. Bu yöntem de kaynakçı, kaynak dikişi kalitesine etkileyen bir faktör olmadığından, Tozaltı yönteminde kaliteli işçiye gerek yoktur. Ayrıca kaynakçı bedenen çok daha az yorulmaktadır.

7. Özel koruyucu donanımlara gerek duyulması: Tozaltı kaynağında ark tamamen toz ile örtülü olduğundan, görünen ışınlar ve ultraviyole ışınları etrafa yayılmaz ve dolayısı ile gözleri korumak için özel maskeye veya kaynak esnasında gaz ve toz oluşumu da az olduğundan özel havalandırma sistemine gerek yoktur. Bu husus kaynakçının çok daha rahat koşullarda çalışmasına olanak sağlamaktadır.

8. Küçük bir değişiklikle gazaltı kaynağına dönüştürülebilir.

#### 3.4.5. Tozaltı kaynağının dezavantajları

1. Pahalı makina ve donanıma gerek gösterir, dolayısı ile ilk yatırım masrafı yüksektir.

2. İnce saçların kaynağı için uygun bir yöntem değildir.

3. Tozaltı kaynak yöntemiyle yatay pozisyonda iyi sonuç alınabilmektedir. Dik ve korniş pozisyonları için özel tertibat geliştirilmiş olmasına rağmen, günümüzde bu pozisyonlar için elektrocuruf kaynağı tercih edilmektedir. Tavan pozisyonunda bu yöntemle kaynak yapmak mümkün değildir.

#### 3.4.6. Tozaltı kaynağının uygulama alanları

Tozaltı kaynak yöntemi birleştirme kaynaklarında olduğu kadar dolgu ve kaplama kaynak işlemlerinde de başarıyla kullanılan bir yöntemdir. Birleştirme yöntemi olarak geniş kullanma alanına sahiptir. Basınçlı kab, kazan ve tank imalatında, LPG tüplerinin imalatında, spiral kaynaklı boru imalatında ve aşınan metallerin dolgu kaynağında kullanılmaktadır (Külahlı, 1985).

#### 4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

##### 4.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler

###### 4.1.1. 1015 Çeliği (Ç 1015)

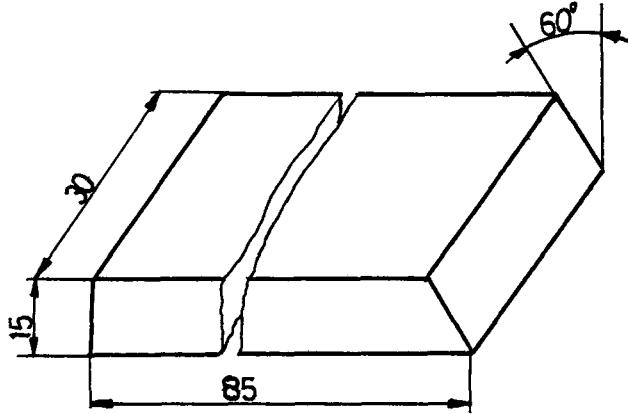
Deneyini yaptığım 1015 çeliği günümüz sanayisinde en fazla makina ve civata yapımında kullanılmaktadır. Bu çelik MKE (Makina Kimya Endüstrisi)'de makina ve civata yapım çeliği olarak isimlendirilmektedir.

Bu çeliğin KOSGEB (Küçük ve Orta ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı)'de sabit spektrometre analizi yaptırılmıştır. Spektrometre analizi malzeme içerisinde bulunan element oranlarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu analiz sonucunda malzeme içerisinde bulunan en önemli elementler çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Ç 1015'in sabit spektrometre analizi (KOSGEB'den, 1995)

Element	%	Element	
Karbon	0.139	Silisyum	0.197
Mangan	0.783	Fosfor	0.025
Kükürt	0.0590		

Esas malzemenin spektrometre analizinden sonra malzeme 85 mm boyutlarında kesildi. Kesme işleminden sonra malzeme kalınlığı 6 mm'den fazla olduğu için freze ile V kaynak ağızları açılarak kaynağa hazır hale getirildi. Kaynağı yapılacak esas malzeme şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1. Kaynak işlemine hazırlanan esas malzeme

Esas malzeme çekme deney boyutuna göre kesilerek her kaynak metodu için karşılıklı olmak üzere dörder adet hazırlandı. Kaynak ağızı açılarak hazırlanan deney parçaları yatay pozisyonda, her kaynak metodu için aşağıda verilen parametreler kullanılarak yapıldı (Özgirgin ve Gülenç, 1995)

a- Elektrik ark kaynağı parametreleri:

- Akım kaynağı: Transformatör tipi kaynak makinası
- Akım şiddeti:  $120 \pm 10$  Amper
- Akım gerilimi:  $32 \pm 2$  Volt
- Kaynak hızı : 20 cm/dk
- Kaynak elektrod çapı: 3.25 mm
- Kaynak konumu: Yatay oluk
- Paso sayısı : Her numune için  $\approx 6$
- Serbest elektrod sayısı: 4

**b- Tig kaynağı parametreleri:**

- Akım kaynağı: Motorjeneretör tipi kaynak makinası
- Akım şiddeti:  $280 \pm 10$  Amper
- Akım gerilimi:  $28 \pm 2$  Volt
- Kaynak hızı : 22 cm/dk
- Kaynak tel çapı: 1.2 mm
- Kaynak konumu: Yatay oluk
- Paso sayısı : Her numune için  $\approx 8$
- Serbest tel uzunluğu: 27 mm

**c- Mag kaynağı parametreleri:**

- Akım kaynağı: ESAB 400 MAG kaynak makinası
- Akım şiddeti:  $280 \pm 10$  Amper
- Akım gerilimi:  $28 \pm 2$  Volt
- Kaynak hızı : 22 cm/dk
- Kaynak elektrod çapı: 1.2 mm
- Kaynak konumu: Yatay oluk
- Paso sayısı : Her numune için  $\approx 8$
- Serbest tel uzunluğu: 27 mm

**d- Tozaltı kaynağı parametreleri:**

- Akım kaynağı: Tozaltı kaynak makinası
- Akım şiddeti:  $400 \pm 10$  Amper
- Akım gerilimi:  $40 \pm 2$  Volt
- Kaynak hızı : 30 cm/dk
- Kaynak elektrod çapı: 1.2 mm
- Kaynak konumu: Yatay oluk
- Paso sayısı : Her numune için  $\approx 7$
- Serbest tel uzunluğu: 27 mm



#### 4.1.2. Kullanılan kaynak elektrodları

Kaynakta kullanılmış olduğumuz elektrodlar ve teller kaynak metodlarına uygun olarak ve malzeme bileşiminde bulunan C, Si ve Mn oranlarına göre seçilmiştir.

##### 4.1.2.1. E 5132 C4 elektrodu

Elektrik ark kaynağında kullanılmış olduğumuz bu elektrod TS'de E 5132 C4 olarak gösterilmektedir. Elektrod selülözik karakterli olup, doğru akım kaynağında elektrod (+) kutba bağlanır. Bu elektrod ile yapılan kaynak metalinin akma dayanımı minimum  $390 \text{ N/mm}^2$ , çekme dayanımı  $510-690 \text{ N/mm}^2$  dir. Elektrod karbonlu çeliklerin kaynağında, çelik konstrüksiyon ve montaj işlerinde kullanılmaktadır. Çizelge 4.2'de E 5132 C4 elektrodunun kimyasal bileşimi verilmektedir(Böhler ürün kataloğun'dan, 1995).

Çizelge 4.2. E 5132 C4 elektrodunun tipik bileşimi

Karbon	Silisyum	Manganez
0.10	0.2	0.6

##### 4.1.2.2. SG R1 Teli

Tig kaynağında kullandığımız bu tel TS'de 5618 SG R1 olarak gösterilmektedir. Bu kaynak metodunda oksijenli kaynağında olduğu gibi, kaynak yerine ilave tel vermek sureti ile kaynak yapılır. Kaynakta koruyucu gaz olarak argon gazı kullanıldı. Bu tel ile yapılan kaynak metalinin

akma dayanımı  $420 \text{ N/mm}^2$ , çekme dayanımı  $520-600 \text{ N/mm}^2$  olan bu elektrod makina ve konstrüksiyon yapımında kullanılmaktadır. Tig kaynağında kullanılmış olduğumuz bu elektrodun kimyasal bileşimi çizelge 4.3'de verilmektedir (Böhler ürün kataloğun'dan, 1995).

