

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARK ESASLI KAYNAK YÖNTEMLERİYLE YAPILAN  
UYGULAMALARDA , KUTUPLAMA DURUMU İLE  
İLAVE MALZEME - ERGİME VERİMİ İLİŞKİSİNİN  
İNCELENMESİ**

Makine Müh. Ahmet ERENGİN

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
İmal Usulleri Programında Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Selahattin YUMURTACI**

**İSTANBUL, 2009**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT .....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI .....	2
2.1 Basınç Esaslı Kaynak Yöntemleri.....	2
2.2 Ergitme Esaslı Kaynak Yöntemleri.....	2
3. ELEKTRİK ARK KAYNAĞI.....	3
3.1 MIG/MAG Kaynağı.....	3
3.1.1 Yöntemin Avantajları .....	4
3.1.2 Yöntemin Dezavantajları .....	5
3.1.3 Çalışma Prensibi.....	6
3.1.4 Kaynak Değişkenleri .....	8
3.1.5 Kaynak Sırasında Tüketilen Malzemeler.....	9
3.1.5.1 Elektrodlar.....	9
3.1.5.2 Koruyucu Gazlar .....	11
3.1.5.2.1 Koruyucu Soy Gazlar.....	11
3.1.5.2.2 Argon ve Helyum Karışımı.....	13
3.1.5.2.3 Argon ve Helyuma Oksijen ve Karbondioksit İlavesi.....	13
3.1.5.2.4 Karbondioksit.....	14
3.2 Tozaltı Kaynağı.....	16
3.2.1 Yöntemin Avantajları .....	18
3.2.2 Yönteminin Dezavantajları .....	20
3.2.3 Çalışma Prensibi.....	20
3.2.4 Kullanılan Kaynak Telleri.....	23
3.2.5 Kullanılan Kaynak Tozları.....	27

4.	MIG/MAG VE TOZALTI KAYNAK YÖNTEMLERİNDE İLAVE MALZEME - ERGİME VERİMİ.....	29
5.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	31
5.1	I.aGrup Deneysel Çalışmalar .....	31
5.2	I.bGrup Deneysel Çalışmalar.....	36
5.3	I.Grup Deneysel Çalışmaların Sonuçları .....	41
5.4	II.Grup Deneysel Çalışmalar.....	42
5.5	II.Grup Deneysel Çalışmaların Sonuçları.....	47
6.	SONUÇLAR.....	48
	KAYNAKLAR.....	49
	ÖZGEÇMİŞ.....	50

## SİMGE LİSTESİ

G	Kaynak Dikişı Ağırlığı
$I_k$	Kaynak Akımı
$N_{er}$	İlave Malzeme - Ergime Verimi
t	Zaman
$\Phi$	Çap

## KISALTMA LİSTESİ

DCEN	Direct Current Electrode Negative
DCEP	Direct Current Electrode Positive
GMAW	Gas Metal Arc Welding
ITAB	Isı Tesiri Altındaki Bölge
MIG	Metal Inert Gas
MAG	Metal Active Gas

## ŞEKİL LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1 Gazaltı Kaynağının Prensibi .....	6
Şekil 3.2 Gazaltı Kaynak Donanımı .....	7
Şekil 3.3 Çeşitli Koruyucu Gazların Dikişin Şekline ve Nüfuziyete Etkisi.....	12
Şekil 3.4 Ar + O <sub>2</sub> , Ar + CO <sub>2</sub> ve CO <sub>2</sub> Gazlarının Dikiş Şekline ve Nüfuziyete Etkisi .....	14
Şekil 3.5 Tozaltı Kaynak Yönteminin Donanım Şeması .....	22
Şekil 4.1 MIG kaynak yönteminde Akım Şiddeti - Tel Ergime Verimi İlişkisi.....	29
Şekil 4.2 Kutuplama Durumu - Tel Ergime Verimi İlişkisi .....	30
Şekil 5.1 Uygulama Örneği.....	32
Şekil 5.2 Ar Gazı Kullanılarak Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	33
Şekil 5.3 CO <sub>2</sub> Gazı Kullanılarak Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	34
Şekil 5.4 Ar/CO <sub>2</sub> Gaz Karışımı Kullanılarak Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	35
Şekil 5.5 Ar Gazı Kullanılarak Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	37
Şekil 5.6 CO <sub>2</sub> Gazı Kullanılarak Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	38
Şekil 5.7 Ar/CO <sub>2</sub> Gaz Karışımı Kullanılarak Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	39
Şekil 5.8 Tel Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi.....	40
Şekil 5.9 Özlü Tel Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	40
Şekil 5.10 Uygulama Örneği.....	43
Şekil 5.11 4.00mm çaplı Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	43
Şekil 5.12 3.2mm çaplı Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	44
Şekil 5.13 2.4mm çaplı Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	45
Şekil 5.14 3.2mm çaplı Elektrod ile Farklı Tozlarda Yapılan Uygulamalarda Farklı Tozlarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	46

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1 Sprey İletimi İçin Koruyucu Gazlar .....	15
Çizelge 3.2 Kısa Devre İletimi İçin Koruyucu Gazlar.....	15
Çizelge 3.3 AWS A5.17 - 69'a Göre Tozaltı Kaynağında Kullanılan Tellerin Kimyasal Bileşimleri.....	24
Çizelge 3.4 DEV 8557'ye Göre Tozaltı Kaynağında Kullanılan Tellerin Kimyasal Bileşimleri .....	24
Çizelge 3.5 AWS A5.17-69'a Göre Tozaltı Kaynağı Elektrodları İçin Standart Boyutlar ve Toleransları .....	25
Çizelge 3.6 DEV 668'e Göre Tozaltı Kaynağı Elektrodları İçin Standart Boyutlar ve Toleransları .....	25
Çizelge 3.7 Tozaltı Kaynağı Elektrodları İçin Tel Çapına Uygun Akım Şiddeti Ve Ark Gerilimi Değerleri .....	26
Çizelge 3.8 Elektrod Uzantısı İçin Normal Ve Maksimum Değerler.....	26
Çizelge 3.9 Alaşım Elementlerinin Kaynak Dikişine Kazandırdığı Özellikler.....	27
Çizelge 4.1 MIG kaynak yönteminde Akım Şiddeti-İlave Malzeme Ergime Verimi ilişkisi..	29
Çizelge 4.2 Kutuplama Durumu ile İlave Malzeme- Ergime Verimi İlişkisi .....	30
Çizelge 5.1 Kaynak İşlemi İçin Kullanılan Ana Malzemenin Kimyasal Bileşimi.....	31
Çizelge 5.2 Tel elektrodun Kimyasal Bileşimi.....	31
Çizelge 5.4 Ar - Gazı ile Yapılan Uygulamada Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi.....	33
Çizelge 5.5 CO <sub>2</sub> - Gazı ile Yapılan Uygulamada Akım Şiddeti - İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi.....	34
Çizelge 5.6 Ar/CO <sub>2</sub> - Gaz Karışımı ile Yapılan Uygulamada Akım Şiddeti - İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	35
Çizelge 5.3 Özlü Tel elektrodun Kimyasal Bileşimi .....	36
Çizelge 5.7 Ar - Gazı ile Yapılan Uygulamada Akım Şiddeti –İlave Mazeme Ergime Verimi İlişkisi.....	37
Çizelge 5.8 CO <sub>2</sub> - Gazı ile Yapılan Uygulamada Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi.....	38
Çizelge 5.9 Ar/CO <sub>2</sub> - Gaz Karışımı ile Yapılan Uygulamada Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	39
Çizelge 5.10 Kaynak İşlemi İçin Kullanılan Ana Malzemenin Kimyasal Bileşimi.....	42
Çizelge 5.11 Kaynak Telinin Kimyasal Bileşimi .....	42
Çizelge 5.12 4.0mm çaplı Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti - İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	43
Çizelge 5.13 3.2mm çaplı Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti - İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	44
Çizelge 5.14 2.4mm çaplı Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti - İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	45
Çizelge 5.15 3.2mm çaplı Elektrod ile Farklı Tozlarda Yapılan Uygulamalarda Farklı Tozlarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi .....	46

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca değerli bilgi ve tecrübelerini bana aktaran ve yol gösteren saygıdeğer hocam Prof. Dr. Selahattin YUMURTACI' ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm yaşamım boyunca her zaman arkamda olan aileme maddi ve manevi desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Ağustos 2009

Ahmet ERENGİN

## ÖZET

Bu tez çalışmasının amacı, ark esaslı kaynak yöntemleriyle yapılan uygulamalarda, kutuplama durumu ile ilave malzeme – ergime verimi ilişkisinin incelenmesidir. Yapılan deneysel çalışmalar iki grup altında toplanmıştır. Deneysel çalışmalarda ilave malzeme – ergime veriminin değişiminin incelenmesi, kutuplama durumunun değişimi ile kısıtlanmamıştır. Diğer kaynak parametrelerinin değişimi ile ergime verimi ilişkisi de incelenmiştir. I.grup deneyler, MIG/MAG kaynak yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. II.grup deneylerde ise Tozaltı kaynak yöntemi ile yapılan çalışmalardan oluşmaktadır. Bu çalışmalarda da kaynak parametreleri değişimleri ile ilave malzeme – ergime verimi ilişkisi incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Ergime verimi, MIG/MAG Kaynağı, Tozaltı Kaynağı

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is to investigate the relation of the state of polarity and the melting efficiency on the methods of arc welding. In the experimental studies, the analysis of melting efficiency change is not restrained within the state of polarity change. Other source parameter changes and the relation of melting efficiency are also analyzed. First group of experiments are done with the method of Mig/Mag welding. Second group of experiments consist the studies which are done with the submerged arc welding.