Çizelge 4.3. SG R1 telinin kimyasal bileşimi

Karbon	Silisyum	Manganez
0.07	0.5	1.1

#### 4.1.2.3. SG2 Teli

Mag kaynağında kullandığımız bu tel TS'de 5618 SG2 olarak gösterilmektedir. Kullanılan telin çapı 1.2 mm ve koruyucu gaz olarak karbondioksit gazı kullanılmıştır. Bu tel çelik konstrüksiyon, tank ve makina yapımında kullanılmaktadır. SG2 teli ile yapılan kaynak metalinin akma dayanımı  $410 \text{ N/mm}^2$ , çekme dayanımı  $540-610 \text{ N/mm}^2$  dir ( Böhler ürün kataloğun'dan, 1995). SG2 telinin kimyasal bileşimi çizelge 4.4'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. SG2 telinin kimyasal bileşimi

Karbon	Silisyum	Manganez
0.10	0.9	1.4

#### 4.1.2.4. S1 Teli

Tozaltı kaynağında kullandığımız bu tel TS'de 5387 S1 olarak gösterilmektedir. Kullandığımız elektrodun çapı 1.2 mm dir. Bu elektrod depo, çelik konstrüksiyon ve gemi yapımında kullanılmaktadır. Kaynak esnasında koruyucu toz olarakta bar 1 97 Ac 8S KM tozu kullanıldı ve tozun tane büyüklüğü 12x65'dir. S1 teli ile yapılan kaynak metalinin akma dayanımı  $379 \text{ N/mm}^2$ , çekme dayanımı  $450-590 \text{ N/mm}^2$  dir (Böhler ürün kataloğundan, 1995).

S1 telinin kimyasal bileşimi çizelge 4.5'de görülmektedir.

Çizelge 4.5. S1 telinin kimyasal bileşimi

Karbon	Silisyum	Manganez
0.08	0.1	0.5

#### 4.1.3. Kaynak işlemlerinin yapılması

Deney parçalarının kaynak işlemleri, ortam sıcaklıkları  $20^{\circ}\text{C}$  olan kaynak atelyesinde gerçekleştirildi. Kullanılmış olduğumuz elektrod ve tellerin rutubetsiz olmalarına dikkat edildi. Kaynak işlemine başlamadan önce kaynak makinelerinin elektrod ve tel çaplarına göre amper ayarları yapılarak kaynatmaya hazır hale getirildi. Kaynak işlemleri düz kaynak usulü ile yatay durumda çok pasolu kaynak yöntemi uygulandı. Kaynak pasolarının kalınlığı 2-4 mm arasında olmasına dikkat edildi (Kullanılan elektrod ve tel

çaplarına göre farklılıklar gözlemlendi). Kaynak işlemleri biten numuneler kendi hallerinde soğumaya bırakıldı. Deney parçaları her kaynak metodu için dörder adet hazırlandı. Fazla kaynatılan numuneler kaynaklı bölgelerden kırılarak incelendi ve kaynak mukavemetine etki edecek oranda hata olmadığı gözlemlendi.

#### 4.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Deney numuneleri yapılacak olan her deney yöntemi için standartlara göre hazırlanarak deneye hazır hale getirildi.

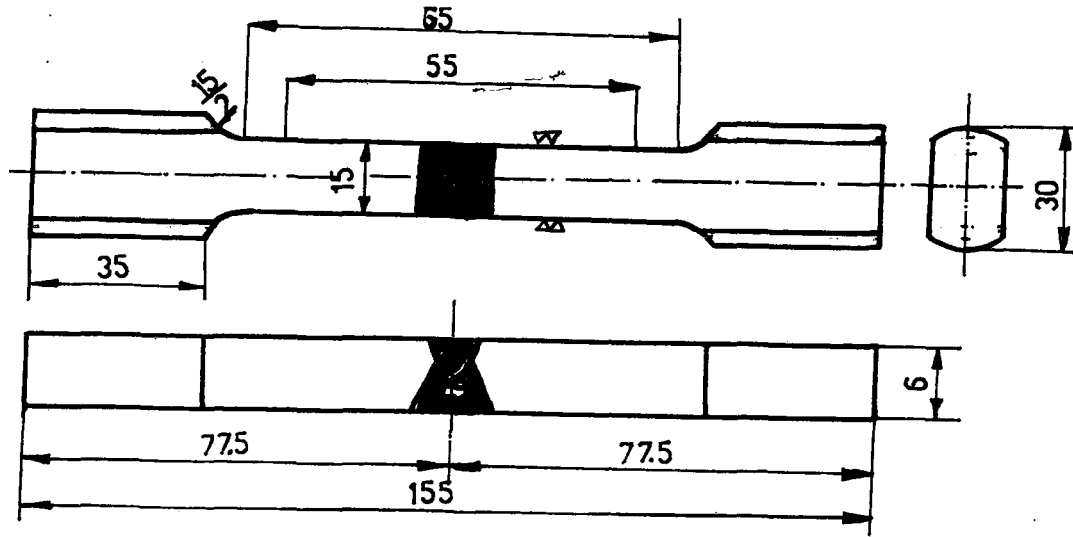
##### 4.2.1. Çekme deney numunelerinin hazırlanması

Ergitme kaynak metodu ile yapılan kaynaklı parçalarda kaynak sağlamlığının kontrolü için dikey olarak yapılacak çekme deney numunelerinin boyutları çizelge 4.6'da, şekli 4.2'de görülmektedir.

Çizelge 4.6. Çekme deney numunesinin boyutu  
(TS 287'den, 1973)

Kalınlık a	Genişlik b	Kesit alan A	Ölçü uzunluğu Lo	Daraltılmış Kıs.Uzun. Lv	Toplam uzun. Lt
6	15	90	55	65	155

Kaynaklı çekme deney numuneleri frezede TS'ye göre 6x30x155 mm yassı deney numunesi olarak hazırlandı. Çekme deneyi hidrolik çekme makinasının konik çeneleri arasına monte edilen deney çubuğu basınçlı yay etkileyen piston yardımıyla çekilir.



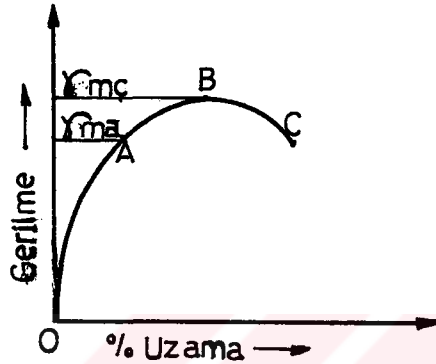
Şekil 4.2. Kaynaklı parçalarda kaynak sağlamlığının kontrolü için çekme numunesi (TS'287'den, 1973)

Çekme deney cihazlarının hassasiyeti çok önemlidir. Cihazların yük sisteminin toleransı + % 1'den düşük olmalıdır. Deney parçası karşılıklı iki tutucu (çene) tertibatından oluşup genellikle çenelerden biri sabit, diğeri ise hareketlidir. Çene tertibatında uygun tutucularla muhtelif boy ve şekildeki numuneleri tutturabilmek mümkündür (TS 287'den, 1973).

Çekme deneyinde çekmeye tabi tutulan bölgenin kesit alanı 6 x 15 mm dir. Çekme cihazının boşta çalışma hızı 2.5 mm/sn ve çekme cihazının yüklü durumdaki çekme kapasitesi 163.5 N/sn dir.

Cihazların otomatik kaydedicileri deney esnasında tatbik edilen yük ve uzama miktarını grafik olarak çizerler.

Uzama miktarı apsis'de, yük miktarı da ordinat da olacak şekilde ayarlanmıştır. Deney esnasında yük-uzama diyagramı elde edilmiş olur. Yük uzama diyagramı şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Yük-uzama diyagramı

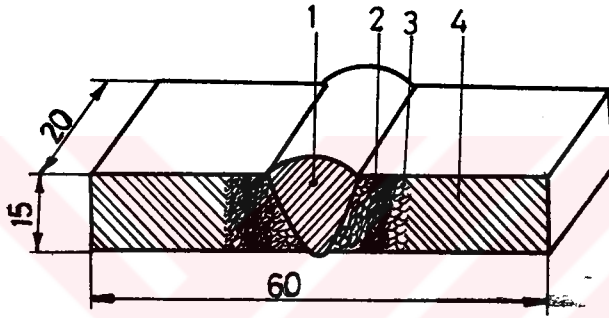
#### 4.2.2. Sertlik deney numunesinin hazırlanması

Sertlik ölçümü deneyinde, yöntem olarak Rocwell B sertliği kullanıldı. Batıcı uç olarak çelik bilya kullanıldı ve en büyük yük 100 kg olarak alındı. Sertlik deneyinde batma derinliği ölçüleceği için yüzey pürüzlülüğü sonuçlara etkiyebilmektedir. Bu sakıncayı kaldırabilmek için bir ön yük uygulayarak alet sıfır düzeyine ayarlanır. Daha sonra deney yükü hızlı bir şekilde uygulanıp kaldırılır. Deney yükünün oluşturduğu plastik batma derinliği ölçülerek sertlik değeri alınmış olur (Onaran, 1993).

Rocwell B sertlik ölçümü düşük karbonlu çelikler ve prinç gibi orta sertlikteki malzemeler için kullanılmakta-

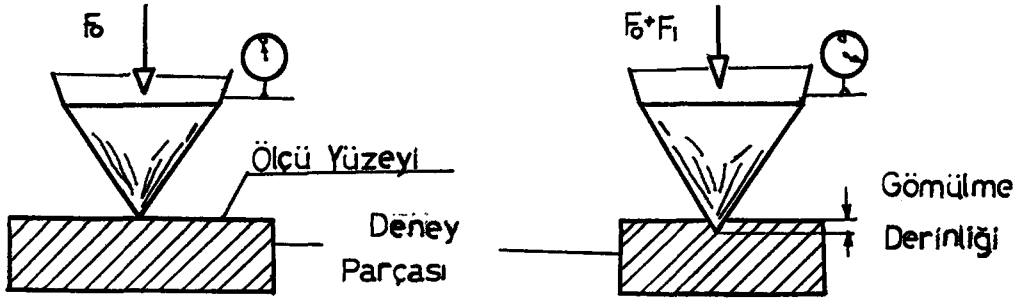
dır. 5 HRB ile 100 HRB arasındaki sonuçlar geçerli sayılmaktadır(TS 140, 1973).

Sertlik deney numunesi olarak 15x20x60 mm boyutlarında her kaynak metodu için üç'er adet deney numunesi hazırlandı. Sertlik deney numunesi şekil 4.4'de görülmektedir. Deney numuneleri dört noktadan ayrı ayrı sertlik değerleri alınarak deneyler yapıldı. Deney verileri bulgular kısmında verilecektir.



Şekil 4.4 Sertlik deney numunesi

Bir nolu noktada yapılan sertlik ölçümü kaynak metalinin sertlik değerini göstermektedir. İki nolu nokta ITAB'ın sertlik değeri hakkında bir bilgi vermekte ve üç nolu nokta da ana malzeme ile ITAB'ın geçiş noktasındaki sertlik değerini vermektedir. Dört nolu nokta ise ana malzemedeki sertlik ölçümüdür. Rocwell sertliği ile yapmış olduğumuz ölçümün şekli 4.5'de görülmektedir.



Şekil 4.5. Rocwell sertlik ölçümü

#### 4.2.3. Radyografi deney numunesinin hazırlanması

Radyografi metodu ile yapılan deneyde özel bir numunenin hazırlanmasına gerek yoktur. Radyografi metodu ile taşınabilen ve taşınamayan kaynaklı bağlantıların radyografisi çekilebilir. Taşınabilen numuneler sabit radyografi cihazında, taşınamayan numuneler ise seyyar radyografi cihazında radyografileri çekilir(Richardson, 1968).

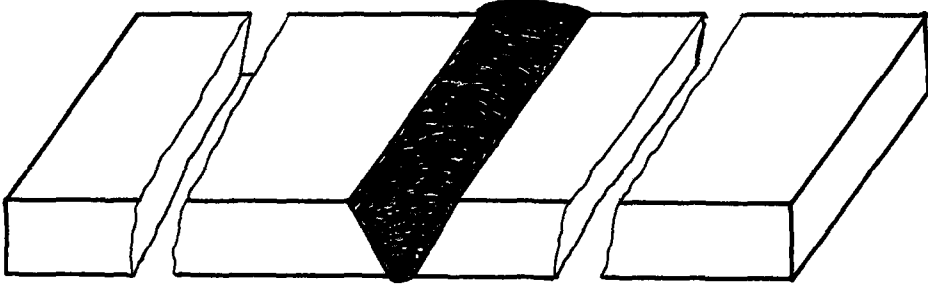
Radyografi deneyinde kullanılmış olduğum deney numunesi 15x30x315 mm boyutlarındadır. Radyografi deneyini yapmaktaki amaç kaynaklı bağlantılarda, dikiş içerisinde tahribatlı deneylerin sonuçlarına tesir edecek hataların bulunup bulunmadığını öğrenmektir. Radyografi deneyi kaynaklı bağlantıların reddine veya kabulüne karar vermek için yapılır. Bu deney metodunda çanta tipi  $\gamma$  ışını üreten seyyar cihaz kullanıldı. Deney düzeneği olarak deney sepeti, dönüşüm borusu ve sörs (uç) kullanıldı. D 7p tipi 48x10 boyutunda film kullanıldı. Film açık havada düzgün bir zemin üzerine yerleştirildi. Yerleştirmiş olduğumuz film üzerine muayeneleri yapılacak deney numuneleri düzgün bir şekilde sıra-



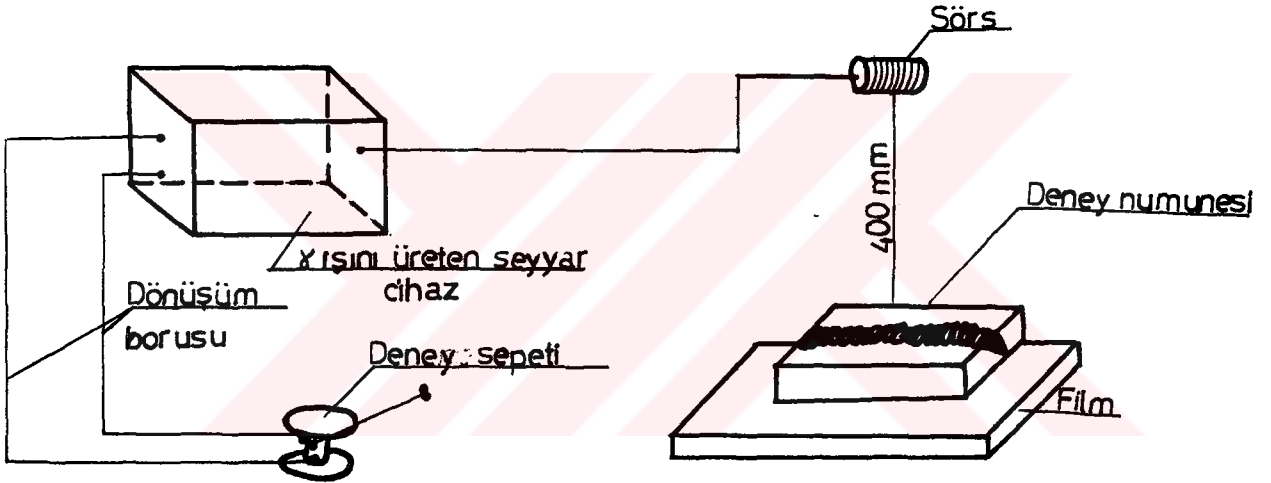
landı. Deney numunelerinden uzaklığı 400 mm mesafe ile sörs sabitlendi. Numunelerin pozlama süresi 50 dk sürdü (pozlama ve süre cetvel ile belirlendi). Filmini çekmiş olduğumuz deney numuneleri banyoya götürüldü. Filmin ağız açıları film kasetine yerleştirildi. Kaset içerisine yerleştirilmiş olan film ilk olarak G 230 karışımılı banyo suyuna daldırılarak iki dakika bekletildi. İlk banyodan çıkarılan film normal ılık su içerisinde ilk banyo suyu kayboluncaya kadar bekletildi ve ikinci banyo için hazır hale getirildi. İkinci banyo suyu olan G 305 içerisine film daldırılarak dört dakika bekletildi. Bu banyodan sonraki işlem ilk banyo sonrası işlemin aynısı tekrarlandı. Banyodan çıkan film fırında kurutulmaya bırakıldı. Deney sonucunda sonuçlara etki edecek herhangi bir hataya rastlanılmadı. Radyografi deneyi için hazırlanan deney numunesi şekil 4.6'da Radyografi deney düzeneği şematik olarak şekil 4.7'de görülmektedir.

#### 4.2.4. Metalografi deney numunesinin hazırlanması

Kaynaklı bağlantıların mikro yapılarını görmek amacıyla, kaynaklı parçadan küçük bir kaynak numune alındı. Bu deney numunesi TSE'ye göre enine kesit olarak alındı. Enine kesit almaktaki amaç kaynak metalinin, İTAB'ın ve esas malzemenin yapı teşekkülleri arasındaki farkları görmek içindir. Şekil 4.8'de metalografi deney numunesi görülmektedir.