**Key words :** Melting Efficiency, MIG/MAG Welding, Submerged Arc Welding

## 1.GİRİŞ

Metalik malzemeyi ısı ve basınç veya her ikisini birden kullanarak ve aynı cinsten ve ergime aralığı aynı veya yaklaşık bir malzeme katarak veya katmadan birleştirmeye kaynak adı verilir. İki parçanın birleştirilmesinde ilave bir malzeme kullanılırsa, bu malzemeye “ilave metal” adı verilir.

Birleştirilmesi öngörülen malzemelerin kaynak bölgeleri plastik veya sıvı duruma getirilmekte, eş iki malzemenin birleştirilmesi sonucu oluşan kaynak dikişinin özellikleri de ana malzemeninkine benzemektedir. İşlemin yapılmasında, birleştirilecek malzemenin özellikleri, yönteme başvuruş amacı, kaynak olayındaki oluşumlar ve konstrüksiyon türü gibi faktörlere göre belirli önlemlere başvurulması da gerekebilmektedir. Ergitme esaslı kaynak uygulamalarında kaynak bölgelerinin genellikle yardımcı malzemelerle korunması gerekmektedir. Seçilen ilave malzemelerin ise, mümkün olduğun kadar birleştirilen ana malzeme ile aynı ergime aralığına sahip olması, işlem emniyeti bakımından gerekli görölmektedir. Bu tanımlamada belirtilen eş malzeme tabiri, metalurjik anlamda tam bir eşitlik olarak düşünölmemekte, birleşme bölgesindeki tüm malzemelerin birbiri içine karışabilmesi anlamını taşımaktadır (Göltekin N,1991).

## **2.KAYNAK YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI**

Kaynak genel olarak iki grupta incelenir. Bunlar ergitme esaslı kaynak yöntemleri ve basınç esaslı kaynak yöntemleridir.

### **2.1 Basınç Esaslı Kaynak Yöntemleri**

Malzemeyi genellikle ilave metal katmadan basınç altında bölgesel olarak ısıtıp birleştirmektir.

- a) Ateş Kaynağı
- b) Elektrik Direnç Kaynağı
- c) Alüminotermite Basınç Kaynağı
- d) Gaz Basma Kaynağı
- e) Özel Kaynak Yöntemleri

### **2.2 Ergitme Esaslı Kaynak Yöntemleri**

Malzemeyi yalnız sıcaklığın tesiri ile bölgesel olarak (sınırlandırılmış bir kısmını) eritip, ilave bir metal katarak veya katmadan birleştirmektir.

- a)Gaz Ergitme Kaynağı
- b)Elektrik Ark Kaynağı
- c)Alüminotermite Ergitme Kaynağı
- d)Özel Kaynak Yöntemleri

### 3. ELEKTRİK ARK KAYNAĞI

Bu yöntemi ergiyen elektrod ve ergimeyen elektrod ile yapılan kaynak yöntemleri olarak iki başlık altında toplayabiliriz.

- Ergiyen Elektrod ile Ark Kaynak Uygulamaları

a) Elle Örtülü Elektrod ile Kaynak

b) Örgü-Örtülü Elektrod ile Kaynak

c) MIG/MAG Kaynağı

- Ergimeyen Elektrod ile Ark Kaynak Uygulamaları

a)Çeneler Arasında Kaynak

b)Tozaltı Kaynağı

c)Cüruf Altında Kaynak

d)TIG Kaynağı

e)Ark-Atom Kaynağı

f)Karbon-Ark Kaynağı

Deneysel çalışmalar, MIG/MAG ve Tozaltı kaynak yöntemlerinden oluşmaktadır.Bu yüzden bu iki yöntemden kısaca bahsedilmiştir.

#### 3.1 MIG/MAG Kaynağı

Bu yöntemde kaynak için gerekli ısı, sürekli beslenen ve ergiyen bir tel elektrodla kaynak banyosu arasında oluşturulan ark yoluyla ve elektrodan geçen kaynak akımının elektrodta oluşturduğu direnç ısıtması aracılığı ile üretilir. Elektrod çıplak bir tel olup, elektrod besleme tertibatıyla kaynak bölgesine sabit bir hızla sevk edilir. Çıplak elektrod, kaynak banyosu, ark ve esas metalin kaynak bölgesine komşu bölgeleri, atmosfer kirlenmesine karşı dışarıdan sağlanan ve bölgeye bir gaz memesinden iletilen uygun bir gaz veya gaz karışımı tarafından korunur.

Ergiyen elektrodla gazaltı kaynağı fikri 1920'lerde ortaya atılmış olmakla birlikte, ticari anlamda ancak 1948'den itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Yöntem önceleri soy gaz koruması altında yüksek akım yoğunluklarında ince elektrodlarla gerçekleştirilen bir kaynak

yöntemi olarak benimsenmiş ve temelde alüminyumun kaynağına kullanılmıştır. Ergiyen metal elektrod ve soy gaz kullanılması nedeniyle yönteme MIG (Metal Inert Gas) kaynağı adı verilmiştir. Yöntemde daha sonra düşük akım yoğunluklarıyla ve darbeli akımla çalışma, daha değişik metallere uygulama ve koruyucu gaz olarak aktif gazların (CO<sub>2</sub>) ve gaz karışımlarının kullanılması gibi gelişmeler meydana gelmiştir. Bu gelişmeler, aktif koruyucu gazın kullanıldığı yönteme MAG (Metal Active Gas) kaynağı adının verilmesine neden olmuştur. Bu ad ayırımı sadece yöntemin adını belirtmek isteyenlerde sıkıntı yaratmış ve bu nedenle çeşitli ülkeler yöntemi belirtmek amacıyla değişik adlar kullanmaya başlamıştır. Amerika'da bu yönteme “GMAW -Gaz Metal Ark Kaynağı”, İngiltere'de ve Almanya'da ise “MIG/MAG Kaynağı” adı verilmektedir. Ülkemizde de, “Ergiyen Elektrodla Gazaltı veya MIG/MAG Kaynağı” adları kullanılmaktadır.

Hem yabancı hem de yerli literatürde dolgu malzemesinin şeklini belirtmek amacıyla “Tel”, fonksiyonunu belirtmek amacıyla da “Elektrod” terimleri kullanılmaktadır. Bazı durumlarda her ikisini de belirtmek amacıyla “Tel Elektrod” terimine rastlanmaktadır.

Bu yöntemle ilgili diğer bir gelişme de elektrodta meydana gelmiştir. Dolu tel yerine içi metal tozu ile doldurulmuş tüp şeklindeki özlü elektrodlar geliştirilmiştir. Böylece, örtülü elektrodlardaki örtünün bazı görevlerini özün, çekirdek telinin görevini de özü saran çelik tüpün görmesi sağlanmıştır.

Gazaltı kaynağında ark boyu kaynak makinası tarafından kontrol edilir. Kaynakçıdan beklenen, gaz memesini kaynak banyosu üzerinde sabit bir yükseklikte tutarak (genellikle 20 mm) belirli bir hızda hareket ettirmesidir. Ark boyunun kaynak makinası tarafından kontrol edilmesi nedeniyle bu yönteme “Yarı Otomatik Kaynak Yöntemi” adı verilmiştir. Otomatik kaynak yönteminde yukarıda açıklanana ek olarak gaz memesi de iş parçası üzerinde belirli bir hızda otomatik olarak hareket eder. Bu durumda kaynakçının kaynak işlemine fiili bir katkısı yoktur.

Alaşımız çelikler, yüksek mukavemetli düşük alaşımlı çelikler, paslanmaz çelikler, alüminyum, bakır, titanyum ve nikel alaşımları gibi ticari açıdan önemli tüm metaller uygun koruyucu gaz, elektrod ve kaynak değişkenleri seçmek şartıyla, bu yöntemle kaynak edilebilirler.

### **3.1.1 Yöntemin Avantajları**

Yöntemin yaygın olarak kullanılma nedeni, doğal olarak sağladığı üstünlüklerden kaynaklanmaktadır. Bu üstünlükler aşağıda sıralanmıştır:

- a) Ticari metal ve alaşımların tümünün kaynağında kullanılabilen yegane ergiyen elektrodla kaynak yöntemidir.
- b) Elektrik ark kaynağında karşılaşılan sınırlı uzunlukta elektrod kullanma problemini ortadan kaldırmıştır.
- c) Kaynak her pozisyonda yapılabilir. Bu tozaltı kaynağında mümkün değildir.
- d) Metal yığıma hızı elektrik ark kaynağına nazaran oldukça yüksektir.
- e) Sürekli elektrod beslenmesi ve yüksek metal yığıma hızı nedeniyle, kaynak hızları elektrik ark kaynağına nazaran yüksektir.
- f) Elektrod beslenmesinin sürekli olması nedeniyle hiç durmadan uzun kaynak dikişleri çekilebilir.
- g) Sprey iletim kullanıldığında, elektrik ark kaynağına nazaran daha derin nüfuziyet elde edilir. Böylece içköşe kaynaklarında aynı mukavemeti sağlayan daha küçük kaynak dikişleri çekmek mümkün olur.
- h) Yoğun bir cüruf tabakasının olmayışı nedeniyle pasolararası temizlik için harcanan zaman çok azdır.

Bu üstünlükler, gazaltı kaynak yöntemini, özellikle yüksek üretim hızlarına ve otomatik kaynak uygulamalarına uygun hale getirmiştir.

### **3.1.2 Yöntemin Dezavantajları**

Diğer kaynak yöntemlerinde olduğu gibi gazaltı kaynağının kullanılmasını zorlaştıran bazı sınırlamalar da mevcuttur. Bu sınırlamalar aşağıda sıralanmıştır:

- a) Kaynak donanımı, elektrik ark kaynağına nazaran, daha karmaşık, daha pahalı ve bir yerden başka bir yere taşınması daha zordur.
- b) Kaynak torcunun elektrik ark kaynağı pensesinden daha büyük olması nedeniyle ve kaynak metalinin koruyucu gazla etkin bir şekilde korunması amacıyla torcun bağlantıya 10 ila 20 mm arasında değişen yakın bir mesafeden tutulması gerektiği için, bu yöntemin ulaştırılması güç olan yerlerde kullanılması pek mümkün değildir.
- c) Kaynak arkı koruyucu gazı bulunduğu yerden uzaklaştıran hava akımlarından

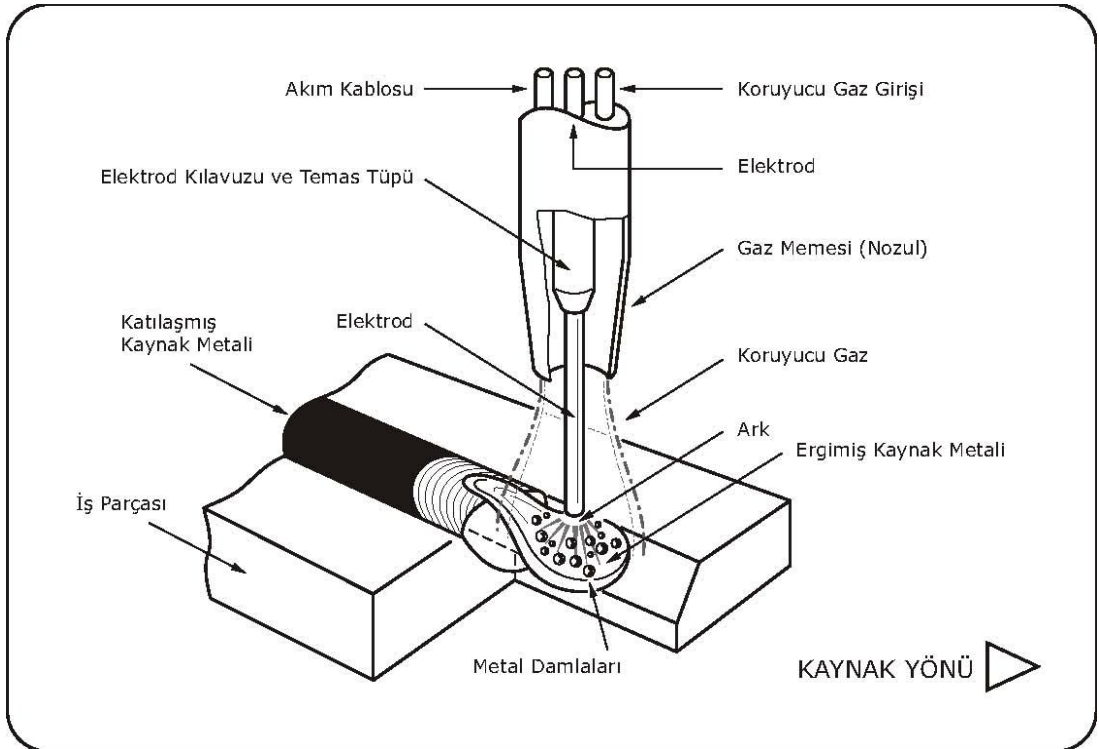
korunmalıdır. Bu nedenle, kaynak alanının etrafı hava akımına karşı koruma altına alınmadıkça, yöntemin açık alanlarda kullanılması mümkün değildir.

- d) Göreceli olarak, çalışma anında yüksek şiddette ısı yayılması ve ark yoğunluğu nedeniyle, bazı kaynakçılar bu yöntemi kullanmaktan kaçınabilir.

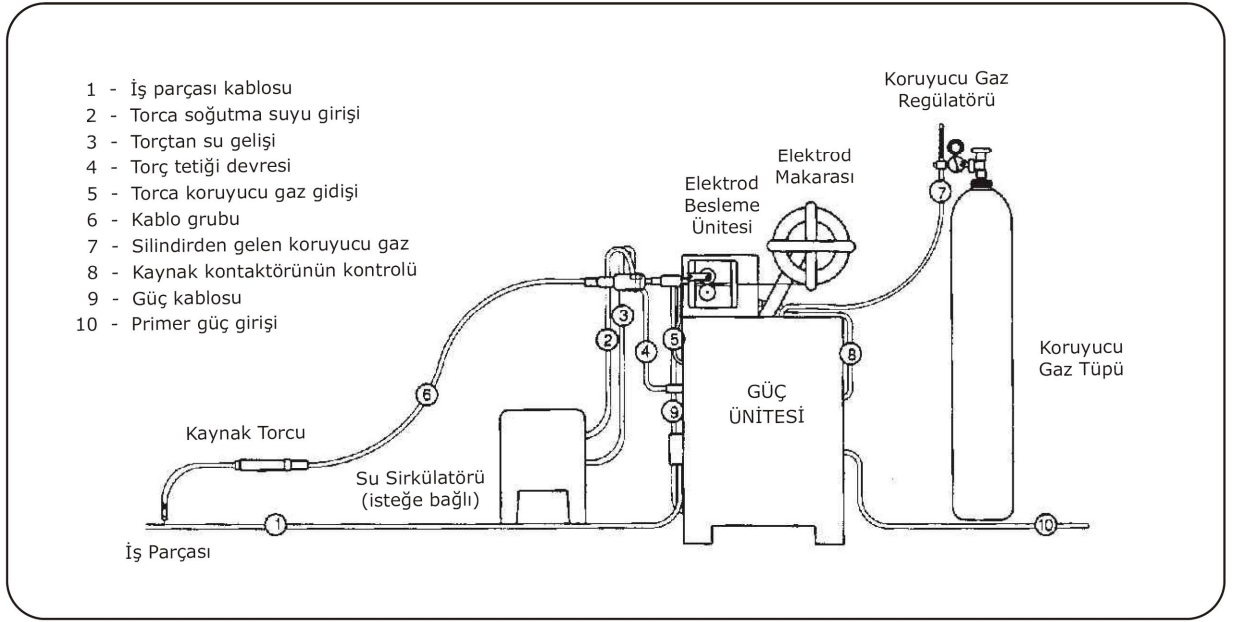
### 3.1.3 Çalışma Prensibi

Bu yöntemde dışarıdan sağlanan gazla korunan ve otomatik olarak sürekli beslenen ve ergiyen elektrod kullanılır (Şekil 3.1).

Kaynakçı tarafından ilk ayarlar yapıldıktan sonra arkın elektriksel karakteristiğinin kendi kendine ayarını otomatik olarak kaynak makinası sağlar. Bu nedenle yarı otomatik kaynakta kaynakçının gerçekleştirdiği elle kontroller; kaynak hızı, doğrultusu ve torcun pozisyonundan ibarettir. Uygun donanım seçilip, uygun ayarlar yapıldığında ark boyu ve akım şiddeti (elektrod besleme hızı) kaynak makinası tarafından otomatik olarak sabit değerde tutulur. Gazaltı kaynağı için gerekli donanım Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Gazaltı Kaynağının Prensibi



Şekil 3.2 Gazaltı Kaynak Donanımı

Kaynak donanımı 4 temel gruptan oluşmuştur:

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

Torç ve kablo grubu üç görevi yerine getirir. Koruyucu gazı ark bölgesine taşır, elektrodu temas tüpüne iletir ve güç ünitesinden gelen akım kablosunu temas tüpüne iletir. Kaynak torcunun tetiğine basıldığı zaman, iş parçasına aynı anda gaz, güç ve elektrod iletilir ve bir ark oluşur. Ark boyunun kendi kendisini ayarlamasını sağlamak için elektrod besleme ünitesi ile güç ünitesi arasında ilişki sağlayan iki türlü çözüm mevcuttur. Bunlardan en fazla bilineni de sabit gerilimli bir güç ünitesi (yatay gerilim-akım karakteristiği sağlayan güç ünitesi) ile sabit hızlı bir elektrod besleme ünitesi kullanmaktır. İkinci çözüm ise azalan bir gerilim-akım karakteristiği sağlar ve elektrod besleme ünitesinin besleme hızı ark gerilimi yoluyla kontrol edilir. Sabit gerilim ve sabit elektrod besleme hızı çözümünde torcun pozisyonundaki değişme kaynak akımında da değişmeye neden olur. Kaynak akımındaki bu değişme ise derhal serbest elektrod uzunluğunu değiştirerek (elektrod ergime hızı değiştiğinden) ark boyunun sabit kalmasını sağlar. Torcun iş parçasından uzaklaşması nedeniyle serbest elektrod uzunluğunda meydana gelen artma kaynak akımında azalmaya neden olarak elektrodta direnç ısınmasının da aynı değerde kalmasını sağlar. Diğer çözümde ise, ark geriliminde meydana gelen

değişmeler elektrod besleme sisteminin kontrol devrelerini yeniden ayarlar ve bu sayede elektrod besleme hızı uygun bir şekilde değiştirilir.