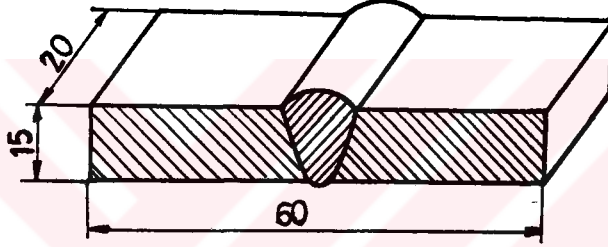
Şekil 4.6 Radyografi deney numunesi



Şekil 4.7. Radyografi deney düzeneğinin şematik olarak gösterilmesi

Metalografi deneyi için alınmış olan deney numunesinin boyutları 15x15x60 mm dir. Deney numunelerinin fotoğrafları çekilecek yüzeyleri düzeltilmelidir. Numuneler önce taşlama sureti ile yüzeydeki kaba pürüzler giderildi. Taşlama işleminden sonra yüzeyde bir çizik kalmayınca kadar sırası ile tane büyüklüğü 180, 240, 400, 600 ve 1200 zımparası

landı. Bu işlemden sonra yapı teşekkülleri daha belirgin hale getirilmesi için nitrik asitle dağlandı. Deney numuneleri dağlamadan sonra mikroskop altında x 100 büyütülerek kaynak metalinin ITAB'ın ve esas malzemenin fotoğrafları çekildi. Çekilen fotoğraflar, bulgular kısmında verilmektedir. Metalografik deney malzeme geliştirmede, uygun bir kaynak yöntemi seçiminde ve mikroyapı incelenmesi için uygundur.



Şekil 4.8. Metalografik deney numunesi

#### 4.3. Mekanik Özelliklerin Tesbiti

##### 4.3.1. Çekme deneyi

Çekme deneyi her kaynak metodu için hazırlanan üç adet çekme numunesi oda sıcaklığında ve 163.3 N/sn hızında çekilerek deney yapıldı. Max kuvvet ve çekme mukavemeti tesbit edildi. Elde edilen ortalama sonuçlar her kaynak metodu için ayrı ayrı çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.7. Elektrik ark kaynağı çekme deney sonucu

Numune adı	Elektrik ark kaynağı
Kullanılan elektrod cinsi	E 51 32 C4
İşaretlenen $L_0$ uzunluğu (mm)	39.4
Deney sonrası ölçülen $L_k$ uzunluğu (mm)	42.4
$\Delta l$ (mm)	3.0
$F_a$ (N)	$\approx 46845$
$\sigma_{\check{c}}$ ( $N/mm^2$ )	$\approx 520.5$
$F_k$ (N)	$\approx 46845$
$\sigma_k$ ( $N/mm^2$ )	$\approx 520.5$

Çizelge 4.8. Tig kaynağı çekme deney sonuçları

Numune adı	Tig kaynağı
Kullanılan elektrod cinsi	SG R1
İşaretlenen $L_0$ uzunluğu (mm)	39.4
Deney sonrası ölçülen $L_k$ uzunluğu (mm)	42.7
$\Delta l$ (mm)	3.3
$F_a$ (N)	$\approx 47187$
$\sigma_{\check{c}}$ ( $N/mm^2$ )	$\approx 524.3$
$F_k$ (N)	$\approx 47187$
$\sigma_k$ ( $N/mm^2$ )	$\approx 524.3$

Çizelge 4.9. Mag kaynağında çekme deney sonuçları

Numune adı	Mag kaynağı
Kullanılan elektrod cinsi	SG2
İşaretlenen Lo uzunluğu (mm)	39.4
Deney sonrası ölçülen Lk uzunluğu (mm)	43.9
$\Delta l$ (mm)	3.5
Fa N	$\approx 47646$
$\sigma_{\check{c}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\approx 529.4$
Fk (N)	$\approx 47646$
$\sigma_k$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\approx 529.4$

Çizelge 4.10. Tozaltı kaynağında çekme deney sonuçları

Numune adı	Tozaltı kaynağı
Kullanılan elektrod cinsi	S1
İşaretlenen Lo uzunluğu (mm)	39.4
Deney sonrası ölçülen Lk uzunluğu (mm)	40.0
$\Delta l$ (mm)	0.6
Fa N	$\approx 37143$
$\sigma_{\check{c}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\approx 412.7$
Fk (N)	$\approx 37143$
$\sigma_k$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\approx 412.7$

#### 4.3.2. Sertlik ölçümleri

Sertlik ölçümü deneyinde her kaynak metodu için üç adet deney numunesi oda sıcaklığında test edildi ve ortalama sonuçlar her kaynak metodu için ayrı ayrı çizelgelerde gösterildi. Sertlik deneyinde RB sertlik ölçme metodu kullanıldı. Batıcı uç olarak çelik bilya uç kullanıldı ve en büyük yük 100 kg olarak alındı. Deneyde önce 10 kg'lık ön yük uygulanarak cihaz sıfır düzeyine getirildi ve numunelerin testleri yapıldı.

Çizelge 4.11. Elektrik ark kaynağının sertlik değeri verileri

Numune adı	Elektrik ark kaynağı	
Sertlik değeri (HRB)	1. Nokta	≈ 58
	2. Nokta	≈ 57
	3. Nokta	≈ 54
	4. Nokta	≈ 54

Çizelge 4.12. Tig kaynağının sertlik değeri verileri

Numune adı	Tig kaynağı	
Sertlik değeri (HRB)	1. Nokta	≈ 61
	2. Nokta	≈ 57
	3. Nokta	≈ 56
	4. Nokta	≈ 54

Çizelge 4.13. Mag kaynağının sertlik değeri verileri

Numune adı	Mag kaynağı	
Sertlik değeri (HRB)	1. Nokta	≈ 59
	2. Nokta	≈ 58
	3. Nokta	≈ 55
	4. Nokta	≈ 54

Çizelge 4.14. Tozaltı kaynağının sertlik değeri verileri

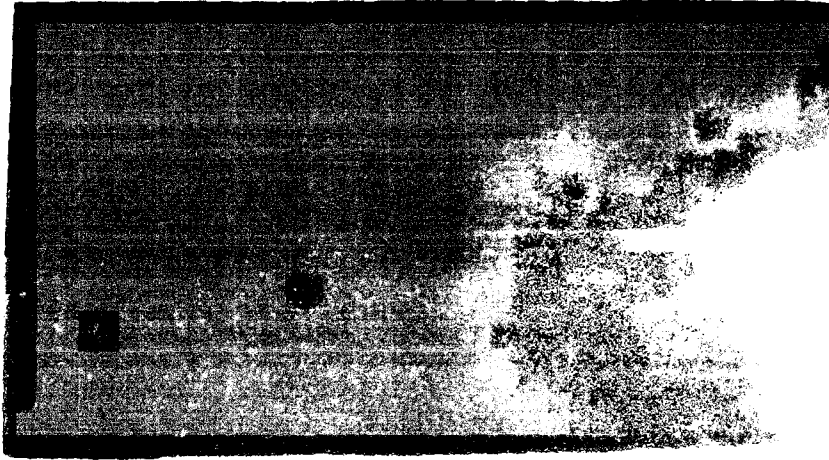
Numune adı	Tozaltı kaynağı	
Sertlik değeri (HRB)	1. Nokta	≈ 56
	2. Nokta	≈ 59
	3. Nokta	≈ 52
	4. Nokta	≈ 54

#### 4.4. Mikro Yapı Özelliklerinin Tesbiti

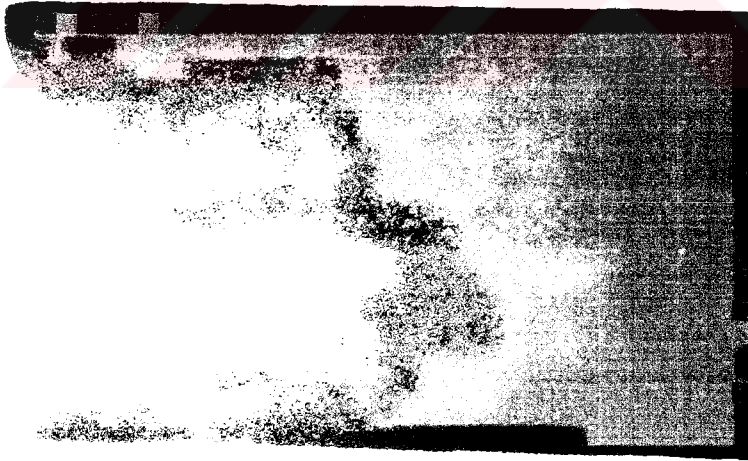
##### 4.4.1. Radyografi deneyi

Radyografi deneyinde her kayanak metodu için hazırlanan deney numunelerinin, kaynaklı bağlantılarda hata olup olmadığını araştırmak amacıyla yapılmıştır.