### 3.1.4 Kaynak Değişkenleri

Kaynak nüfuziyetini, dikiş geometrisini ve genel kaynak kalitesini etkileyen kaynak değişkenleri aşağıda verilmiştir:

- a) Kaynak akımı
- b) Kutuplama
- c) Ark gerilimi
- d) Kaynak hızı
- e) Serbest elektrod uzunluğu
- f) Elektrod açıları
- g) Kaynak pozisyonları
- h) Koruyucu gazlar
- i) Elektrod (tel) çapı

Yeterli kaliteye sahip kaynak dikişleri elde edebilmek için bu değişkenlerin etkilerini iyi bir şekilde anlamak ve bunları kontrol etmek gerekir. Bu değişkenler birbirinden bağımsız değildir. Birinin değiştirilmesi, arzu edilen sonucu elde edebilmek için diğerlerinin veya birkaçının değiştirilmesini gerektirir. Her bir uygulamada en uygun ayarları seçmek için önemli ölçüde yetenek ve tecrübe gerekir. Kaynak değişkenlerinin en uygun değerleri aşağıdaki faktörler gözönüne alınarak seçilir.

- a) Esas metalin tipi
- b) Elektrod bileşimi
- c) Kaynak pozisyonu
- d) Kaynak bağlantısının kalitesi ile ilgili istekler

Buna göre her uygulama için en uygun sonuçları veren tek bir değişken topluluğu yoktur.

### 3.1.5 Kaynak Sırasında Tüketilen Malzemeler

Aşınan ve değiştirilmesi gereken gaz memesi, kılavuz hortumunun gömleği ve temas tüpü gibi kaynak makinası elemanlarının yanında, işlem sırasında tüketilen koruyucu gaz ve elektrod gibi sarf malzemeleri de bulunmaktadır. Elektrodun, esas metalin ve koruyucu gazın bileşimleri kaynak metalinin kimyasal bileşimini belirler. Kaynak metalinin bileşimi ise, kaynak bağlantısının kimyasal ve mekanik özelliklerini büyük ölçüde etkiler. Kaynak elektrodunun ve koruyucu gazın seçimi sırasında aşağıdaki faktörlere dikkat etmek gerekir:

- a) Esas metal
- b) Kaynak metalinden beklenen mekanik özellikler
- c) Esas metalin hangi şartlarda olduğu ve temizliği
- d) Kaynaklı bağlantının çalışma şekli veya varsa şartname talepleri
- e) Kaynak pozisyonu
- f) Arzu edilen metal iletim tipi

#### 3.1.5.1 Elektrodlar

Birleştirme işlerinde elektrodun bileşimi esas metalin bileşimine benzerdir. Kaynak arkında oluşan kayıpları karşılamak veya kaynak banyosuna oksit giderici maddeler sağlamak amacıyla elektrodun bileşimi hafif bir şekilde değiştirilebilir. Bu değişiklikler esas metalin bileşiminden çok az bir farklılaşma yaratılarak yapılabilir. Ancak bazı uygulamalarda, başarılı bir kaynak karakteristiği ve kaynak metali özelliği elde edebilmek için esas metalden tamamen farklı kimyasal bileşime sahip elektrodlar gerekebilir. Örneğin, manganez bronzunun gazaltı kaynağı için en başarılı elektrodlar ya alüminyum bronzu veya bakır-manganez-nikel-alüminyum alaşımlı elektrodlardır.

Yüksek mukavemetli alüminyum ve çelik alaşımları için en uygun elektrodlar bileşim olarak kullanıldığı esas metalden farklıdır. Bunun nedenlerinden biri, örneğin 6061 alüminyum alaşımlarının bileşimlerinin kaynak dolgu metali olarak kullanılmaya müsait olmamasıdır. Sonuç olarak, elektrod alaşımları arzu edilen kaynak metali özelliklerini sağlayacak ve kabul edilebilir çalışma karakteristiğine sahip olacak şekilde tasarlanırlar.

Elektrodun bileşiminde hangi türden değişiklikler yapılırsa yapılsın elektroda oksit gidericiler ve temizleme etkisine sahip diğer elementler ilave edilir. Bu işlem, kaynakta gözenekliliği en aza indirmek ve kaynak metalinde iyi mekanik özellikler sağlamak amacıyla yapılır. Güvenilir kaynak dikişleri elde edebilmek için uygun oksit gidericileri uygun miktarlarda ilave etmek gerekir.

Çelik elektrotlarda sıkça kullanılan oksit gidericiler manganez, silisyum ve alüminyumdur. Nikel alaşımı elektrotlarda kullanılan temel oksit gidericiler ise, titan ve silisyumdur. Bakır ve bakır alaşımı elektrotlarda ise bu amaçla titan, silisyum veya fosfor kullanılır.

Gazaltı kaynağında kullanılan elektrotlar tozaltı ark veya özlü elektrodla ark kaynağında kullanılanlara nazaran çok daha küçük çapa sahiptirler. Genelde elektrod çapları 0.8 ile 1.6 mm arasındadır. Ancak 0.5 mm'ye kadar ince ve 3.2 mm'ye kadar kalın çaplı elektrotlar da kullanılabilir. Elektrod çapının küçük olması ve akım şiddetinin göreceli olarak yüksek olması elektrod besleme hızlarının yüksek olmasını gerektirir. Besleme hızları magnezyum hariç, çoğu metaller için 40 ile 340 mm/s arasında değişir. Magnezyumda ise üst değer 590 mm/s'ye kadar çıkabilir.

Böylesine yüksek hızlar için elektrotlar uygun şekilde temperlenmiş, uzun ve sürekli tel halinde hazırlanmıştır ve bunlar kaynak ekipmanı boyunca sürekli ve yumuşak bir biçimde beslenirler.

Çaplarının küçük olması nedeniyle elektrotlar yüksek yüzey/hacim oranına sahiptir. Elektrod yüzeyinde kalan herhangi bir çekme bileşiği ve yağlayıcısı kaynak metalinin özelliklerini kötü bir şekilde etkileyebilir. Bu yabancı maddeler alüminyum ve çelik alaşımlarında kaynak metali gözenekliliğine ve yüksek mukavemetli çeliklerde de kaynak metalinde veya ısı tesiri altındaki bölgede çatlama neden olurlar. Sonuç olarak elektrotlar yüzeylerine kirleticiler yerleşmeyecek kadar yüksek kalitede bir yüzeye sahip olacak şekilde üretilmektedir. Çizelge 3.1 'de çeşitli malzemeler için tavsiye edilen elektrotlar gösterilmiştir.

Gazaltı kaynağı birleştirme amacıyla kullanıldığı gibi, malzemelerin yüzeyine aşınma veya korozyon direnci kazandırmak veya bir başka amaç için yüzey dolgusu yapmak amacıyla da geniş ölçüde kullanılmaktadır. Yüzey doldurma sırasında kaynak metalinin esas metalle karışması göz önüne alınması gereken en önemli konudur. Bu ark karakteristiğinin ve uygulanan tekniğin bir fonksiyonudur. Gazaltı kaynağında metal iletim tipine bağlı olarak % 10'dan % 50'ye kadar değişen karışma oranları ortaya çıkabilir. Bu nedenle yüzeyde istenen dolgu bileşimini elde edebilmek için üst üste birden fazla pasoya sahip dolgu işlemi gerekebilir.

### 3.1.5.2 Koruyucu Gazlar

Metallerin çoğu oksit oluşturmak üzere oksijenle birleşmeye kuvvetli bir eğilim ve metal nitritleri oluşturmak üzere de azotla birleşmeye daha düşük ölçüde bir eğilim gösterirler. Oksijen ergimiş çelikteki karbonla, karbonmonoksit gazı oluşturmak üzere reaksiyona girer. Bu reaksiyonların ürünleri aşağıdaki kaynak hatalarının oluşumuna neden olur:

- a) Oksitler nedeniyle ergime hataları
- b) Gözenek, oksit ve nitritler nedeniyle oluşan mukavemet kayıpları
- c) Oksitler ve nitritler nedeniyle kaynak metalinin gevrekleşmesi

Atmosfer yaklaşık % 80 azot, % 20 oksijenden meydana geldiği için kaynak sırasında bu reaksiyonların ürünleri kolaylıkla oluşur. Koruyucu gazın temel görevi çevredeki atmosferin ergimiş kaynak banyosuyla temasını engellemektir. Yani koruyucu gaz burada örtülü elektrodlardaki örtünün görevini görür. Esas görevi dışında koruyucu gazın kaynak işlemine ve sonuçta elde edilen kaynak dikişine aşağıda belirtilen hususlar yoluyla önemli etkileri vardır :

- a) Arkın karakteristiği
- b) Metal transferinin şekli
- c) Nüfuziyet ve kaynak dikişinin profili
- d) Kaynak hızı
- e) Yanma oluşu oluşma eğilimi
- f) Temizleme etkisi
- g) Kaynak metalinin mekanik özellikleri

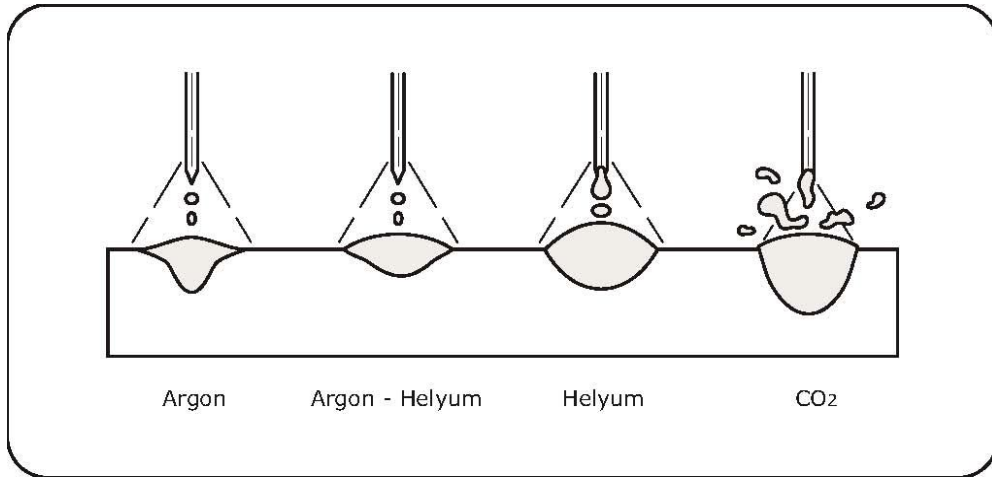
#### 3.1.5.2.1 Koruyucu Soy Gazlar

Argon ve helyum soy gazlardır. Bu gazlar ve bunların karışımı demirdışı metallerin kaynağında mutlak bir şekilde kullanılırlar. Bu gazlar paslanmaz çeliklerin ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında da kullanılmaktadır. Argon ve helyum gazları aşağıda belirtilen hususlarda önemli farklılıklar gösterir.

- a) Yoğunluk
- b) Isıl iletkenlik
- c) Ark karakteristiği

Argonun yoğunluğu havanın yoğunluğunun 1.4 katı iken (yani daha ağır) helyumun yoğunluğu havanın yoğunluğunun 0.14'ü kadardır (yani daha hafif). Koruyucu gaz ne kadar ağır ise o gaz verilen bir debide arkı koruma ve kaynak alanını örtme konusunda o kadar etkindir. Bu nedenle helyumla koruma yapıldığında aynı etkili korumayı sağlamak için argonla korumada kullanılan debinin iki veya üç katı yüksekliğinde debi kullanılması gerekir.

Helyum argondan daha yüksek ısıl iletkenliğine sahiptir ve aynı zamanda içinde ark enerjisinin daha üniform şekilde dağıldığı bir ark plazması oluşturur. Argonun oluşturduğu ark plazmasında iç bölgede çok yüksek bir enerji mevcuttur ve bu bölge daha az ısı enerjisi içeren bir mantıyla sarılıdır. Bu fark kaynak dikiş profilini önemli ölçüde etkiler. Helyum arkı derin, geniş parabolik kaynak kesiti oluşturur. Argon arkı ise şişe emziğine benzer bir nüfuziyet oluşturur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Çeşitli Koruyucu Gazların Dikişin Şekline ve Nüfuziyete Etkisi

Verilen bir elektrod besleme hızında argon arkının gerilimi helyum arkının geriliminden önemli ölçüde düşüktür. Bunun sonucunda argon arkında ark boyundaki değişmeye bağlı olarak gerilimde daha az bir değişme meydana gelecektir ve ark helyum arkına nazaran daha kararlı olacaktır. Argon arkı (% 80 argon gazı karışımına kadar da dahil olmak üzere) geçiş akımı üzerindeki akım değerlerinde aksel spray ark iletimi oluşturur. Helyum arkı normal çalışma bölgesinde iri damlalı metal iletimi oluşturur. Bu nedenle helyum arkı argon arkına

nazaran daha fazla sıçramaya ve daha kötü kaynak dikişi görünüşüne neden olur.

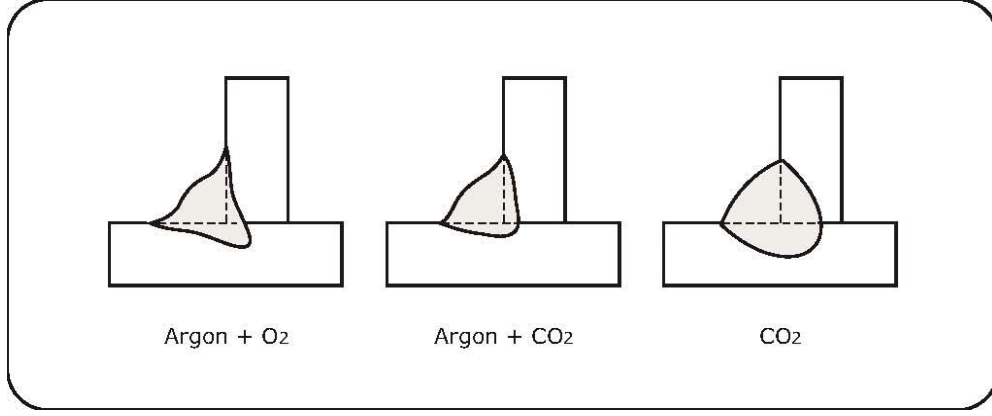
Çok kolay iyonize olan argon gazı bu nedenle arkın tutuşmasını kolaylaştırır ters kutuplamayla birlikte kullanıldığında mükemmel yüzey temizleme etkisi sağlar.

### **3.1.5.2.2 Argon ve Helyum Karışımı**

Saf argonla koruma demir dışı metallerin birçok uygu-lamasında kullanılır. Saf helyum kullanımı sınırlı bir ark kararlılığı sağlaması nedeniyle çok özel alanlarda sınırlanmıştır. Ancak helyum arkıyla derin, geniş ve parabolik kaynak profili özellikleri elde edilmesi nedeniyle, Argon-Helyum gaz karışımı koruyucu gaz olarak kullanılmaktadır. Sonuçta kaynak dikişi profilinde iyileşme sağlandığı gibi, argonun aksenal spreynin metal iletimi oluşturma özelliğinden de yararlanır. Kısa devre iletimde, daha iyi ergime sağlamak amacıyla % 60'dan % 90'a kadar helyum içeren Argon-Helyum karışımı koruyucu gazlar kullanılır. Paslanmaz çelik, düşük alaşımlı çelikler gibi bazı metaller için daha yüksek ısı girdisi elde etmek amacıyla CO<sub>2</sub> ilavesi yerine helyum ilavesi yapılır. Bunun nedeni helyumun, dikişin mekanik özelliklerini ters yönde etkileyen kaynak metali reaksiyonları oluşturmamasıdır.

### **3.1.5.2.3 Argon ve Helyuma Oksijen ve Karbondioksit İlavesi**

Saf argon ve belli bir dereceye kadar helyum demir dışı malzemelerin kaynağında çok mükemmel sonuçlar sağlar. Ancak, bu koruyucu gazlar saf halde demir esaslı malzemelerin kaynağında başarılı çalışma özellikleri sağlamaz. Ark kararsız olma eğilimi gösterir. Helyumla korumada buna ilave olarak sıçrama meydana gelir. Saf argonla korumada “yanma oluşu” oluşma olasılığı büyük ölçüde artar. Argona % 1-5 O<sub>2</sub> veya % 3-10 CO<sub>2</sub> (ve % 25'e kadar CO<sub>2</sub>) ilavesi önemli ölçüde iyileşme sağlar. Saf gaza katılacak en uygun O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> miktarı kaynak edilecek parçanın yüzey durumu (hadde tufalı), bağlantı geometrisi, kaynak pozisyonu ve esas metalin bileşimine bağlıdır. Genellikle % 3 O<sub>2</sub> veya % 9 CO<sub>2</sub> bu değişkenlerin büyük bir aralıkta etkilerini gözönünde bulunduran oranlardır. Argona CO<sub>2</sub> ilavesi aynı zamanda dikiş profilinin şeklini de iyileştirir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Argon + O<sub>2</sub>, Argon + CO<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> Gazlarının Dikiş Şekline ve Nüfuziyete Etkisi

#### 3.1.5.2.4 Karbondioksit

Saf karbondioksit alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında geniş ölçüde kullanılan bir aktif gazdır. Bu gazın yoğun olarak kullanılma nedeni:

- Daha yüksek kaynak hızı
- Daha fazla bağlantı nüfuziyeti
- Daha düşük maliyet sağlamasıdır.

CO<sub>2</sub> ile korumada metal iletimi ya kısa devre ya da iri damla tipidir. Eksenel spreylere iletimi argonla korumaya özgü bir özelliktir ve bunu CO<sub>2</sub> ile elde etmek mümkün değildir. İri damla iletimi ile elde edilen ark oldukça kararsızdır ve önemli miktarda sıçramaya neden olur. Sıçramayı en az düzeye indirmek için kaynak şartlarının çok kısa “gömülü ark” (elektrodun ucu gerçekte iş parçası yüzey seviyesinin altındadır) sağlayan düşük gerilim değerine ayarlanması gerekir.

Çizelge 3.1 Sprey İletimi İçin Koruyucu Gazlar

Ana Metal	Koruyucu Gaz	Üstünlükleri
Alüminyum ve Alüminyum Alaşımları	Argon	25 mm'den küçük kalınlıklarda en iyi damla iletimi ve en az sıçrama oluşturur.
	% 35 Ar + % 65 He	25-75 mm kalınlıklarda saf argona oranla daha fazla ısı girdisi elde edilir. 5XXX serisi Al-Mg alaşımlarında erime özelliğinde iyileşme sağlar.
	% 25 Ar + % 75 He	75 mm'den büyük kalınlıklarda en yüksek ısı girdisi, gözenek oluşumunun en düşük seviyede tutulmasına olanak sağlar.
Magnezyum	Argon	Mükemmel temizlik etkisi yaratır.
Alaşımsız Çelikler	Argon + % 1-5 O <sub>2</sub>	Arkin kararlılığını artırır, daha akışkan ve kontrol edilebilir bir kaynak banyosu oluşturur, iyi bir birleşme ve dikiş profili sağlar, yanma oluşunu en az düzeye indirir, saf argona oranla daha yüksek kaynak hızına olanak sağlar.
	Argon + % 3-10 CO <sub>2</sub>	İyi bir dikiş profili oluşturur, sıçramayı en az düzeye indirir, soğuk kaynak olasılığını azaltır, pozisyon kaynağına uygun değildir.
Düşük Alaşımlı Çelikler	Argon + % 2 O <sub>2</sub>	Yanma oluşunu en az düzeye indirir, iyi bir tokluk sağlar.
Paslanmaz Çelikler	Argon + % 1 O <sub>2</sub>	Arkin kararlılığını artırır, daha akışkan ve kontrol edilebilir bir kaynak banyosu oluşturur, kalın paslanmaz çeliklerde yanma oluşunu en az düzeye indirir.
	Argon + % 2 O <sub>2</sub>	İnce paslanmaz çeliklerde % 1 O <sub>2</sub> 'li karışıma oranla daha iyi bir ark kararlılığı ve birleşme sağlar.
Bakır, Nikel ve Alaşımları	Argon	İyi bir ıslanma sağlar, 3 mm kalınlıklara kadar kaynak metalinin akışkanlığını artırır.
	Argon + Helyum	% 50-75 He karışımı kalın parçalardaki ısı kaybını karşılayacak derecede yüksek ısı girdisi sağlar.
Titanyum	Argon	İyi bir ark kararlılığı ve kaynakta en az kirlenme sağlar. Kaynak alanının arkasından hava kirlenmesini önlemek için soygaz altlığı gereklidir.