Kaynaklı bağlantıların çekilmiş olan radyografileri şekil 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12'de görülmektedir.

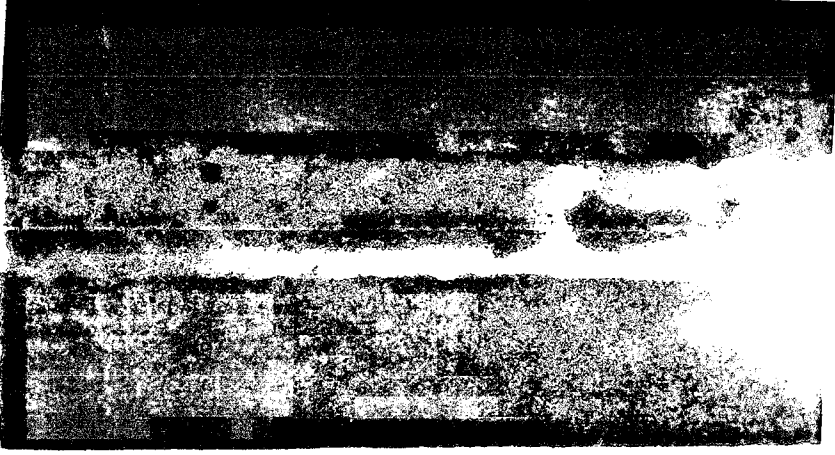


Şekil 4.9. Elektrik ark kaynağının radyografik yapısı



Şekil 4.10 Tig kaynağının radyografik yapısı





Şekil 4.11. Mag kaynağının radyografik yapısı

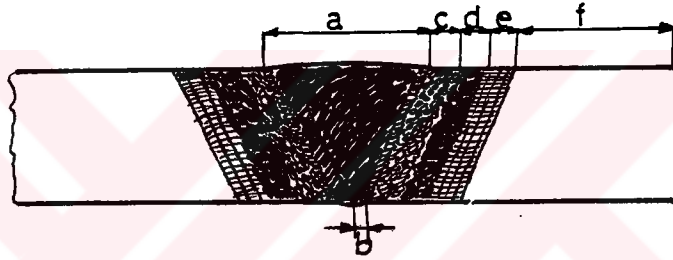


Şekil 4.12. Tozaltı kaynağının radyografik yapısı

#### 4.4.2. Metalografi deneyi

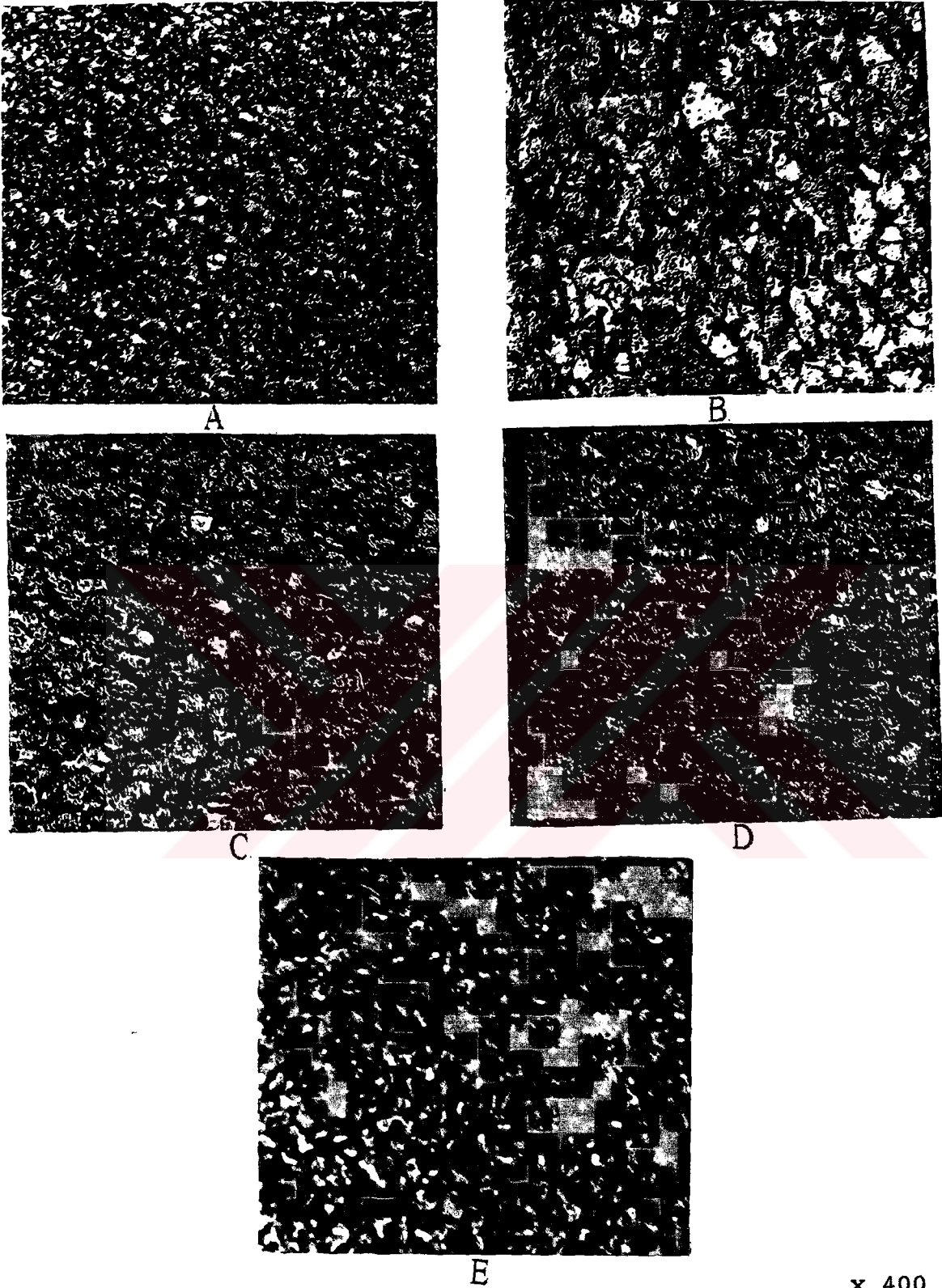
Yapmış olduğumuz kaynaklı bağlantıların mikroyapılarını incelemek amacıyla şekil 4.13'de verilen noktaların metalografileri çekilmiştir. Çekmiş olduğumuz her kaynak metodunun metalografi görüntüleri şekil 4.14, 4.15, 4.16 ve 4.17'de görülmektedir.

Dağlayıcı olarak % 2 HNO<sub>3</sub> ve %98 metonal kullanılmıştır.

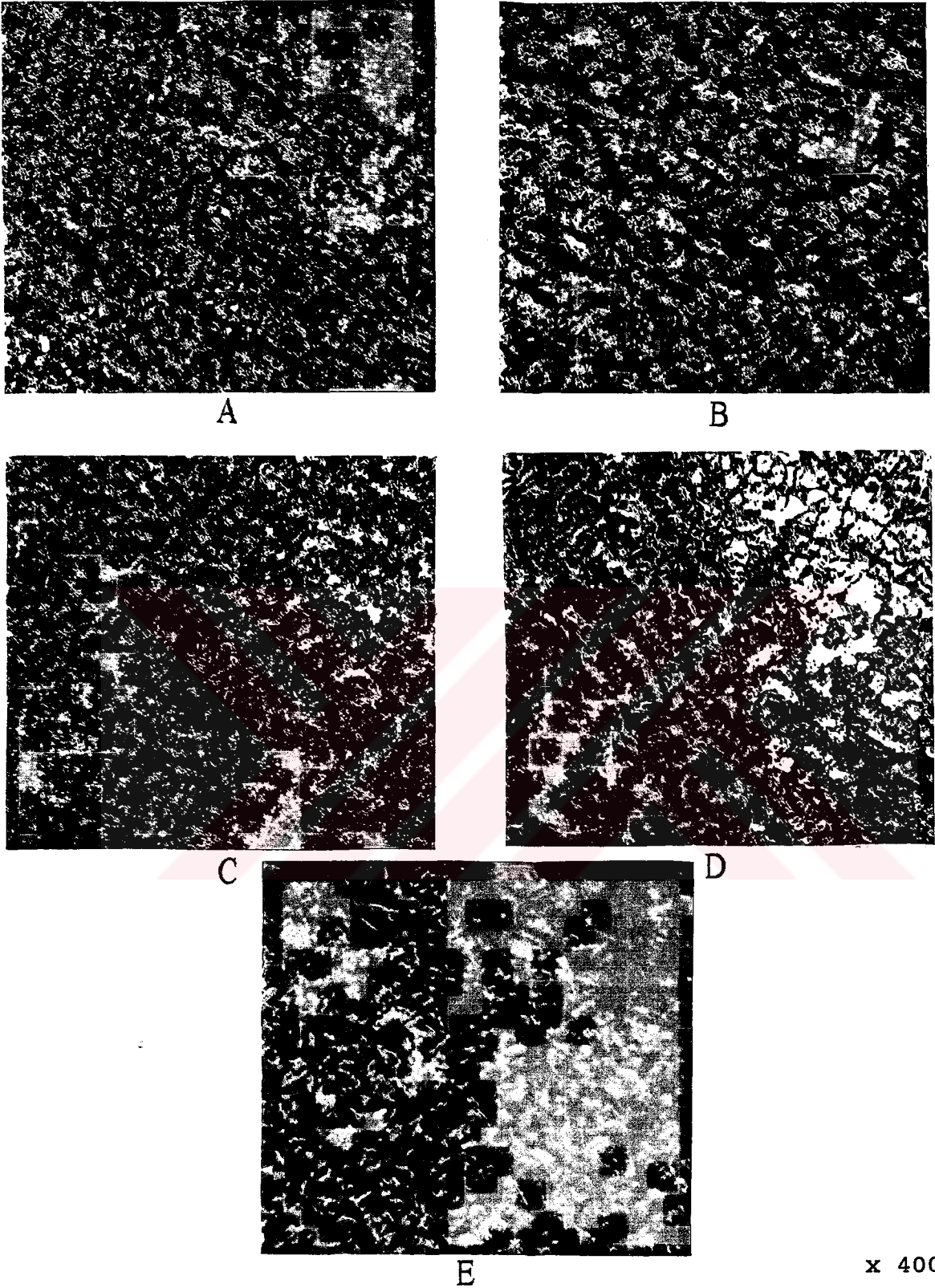


Şekil 4.13. Metalografisi çekilecek deney numunesi

- A- Ergiyen bölgenin optik mikroskoptaki görüntüsü,
- B- Ergiyen bölgeden hemen sonra gelen iri taneli bölgenin optik mikroskoptaki görüntüsü,
- C- İri taneli bölgeyi takip eden ve hemen yanında yer alan ince taneli bölgenin görüntüsü,
- D- İnce taneli bölgeyi takip eden ve hemen bu bölgenin devamında yer alan kısmen dönüşmüş bölgenin görüntüsü,
- E- Esas malzemenin optik mikroskoptaki görüntüsü.

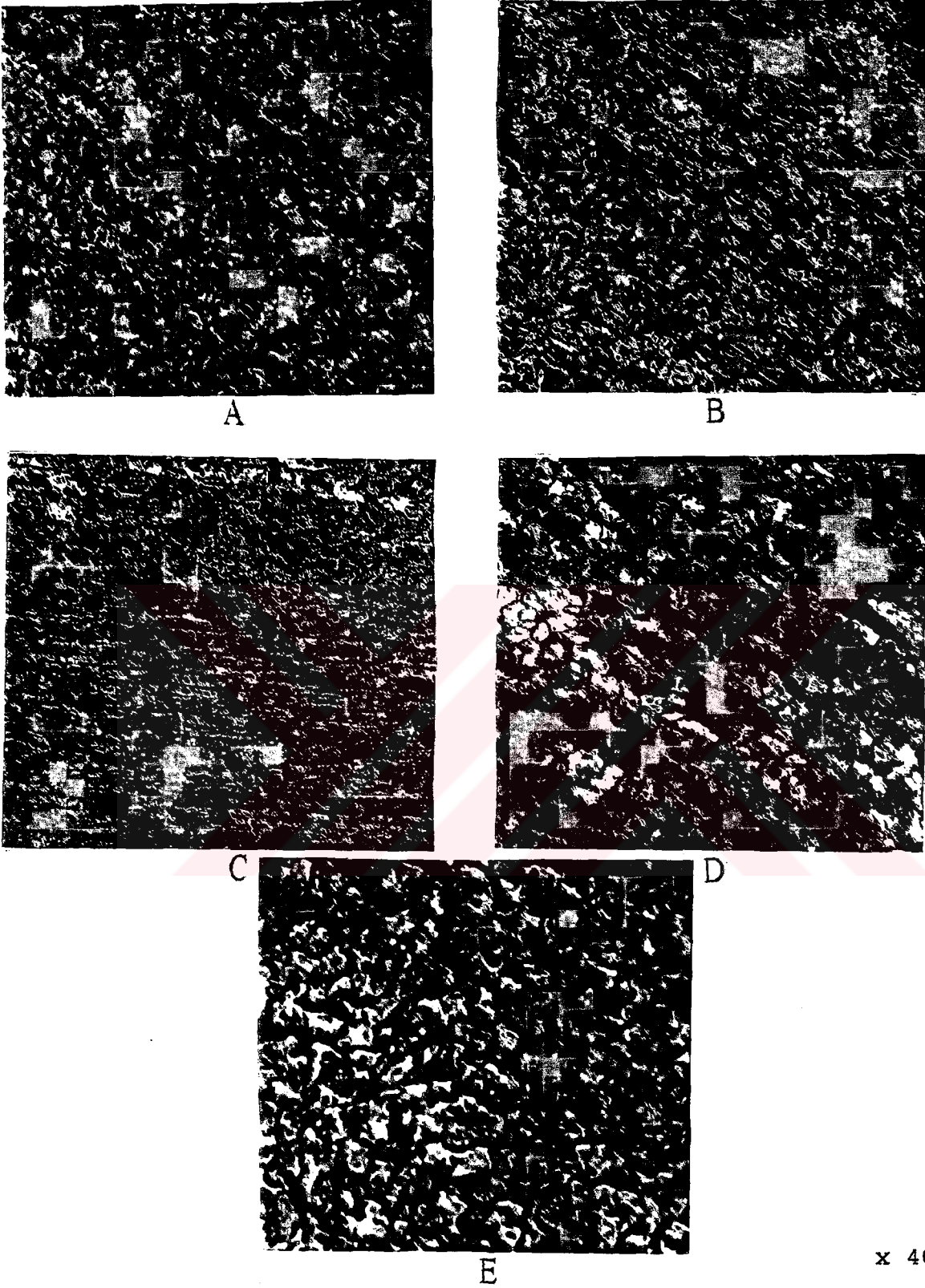


Şekil 4.14. Elektrik ark kaynak bölgesinin optik mikroskoptaki yapısı x 400

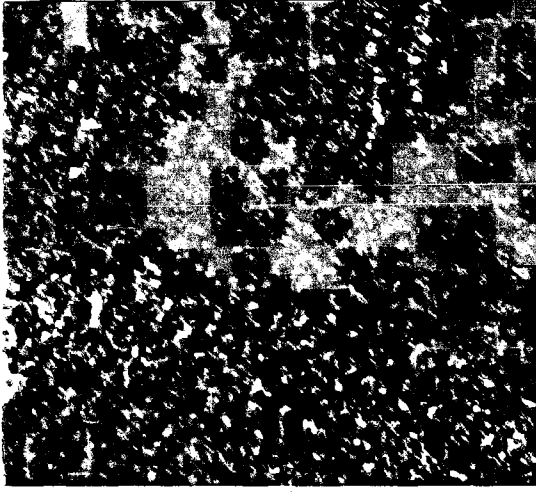


Şekil 4.15. Tig kaynak bölgesinin optik mikroskoftaki yapısı

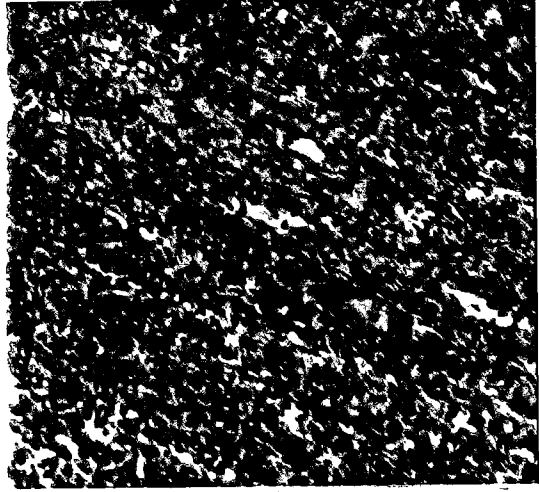




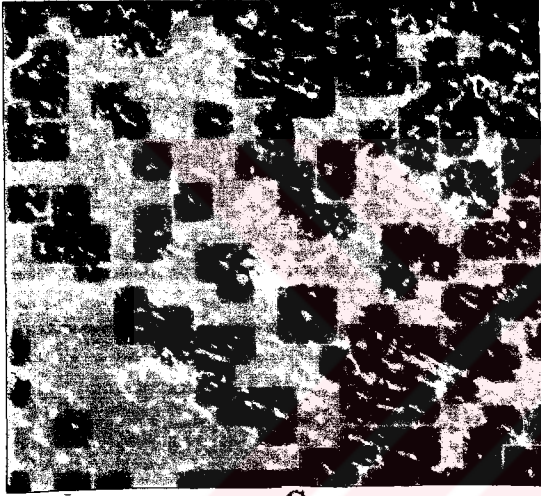
Şekil 4.16. Mig-Mag kaynak bölgesinin optik mikroskoptaki yapısı