Çizelge 3.2 Kısa Devre İletimi İçin Koruyucu Gazlar

Ana Metal	Koruyucu Gaz	Üstünlükleri
Alaşımsız Çelikler	% 75 Ar + % 25 CO <sub>2</sub>	3 mm kalınlıklara kadar yüksek kaynak hızları ve en az distorsiyon ve az sıçrama sağlar.
	% 75 Ar + % 25 CO <sub>2</sub>	3 mm'den kalın parçalarda en az sıçrama ve temiz kaynak görüntüsü sağlar. Düşey ve tavan pozisyonlarında iyi bir banyo kontrolü elde edilir.
	CO <sub>2</sub>	Daha derin nüfuziyet ve daha yüksek kaynak hızı elde edilir.
Paslanmaz Çelikler	% 90 He + % 7.5 Ar + % 2.5 CO <sub>2</sub>	Korozyon direnci üzerinde kötü bir etkisi yoktur. Isı tesiri altındaki bölge dar olup yanma oluşu oluşmaz. En az distorsiyon sağlar.
Düşük Alaşımlı Çelikler	% 60-70 He + % 25-35 Ar + % 4.5 CO <sub>2</sub>	En az reaktivite, mükemmel tokluk, mükemmel ark kararlılığı, ıslatma özelliği ve dikiş profili sağlar. Çok az sıçrama oluşur.
	% 75 Ar + % 25 CO <sub>2</sub>	Orta derecede tokluk, mükemmel ark kararlılığı, ıslatma özelliği ve dikiş profili sağlar. Çok az sıçrama oluşur.
Alüminyum Magnezyum, Nikel ve Bunların Alaşımları	Argon Argon + Helyum	Sac parçalarda Argon başarılı bir şekilde kullanılır. 3 mm'den büyük kalınlıklarda ise Argon + Helyum karışımı tercih edilir.

Argonca zengin koruyucu gazla genel olarak kıyaslandığında CO<sub>2</sub> korumalı ark daha kaba bir yüzey profiliyle birlikte mükemmel nüfuziyete sahip bir kaynak dikişi oluşturur. Gömülü ark nedeniyle kaynak dikişinin kenarlarında çok daha az “yıkama” etkisi oluşur. Çok güvenilir kaynak dikişleri elde edilmekle birlikte, arkın oksitleyici karakteri nedeniyle dikişin mekanik özellikleri kötü yönde etkilenebilir.

### 3.2 Tozaltı Kaynağı

Tozaltı kaynağı, kaynak için gerekli ısının, tükenen elektrod (veya elektrodlar) ile iş parçası arasında oluşan ark (veya arklar) sayesinde ortaya çıktığı bir ark kaynak yöntemidir. Ark bölgesi kaynak tozu tabakası ile, kaynak metali ve kaynağa yakın ana metal de ergiyen kaynak tozu (cüruf) ve kaynak dikişi tarafından korunur. Tozaltı kaynağında elektrik , arkta ve ergimiş metal ile ergimiş cüruftan oluşan kaynak banyosundan geçer. Ark ısıyı elektrodu, kaynak tozunu ve ana metali ergiterek kaynak ağzını dolduran kaynak banyosunu oluşturur. Koruyucu görevi yapan kaynak tozu ayrıca kaynak banyosu ile reaksiyona girerek kaynak metalini deokside eder. Alaşımli çelikleri kaynak yaparken kullanılan kaynak tozlarında, kaynak metalinin kimyasal kompozisyonunu dengeleyen alaşım elementleri bulunabilir. Tozaltı kaynağı otomatik bir kaynak yöntemidir. Bazı tozaltı kaynak uygulamalarında iki veya daha fazla elektrod aynı anda kaynak ağzına sürülebilir. Elektrodlar yan yana (twin arc) kaynak banyosuna sürülebilir veya kaynak banyolarının birbirinden bağımsız katılmasını sağlayacak kadar uzaklıkta, arka arkaya sürülerek yüksek kaynak hızı ve yüksek metal yığıma hızına ulaşılabilir.

Örtülü elektrod ile yapılan elektrik ark kaynağında, ergime gücünün ve kullanılan akım şiddetinin sınırlı olması kaynak hızını da sınırlamaktadır. Hızla gelişen sanayinin ihtiyaçlarına cevap verebilmek için araştırmacılar İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra yeni kaynak yöntemleri ortaya çıkarmışlardır. İlk defa 1933 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılmaya başlanılan tozaltı kaynak yöntemi, 1937'den sonra Avrupa'da da tatbikat sahasına girmiştir.

Bugünün sanayisinin tatbik ettiği, yüksek ergime gücüne ve kaynak hızına sahip, kaynak yöntemlerinin başında tozaltı kaynağı gelmektedir. (Anık & Tülbentçi,1998).

Tozaltı kaynağı, uygun ekipman seçimi ile endüstride geniş çapta uygulama alanı bulmaktadır. Her türlü kaynak ağzı ile birleştirme yapılabilir. Yüksek karbonlu ve düşük

alaşımli çeliklerin kaynağında kullanılabilir. Ayrıca bazı yüksek alaşımlarda ve paslanmaz çeliklerin kaynağında da kullanılabilir.

Tozaltı kaynağının yüksek kalite özelliği, birim zamanda yapılan dolgu miktarının yüksek oluşu, derin nüfuziyet sağlanması, işlem için adapte edilebilmesi ve rahatlık karakteristikleri (kıvılcımsız, sıçratmadan, dumansız ve fazla ısı radyasyonu olmadan çalışma özellikleri vb.) açısından çelik fabrikasyonunda tercih edilir bir kaynak metodudur. (The Lincoln Electric Company, 1995).

Tozaltı kaynak yöntemi şu uygulama alanlarında başarıyla kullanılmaktadır:

Basınçlı kap, kazan ve tank yapımında (yurdumuzda özellikle LPG tüplerinin kaynak işlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır.),

- Ağır otomotiv sanayinde,
- Gemi yapım sanayinde,
- Çelik konstrüksiyon sanayinde,
- Kaynaklı boru imalinde,
- Demiryolu inşasında,
- Kiriş, direk ve uzun kaynak gerektiren kolonların kaynağında,
- Aşınan makina parçalarının tamir ve dolgu işlerinde,
- Profil (I, H, T gibi kaynaklı profiller) yapımında birleştirme kaynak yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Tozaltı kaynağı ile ulaşılan yüksek dolgu miktarı, yöntemin ekonomisine etki eden başlıca faktörlerden biridir. Yarı otomatik tozaltı kaynak torcu, araba üzerine mekanize edildiğinde, kaynak maliyetleri %50'den fazla azalır. Kaynak maliyetini düşüren diğer faktörler ise şöyle sıralanabilir: Tel makarasından sürekli elektrod beslenmesi örtülü elektrod ile yapılan kaynağa göre artık elektrod miktarını azalttığı gibi dikiş görünüşünün de düzgün olmasını sağlar. Kaynak işleminin yüksek nüfuziyet karakteristiğinin olması, kaynak ağzı açmadan ya da küçük kaynak ağzı açarak kaynak yapmaya izin verir. Böylece kaynak ağzı açmak için gerekli olan masraflar da azalır. Kaynaktan sonra; sıçrama özelliğinin olmamasından dolayı, temizleme masrafları da azalmış olur. Kaynağın hızlı bir şekilde yapılabilir olması ise ısı distorsiyonları (çarpılmaları) azaltırken, doğrultma masraflarını da azaltmış olur.