A



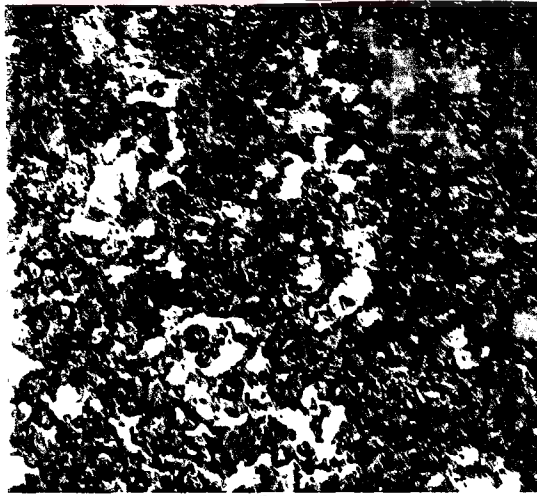
B



C



D



E

x 400

Şekil 4.17. Tozaltı kaynak bölgesinin optik mikroskoptaki yapısı

Yapmış olduğumuz dört adet kaynak yöntemleri, kaynak metalinden başlanarak, ana malzemeye doğru beş ayrı bölgeden optik mikroskopla fotoğrafları çekildi. Fotoğraflar x 400 büyütüldükten sonra bölgeler arasındaki farklar şu şekilde tesbit edilmiştir.

Kaynak metalini (A), kaynak esnasında ortalama  $2300^{\circ}\text{C}$  bir sıcaklığa maruz kalan bölgedir. Kaynak metalini diğer bölgelere göre biraz daha ince tanelidir (Anık, 1991).

İri taneli bölge (B), kaynak metalinin hemen altına tesadüf eden ve kaynak esnasında  $1450$  ila  $1200^{\circ}\text{C}$  arasındaki bir sıcaklığa maruz kalan bölgedir. Çeliğin bileşimine ve soğuma şartlarına göre martenzit veya temperlenmiş martenzit bir yapıya sahiptir (Anık, 1991).

İnce taneli bölge (C), kaynak esnasında  $1200 - 900^{\circ}\text{C}$  arasındaki bir sıcaklığa erişen bölgedir. İç yapı bakımından iri taneli bölgeye benzer ve onun bir devamıdır. Fakat daha ince tanelidir (Anık, 1986).

Kısmen dönüşmüş bölge (D), İnce taneli bölgenin devamı olup, kaynak sırasında  $A_3$  ila  $A_1$  çizgileri arasındaki bir sıcaklığa maruz kalan bölgedir (Anık, 1986).

İç yapı değişikliğine uğramamış bölge (E), bu bölgenin sıcaklığı kaynak esnasında  $A_1$  çizgisinin altındaki sıcaklıklara maruz kalan bölgedir. Genel olarak iç yapı bakımından değişikliğe uğramaz (Anık, 1986).

## 5. TARTIŞMA (KARŞILAŞTIRMA)

### 5.1. Çekme Deney Sonuçlarına Göre Karşılaştırma

Çekme deney sonuçları uygun kaynak metodunu belirleyecek deneylerden sadece birisidir. Çekme deneyi ile kesin sonuca varmak yeterli değildir. Çekme deneyi en çok kullanılan tahribatlı muayene yöntemlerinden sadece birisidir.

Yapmış olduğumuz kaynaklı bağlantıların çekme deney sonuçlarına göre elde edilen verileri çizelge 5.1'de verilmektedir.

Çizelge 5.1. Kaynak metodlarının çekme deney sonuçlarına göre karşılaştırılması

Kay.Met.	$F_{mx\text{ort}}$ (N)	$\sigma_{\phi\text{ort}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$F_{k\text{ort}}$ (N)	$\sigma_{k\text{ort}}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Elk.ark.	≈ 46845	≈ 520.5	46845	520.5
Tig kay.	≈ 47187	≈ 524.3	47187	524.3
Mig-Mag	≈ 47646	≈ 529.4	47646	529.4
Tozaltı	≈ 37143	≈ 412.7	37143	412.7

Tig ve Mag kaynaklarında akma ve çekme noktası yüzde uzama açısından diğer kaynak yöntemlerine göre iyi özelliklere sahip olduğu gözlenmiştir. Elde edilen çekme deney sonuçları deneysel çalışma kısmında verilen parametrelerle uyum içerisindedir.



## 5.2. Sertlik Deney Sonuçlarına Göre Karşılaştırma

Sertlik deneyi her kaynak metodu için üçer adet numunenin sertlik değerleri ortalama olarak alınmıştır. Çizelge 5.2'de sertlik deney sonuçları verilmektedir.

Çizelge 5.2. Kaynak metodlarının sertlik değeri (HRB) karşılaştırma tablosu

Kaynak Yöntemleri	Noktalar (HRB)			
	1 Nokta	2 Nokta	3 Nokta	4 Nokta
Elk.Ark.Kay.	≈ 58	≈ 57	≈ 54	≈ 54
Tig Kay.	≈ 61	≈ 57	≈ 56	≈ 54
Mag Kay.	≈ 59	≈ 58	≈ 55	≈ 54
Tozaltı Kay.	≈ 56	≈ 59	≈ 52	≈ 54

Rocwell B ölçümlerinde, kaynak metallerinin sertlikleri birbirlerine yakın değerlerde olduğu görülmüştür.

Tig kaynak yöntemi ile elde edilen kaynak metalinin sertliği, diğer yöntemlerle elde edilen kaynak metallerinin sertliklerine oranla daha yüksek değer elde edilmiştir.

Çekme deneyi ile elde ettiğimiz sonuçlar sertlik deneyi sonuçları ile uyum içerisindedir.

### 5.3. Radyografik Deney Sonuçlarına Göre Karşılaştırma

Yapmış olduğumuz radyografi muayenesinin amacı kaynaklı bağlantılardaki, kaynak dikişi içerisinde bulunan hataları tesbit etmek ve hataların türlerini belirlemektir.

Radyografik muayene metodunda gözenek, curuf ve benzeri hatalar bir dereceye kadar kabul edilebilen hatalardır(Anık, 1995).

Elektrik ark kaynağında curuf kalıntısı kabul edilebilir derece içerisinde. Çünkü bu curuf kalıntıları çok küçük noktalar halinde bulunmakta ve kaynak dikişini herhangi bir şekilde etkilememektedir. Elektrik ark kaynağında sakallı kaynak dikişi gibi görünen, kaynak dikişi aslında hata olarak değerlendirilmemektedir( Anık, 1995).

Mag kaynağında bulunan küçük bölgesel gözenek kanalları kaynak arkının başlama ve bitişi esnasında uygun olmayan hareketlerden kaynaklanmaktadır. Bu hata kabul edilebilen hata dereceleri içerisinde yer aldığı için kaynakta herhangi bir problem yoktur(Anık, 1995). Film üzerinde fazla gibi gözükken gaz kabarcıkları film'den kaynaklanmaktadır.

Argon ark kaynağında bulunan çok küçük noktalar halinde gözenek zinciri bulunmaktadır. Fakat bu gözenek zincirleri kabul edilen dereceler içerisinde olduğu için kaynaklı bağlantı kabul edilmiştir(Anık, 1995).

Tozaltı kaynağında bir hata bulunmamaktadır, bu durum filmde açık olarak görülmektedir.

#### 5.4. Metalografik Deney Sonuçlarına Göre Karşılaştırma

Metalografi deneyi yapılmasının amacı, dört farklı kaynak yönteminin kaynak metali, iri taneli bölge, ince taneli bölge, kısmen dönüşmüş bölge ve esas malzeme arasında ne gibi farklılıkların oluştuğunu incelemektir.