### 3.2.1 Yöntemin Avantajları

a)Tozaltı kaynağında yüksek akım şiddetleri kullanılır ve oldukça da yüksek ısı elde edilir. Tozaltı kaynağında kullanılan akım şiddeti normal olarak 200 ile 2400 Amper arasında değişir (maksimum 5000 Amper'e kadar) ve kaynak hızı da normal şartlarda 6 ile 300 m/h (maksimum 300 m/h) arasında bulunur.

b)Tozaltı kaynak yönteminde, akım şiddetinin çok yüksek olması nedeniyle oldukça kalın parçaları rahatlıkla kaynak yapmak mümkündür. Bu ise daha az işçilik ve daha az malzeme sarfiyatı demektir.

c)Tozaltı kaynak yönteminde elektrik enerjisinin büyük bir kısmı kaynak için kullanılmakta ve dolayısıyla büyük bir enerji tasarrufu sağlanmaktadır, örtülü elektrod ile yapılan elektrik ark kaynağında, elektrik enerjisinin %25'inden, tozaltı kaynağında ise %68'inden direk kaynak için istifade edilmektedir.[Anık & Tülbentçi]. Tozaltı kaynak yönteminde hızlı kaynak yapılabildiği için, kaynak yerine verilen enerjinin, ana metal üzerinden, kayıp enerji olarak gitmesine fırsat kalmadan kaynak işlemi bitmiş olur. Dolayısıyla enerjinin büyük bir bölümü faydalı enerji olarak kaynak işlemi için kullanılmış olur.

d)Tozaltı kaynak yönteminde arkın toz tabakası altında yanmasından dolayı, açık ark kaynağına göre sıçrama kaybı yok gibidir. Sıçrama, hem ilave malzeme kaybı hem de temizlenmesi açısından ikinci bir işçilik demektir. Ayrıca sonsuz tel elektrod (makaraya sarılı halde) kullanıldığından sürekli kaynak yapma imkanı doğmakta ve örtülü elektrod ile yapılan kaynağa göre elektrod israfı minimum seviyede olmaktadır. [Çelik, 1988]. Aynı zamanda tozun arkı ince bir tabaka halinde izole etmesi, ısının hızlı bir şekilde kaçışını önler ve arkı kaynak bölgesinde konsantre eder. Elektrod ve ana metalin erimesi hızlı bir şekilde olduğu gibi aynı zamanda, ısının difüzyon ile ana metalin içine yayılması da hızlı bir şekilde gerçekleşir. Bu etki, küçük kaynak ağızlarının kullanılmasına hatta hiç kaynak ağızı açmadan kaynak yapmaya izin verir. Böylece birleşme noktasında dolgu metalinin miktarı azalır ve hızlı kaynak yapılmasına olanak sağlanır. [The Lincoln Electric Company, 1995]. Tozaltı kaynağı ile birleştirilen 60°lik bir V-ağzında kaynak banyosunun 2/3'nü esas metal, 1/3'nü ilave metal oluştururken; örtülü elektrod ile yapılan kaynakta 1/3'ü esas metal, 2/3'ü ilave metal oluşturur. Yani tozaltı kaynak yönteminde ilave metal sarfiyatı örtülü elektrodla yapılan kaynağa göre oldukça azdır.

e)Tozaltı kaynak torcu, özel raylar veya paletler üzerinde hareket eden bir arabaya yerleştirildiğinden ve arabanın hızı gerektiği gibi ayar edilip sabit tutulabildiğinden sürekli ve minimum seviyede hata içeren kaynak yapma imkanı vardır. Ayrıca dönel parçaların, kaynak torcunun sabit olarak bir konsola yerleştirilip parçanın, dönme hızı ayarlanabilen bir tertibatla döndürülmesi ile çevresel kaynağının yapılması mümkündür. Kaynak yapılacak parçaların hem döndürülüp hem de ötelenmesi ile helisel kaynak yapmak da söz konusudur.

f)Kaynak parametreleri uygun seçildiği ve doğru çalışma tekniği uygulandığı takdirde çok düzgün dış görünüşlü ve hatasız kaynak dikişleri elde edilir. Ayrıca örtülü elektrodlarla yapılan elektrik ark kaynağına göre elektrod boyu kadar değil, sonsuz uzunlukta kaynak yapılabildiğinden elektrod değiştirme problemi, dolayısıyla elektrod bitiş-başlangıç kraterleri ve bundan dolayı meydana gelebilecek hatalar da söz konusu değildir. Kaynak yerinin düzgün ve iyi bir cüruf ile örtülmesi, emniyetli bir katılma sağlamaktadır. Bu şekilde kaynak banyosunun gazının dışarı çıkışı daha kolay sağlanmaktadır. Erimiş yüksek akışkanlıktaki cüruf, dikiş formunun düzgün ve pürüzsüz olmasını sağlamakta ve kenarlarda yanma oluklarının oluşmasına imkan vermemektedir. Kaynak metalinde birleşme hatasına ve cüruf kalıntısına rastlanmadığından daha emniyetli kaynak dikişleri elde edilmektedir.

g)El ile yapılan kaynak yöntemlerinde, kaynak dikişlerinin kalitesi büyük oranda kaynakçının el becerisine, bilgi ve yeteneğine, psikolojik ve fizyolojik durumuna bağlı olduğu halde tozaltı kaynağında bütün ayarlar (alam, gerilim, kaynak hızı, tel hızı) elektronik / elektromekanik olarak başlangıçta yapılıp, kaynak işlemi otomatik olarak gerçekleştirildiğinden kaynakçının el becerisine ihtiyaç olmamaktadır. Ancak tozaltı kaynak makinasını kullanacak operatörde yapacağı işin inceliklerini kavrayacak kadar bilgi ve sorumluluk anlayışı aranır. Belli uygulamalar için operatörün kaynakçı operatörü sınavından yeterlilik alması gerekir.

h)Tozaltı kaynak yönteminde arkın devamlı şekilde kaynak tozunun altında yanmasından dolayı ısısından, göz ve cilt için zararlı ışınlarından korunmak için özel filtreli cam maske ve deri elbise gibi önlemler almaya gerek yoktur. Kaynak esnasında gaz ve toz oluşumu da çok az olduğundan özel havalandırma sistemine de ihtiyaç yoktur.

i)Tozaltı kaynak yönteminde tek tel yerine birden çok teli (genellikle iki) paralel, seri (üç tel de olabilir) ve tandem yöntemiyle veya band elektrod kullanarak yöntemin hızını, transfer olan metal miktarını ve verimini 2 - 3 katına yükseltmek mümkündür.

j)Kaynak esnasında çok az bir fiziksel zorlanma vardır, dolayısıyla bedensel yorgunluk da çok azdır. Ayarları yapıp işlemi başlattıktan sonra operatöre sadece kaynağı izlemek ve herhangi bir olumsuzlukta müdahale etmek kalmaktadır.

### 3.2.2 Yöntemin Dezavantajları

a)Pahalı makina ve teçhizata ihtiyaç gösterir, dolayısıyla ilk yatırım masrafları yüksektir.

b)İnce saçların kaynağı için ekonomik olmadığından uygun bir usul değildir.

c)İnce saçlar için gaz altı kaynağı gibi daha uygun yöntemler vardır.

d)Her pozisyonda, örneğin tavan ve düşey pozisyonda kaynak yapılamaz.

e)Kısa boylu ve karışık şekilli dikişler için otomatik tozaltı makinaları geliştirilmiş ise de bunlar tozaltı kaynak yönteminin bütün avantajlarını bünyelerinde toplayamamaktadır. Dolayısıyla ekonomik bir kaynak yapılamamaktadır.

e)Kaynak tozu iyi korunmadığı takdirde nem kapacağından kaynak dikişinde hataya yol açma olasılığı vardır. Bu nedenle bazik karakterli kaynak tozlarının depolanmasında ve kullanılmadan önce kurutulmasında azami dikkat göstermek gerekir. Ancak aynı noktaların bazik tip elektrolarda da söz konusu olduğu unutulmamalıdır.

f)Kaynak tozu tekrar tekrar kullanıldığı için nemlenmekte ve kalitesi düşmektedir.

g)Yüksek akım şiddetinin sonucu yüksek sıcaklık nedeniyle kaynak metalinde ve ITAB'da istenmeyen iç yapı değişimleri söz konusu olabilir. Ancak gerekli teknolojik ve metalurjik tedbirlerin alınmasıyla bu ihtimaller asgariye indirilebilir

### 3.2.3 Çalışma Prensipleri

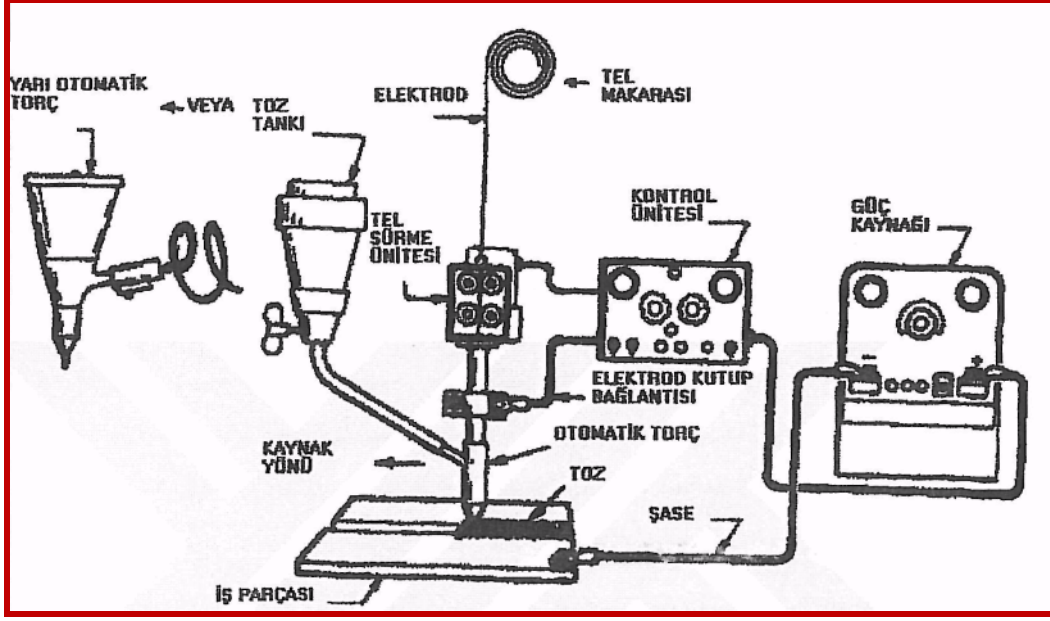
Tozaltı kaynak metodu, arkın ve ergimiş metalin korunmasında, ince bir tabaka halinde olan, taneli bir yapıya sahip ve genellikle toz (flux) diye adlandırılan bir malzemenin kullanılması açısından diğer ark kaynağı metodlarından ayrılır. Ark, iş parçası ile çıplak tel elektrod arasında oluşur. Ark toz ile tamamen kaplanır yani tozun altında yanar, gözle görülmez. Sıçrama, kıvılcım oluşumu meydana gelmez. Arkın devamlı olarak toz yığını altında yanması bu yöntemde tozaltı kaynağı isminin verilmesine sebep olmuştur. (The Lincoln Electric Company, 1995 )