Deney sonucunda görsel olarak aşağıdaki farklar gözlenmiştir:

Kaynak metalleri (A) bakımından, elektrik ark kaynak yönteminin diğer kaynak yöntemlerine göre iri taneli olduğu gözlemlendi. Tig kaynak yönteminde tane boyutunun daha küçük olduğu gözlenmiştir. Mag ve tozaltı kaynak yöntemlerinin optik mikroskoptaki görüntülerinin tane büyüklükleri birbirlerine yakındır.

İri taneli bölge (B) bakımından, elektrik ark kaynak yönteminin diğer kaynak metodlarına göre daha iri taneli olduğu gözlemlendi. Tig ve Mag kaynak yöntemlerinin tane büyüklükleri oldukça birbirlerine benzemektedir. Tozaltı kaynak yönteminin tane boyutu diğer kaynak yöntemlerinin tane boyutundan daha küçük olduğu gözlenmiştir.

İnce taneli bölge (C) bakımından, elektrik ark kaynağının tane boyutu diğer kaynak yöntemlerinin tane boyutundan daha büyüktür. Mag kaynak yönteminin tane boyutu Tig

ve tozaltı kaynak yöntemine göre daha küçük tane boyutuna sahip olduğunu gözledim.

Kısmen dönüşmüş bölge (D), bakımından tüm kaynak yönteminin birbirlerine yakın büyüklükte olmasına rağmen elektrik ark kaynağının tane büyüklüğü diğer kaynak yöntemlerine göre biraz daha iridir.

Esas malzeme (E), bakımından tüm kaynak yöntemlerinin tane büyüklükleri aynıdır.



## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kaynak metodlarında kaynak metalinin mekanik özellikleri birinci derecede kullanılan kaynak telinin kimyasal bileşimine bağlıdır.

Mekanik özelliklerin belirlenmesi çalışmaları sonunda elde edilen netice çekme ve sertlik mukavemeti gazaltı kaynak yöntemlerinde daha iyi olduğu tesbit edilmiştir.

### 6.1. Sonuçlar

#### 6.1.1. Çekme deney sonuçları

Çekme deney sonunda elde edilen verilere göre, kaynak metodları arasındaki fark şu şekilde oluşmuştur:

TIG ve MAG kaynaklarında çekme ve akma noktası yüzde uzama açısından diğer kaynak metodlarına göre iyi özelliklere sahip oldukları tesbit edilmiştir. TIG ve MAG kaynak metodlarında gözlenen değerler elektrik ark ve tozaltı kaynak metodlarında gözlenen değerlerden daha iyi neticeler vermiştir.

En iyi akma ve çekme oranı MAG kaynağında gözlenmiştir.

#### 6.1.2. Sertlik deney sonuçları

Yapılan deney sonuçlarına göre Kaynak metalinin sertliği açısından 61 HRB ile en yüksek sertlik değeri Tig kaynağında elde edilmiştir. En düşük sertlik değeri 56 HRB ile elektrik ark kaynağında elde edilmiştir.

Sertlik değerleri kaynak metalinin sertlik oranlarına göre baz alınacak olursa TIG ve MAG kaynak metalinin sertlik değerleri birbirlerine yakındır.

#### 6.1.3. Radyografik deney sonuçları

Radyografik incelemelere göre tozaltı kaynağında herhangi bir hataya rastlanmadığından diğer kaynak yöntemlerine göre tozaltı kaynağı en iyi sonucu verdiği gözlemlendi.

#### 6.1.4. Metalografik deney sonuçları

Metalografik incelemelere bakıldığında, tozaltı kaynağında daha ince tane boyutunun olduğu gözlemlenirken, elektrik ark kaynak yönteminde, diğer yöntemlere nazaran daha iri tane boyutu olduğu gözlemlenmiştir. İTAB'ın tane büyüklüğü küçüldükçe, kaynak bölgesinin sünekliği artar. Bu sonuç çekme ve sertlik deney sonuçları ile uyum içerisindedir.

#### 6.2. Öneriler

Ç 1015'e uygun tel ve elektrod seçimi ile dört adet farklı kaynak metodu ile yapılan araştırmada, bulunan değerler yalnızca kaynak metodunu temsil etmektedir. Kaynak metodları ile elde edilen kaynaklı bağlantıların gerçek değerleri bir çok ayrıntıya bağlıdır. Özellikle Tig ve Mag kaynaklarında mukavemetli bulduğumuz değerlerde farklı çıkarılabilir.

Bulmuş olduğumuz akma, çekme ve sertlik deney sonuçları kaynak tasarımcılarının statik hesapları için önemli

değerler verebilir(Gülenç, 1995).

Dört kaynak metodu ile yapılan çalışmadan elde ettiğimiz sonuç ve gözlemlere göre şu önerileri yapabiliriz:

\* Mevcut malzemeye değişik kaynak metodları uygulanarak benzer deneylerle mukayese edilebilir.

\* Kaynak metodları ile yapılan kaynak numunelerine çeşitli ısı işlemler uygulanarak deney sonuçlarının vereceği sonuçlar araştırılmalıdır.

\* Aynı malzemelere, benzer kaynak metodları değişik kaynak parametreleri kullanılarak uygulanabilir, mikroyapı ve mekanik özellikler irdelenebilir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- ANIK, S., 1982, Kaynak tekniği, Cilt 2, İ.T.Ü.
- ANIK, S., ADSAN, K. VE MACUN, A., 1980, Gazaltı kaynak teknikleri, SEGEM, İstanbul.
- ANIK, S., 1983, Kaynak tekniği el kitabı, Ergör matbaası, İstanbul.
- ANIK, S., 1980, Kaynak tekniği Cilt 3, İ.T.Ü. Kütüphanesi, sayı 960, İstanbul.
- ANIK, S., VURAL, M. VE ANIK, E.S., 1993, 1000 soruda kaynak tekniği, Birsen yayınevi, İstanbul.
- ANIK, S., DİKİCİOĞLU, A., 1986, Yapı çeliklerinin kaynak kabiliyeti, Gemi mühendisliği dergisi, Sayı 100.
- ANIK, S., 1995, Tahribatsız muayene semineri, Gedik Eğitim Vakfı, İstanbul.
- ANIK, S., 1991, Kaynak tekniği el kitabı, Gedik holding yayınları.
- Böhler ürün kataloğu, 1995, İstanbul.
- CRESWELL, R.A., 1971, Gases and gas mixturesin Mig and Tig welding, Welding and Metal fabracatoin.
- COLODİNO, M., 1973, Metals Hendbook.
- ERTÜRK, İ., 1994, Mig/Mag kaynak yönteminde kaynak parametrelerinin sıcramakayıpllarına etkilerinin incelenmesi, Doktora Tezi, G.Ü.
- G.M.W.A.4, June 1988, Shelding Gases, Welding desing fabrication.
- GÜRCAN, M., 1987, Tig kaynağı, SEGEM yayınları.



## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- GÜLENÇ; B., 1995, Mig-Mag Kaynağında koruyucu gaz karışımının kaynametallerinin mekanik özelliklerine etkisi, Doktora tezi
- KÜLAHLI, M.E., 1985, Gedik kaynak dünyası.
- MISIR, A., 1991/1, Askaynak teknolejisi.
- OĞUZ, B., 1986, Ark kaynağı, İstanbul.
- OĞUZ, B., 1987, Karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin kaynağı, Oerlikon, İstanbul.
- OERLIKON Ürün kataloğu.
- ONARAN, K., 1993, Malzeme bilimi, İ.T.Ü. Makina fakültesi, İstanbul.
- ÖZGİRGİN, M.C., 1995, Çeliklerin kaynak esnasındaki davranışları, Yüksek lisans Tezi, Sakarya.
- POTADEVSKİİ, A., 1984, Types of Metal spatter in CO<sup>2</sup> Welding, Otomatic Welding.
- RUGE, J., 1980, Handbook der schweisstechnic, Band Ver-  
kstoffe Sprenger, New York.
- REYBEKOW, V., 1987, Arc and Gas welding, Moskow.
- RICHARDSON, H.D., 1968, industrial Radiographymenual  
Washinton.
- SADLER, M.A., 1971, Metals Handbook.
- SMITH, A.A., 1981, CO<sub>2</sub> Welding of Sell Welding instute  
obinton hall, Cambrbge.
- TÜLBENTÇİ, K., 1988, Gedik Kaynak Dünyası, İstanbul.
- TS, 287, 1973, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS, 140, 1974, Türk Standartları Enstitüsü.