Bu kaynak metodunda, bir bobinden çekilen kaynak teli, bir motorun tahrik ettiği makaralar arasından ve bir memeden geçerek kaynak yerine iletilir. Ark için gerekli akımı memeden alan tel ile iş parçası arasında ark oluşur; ayrı bir kanaldan gelen ve silikat ve toprak alkali metalleri ihtiva eden özel bir toz ark bölgesini atmosferin zararlı etkilerinden korur. Kaynak teli ve iş parçası arasında meydana gelen arkın sıcaklığından tel ve esas metalin bir kısmı ergiyerek arzu edilen birleşme sağlanır. Tozaltı kaynak yönteminin prensip şeması Şekil 3.5 'de görülmektedir. (TWI, 1999).

Yöntem, elektrodun torca verilmiş şekline göre yarı otomatik ve tam otomatik olmak üzere ikiye ayrılır. Yarı otomatik tozaltı kaynağında kaynakçı, genellikle toz verme ünitesi ile beraber olan torcu iş parçası üzerine taşır. Toz ya yerçekimi etkisi ile küçük bir silodan; ya da hava basınçlı bir toz tankından, merkezleri elektrod ile ortak olan bir nozuldan verilir. Bunun yanı sıra toz, kaynak işleminden önce de uygulanabilir. Tam otomatik tozaltı kaynağında, toz birleşme noktasına sürekli olarak verilir. Tam otomatik makineler, eriyip birbiri ile kaynaşmayan tozlar kaynak bölgesinden uzaklaştıran vakum sistemleri ile donatılmışlardır.

Kaynak süresince, arkın ısısı sayesinde, elektrodun uç kısmının yanı sıra tozun da bir kısmı erir. Elektrodun uç kısmı ve kaynak bölgesi her zaman ergimiş toz ile sarılır ve korunur. Ark, toz tabakası tarafından tamamen kaplandığından ısı kayıpları oldukça azdır. Bu, oldukça yüksek bir termal verimlilik sağlar. Elektrod iş parçasının kısa bir mesafe üzerinde tutulur ve arkın iş parçası ve elektrod arasında oluşması sağlanır.(Yüksek frekans ateşlemesi). Elektrod, birleşme noktası boyunca ilerlerken, ergimiş toz ergimiş metal üzerinde bir cüruf tabakası oluşturur. Bu cüruf henüz çok sıcak olan kaynak dikişini ve banyosunu atmosferin tesirinden koruduğu gibi ihtiva ettiği deoksidan ve alaşım elemanları sayesinde kaynak banyosunun deoksidasyonunu ve alaşımlandırılmasını yapar.

Tozaltı kaynak metodunda kullanılan kaynak makinası alternatif akım (AC) veya doğru akım (DC) veren bir üreteç olabilir. Kaynak alanı üretici olarak, ince elektrod kullanılıyorsa (3mm'nin altındaki kalınlıklı parçalar için) yatay karakterli, kalın elektrod kullanılıyorsa düşey karakterli generatör kullanılır. İnce elektrodlu kaynakta kısa devre ateşlemesi, kalın elektrodlu kaynakta yüksek frekanslı ateşleme generatörü kullanılır. Generatörün bir hattı (şase) iş parçasına, diğer hattı üflece oradan da memeye bağlanır. Eğer DC akım kullanılıyorsa (+) kutup memeye yani elektroda bağlanır.



Şekil 3.5 Tozaltı Kaynak Yönteminin Donanım Şeması

Tozaltı kaynak yöntemi için gerekli olan ekipmanlar Şekil 3.5’de görülmektedir. Bu ekipmanlar kaynak makinası veya güç kaynağı, tel besleme mekanizması veya kontrol sistemi, otomatik kaynak için torç ya da yarı otomatik kaynak için torç ve kablo tertibatı, toz tankı ve besleme mekanizması ve artık toz temizleme sistemi, ve otomatik kaynak için hareket mekanizmasından oluşmaktadır.

Pratikte tozaltı kaynak yönteminde, torcun hareketli iş parçasının sabit olduğu yada iş parçasının hareketli torcun sabit olduğu iki sistem kullanılmaktadır. Bilhassa silindirik kapların çevre dikişlerinde bu ikinci sistem kullanılır. Birinci sistem olarak bahsedilen torcun hareketli iş parçasının sabit olduğu sistemde ise tozaltı kaynak kafası olarak tabir edilen toz hunisi, meme, tel iletme mekanizması ve ayar kumanda grubu, özel raylar veya palet üzerinde hareket eden bir arabaya monte edilmiştir. Her iki sistemde de hareketli olan kısmın (torç yada iş parçası) hızı kaynak işlemi boyunca sabit tutulur, aksi halde dikiş homojen olmaz ve kaynak hataları meydana gelir. Çünkü akım şiddeti, ark gerilimi, toz miktarı, tel hızı ve kaynak hızı birer müstakil parametre değildir; bunlar birbirine bağlıdır, iyi bir dikiş bunların müşterek olarak ayarlanması ile elde edilir.

### 3.2.4 Kullanılan Kaynak Telleri

Yapı çeliklerinin tozaltı kaynağında kullanılan elektrodları yüksek kaliteli bir çeliktir. Normal tellerden farkı, kimyasal bileşimi ile kaynak dolgusunu deokside etmesi ve dolgunun metalurjik emniyeti bakımından gerekli olan manganez miktarının yüksek olmasıdır. Çeşitli amaçlar için genellikle 1.2 ile 12 mm çapında normlaştırılmış kaynak telleri kullanılır.

Tozaltı kaynak elektrodlarının yüzeylerinin tamamen düz ve pürüzsüz, yağ, pislik ve pastan uzak olmaları gerekmektedir. Çoğunlukla bu teller bakır kaplı olarak piyasaya arz edilir. Telin üzerindeki ince bakır tabakası, meme içerisinde kıvılcımsız bir akım geçişi sağladığından tel hızı ve kaynak akımının sabit kalmasını sağlayarak kaynak dikişi kalitesini arttırdığı gibi paslanmaya karşı da koruma sağlamaktadır. Üzeri paslı teller memede kontakt zorluklan, kıvılcımlı bir akım geçişi ve dolayısıyla memenin çabuk aşınmasına neden olduklarından, kesin olarak kullanılmamaları gerekir. Ayrıca, teller uygun olmayan aşınmış ya da büyük çaplı memelerde kullanılırsa yine kıvılcımlı bir akım geçişi ve değişken bir tel hızı ortaya çıkar. (Meme çapı tel çapına toleranslar dahilinde uygun olmalı ve kaynak işlemi boyunca da uygun kalmalıdır.) Bu da, akımın sabit bir şekilde arka gelmesine engel olduğundan, kaynak yerine verilen ısı miktarı değişir, sonuçta da dikişin hatalı çıkmasına neden olur. Tozaltı kaynağında kullanılan teller özellikle bileşimlerindeki manganez miktarına göre sınıflandırılır.

Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'de iki ayrı sınıflandırma sistemine göre, tozaltı kaynağında kullanılan tellerin kimyasal bileşimleri verilmiştir. Çizelge 3.3'de verilen AWS A5. 17-69 sınıflandırmasında kullanılan semboller şunları ifade etmektedir: -"E" elektrodu; -"L", "M", ve ya "H" sırasıyla düşük, orta veya yüksek manganezli olduğunu; -Bir sonraki sayı veya sayılar yaklaşık olarak karbon yüzdesini; -"K" ise silisyumlu-çeliği simgelemektedir.

Çizelge 3.3 AWS A5.17 - 69'a Göre Tozaltı Kaynağında Kullanılan Tellerin Kimyasal Bileşimleri

AWS Sınıflandırması	Kimyasal Bileşim (%)						
	Karbon	Mangan	Silisyum	Sülfür	Fosfor	Bakır	Diğer
Düşük Manganezli EL 8 EL 8 K EL 12	0.10 0.10 0.07-	0.30- 0.30- 0.35-	0.05 0.10- 0.05	0.035	0.03	0.15	0.50
Orta Manganezli Grup EM 5 K <sup>1</sup> EM 12 EM 12 K EM 13 K EM 15 K	0.06 0.07- 0.07- 0.07- 0.12-	0.90- 0.85- 0.85- 0.90- 0.85-	0.40- 0.05 0.15- 0.45- 0.15-				
Yüksek Manganezli EH 14	0.10-	1.75-	0.05				

1 Bu elektrod Diğer Elementler e eklenen %0.05-0.15 Titanyum, %0.02-0.12 Zirkonyum, ve %0.05-0.15 oranında Alüminyum içermektedir.

Çizelge 3.4 DEV 8557'ye Göre Tozaltı Kaynağında Kullanılan Tellerin Kimyasal Bileşimleri

DIN Sınıflandırması	Kimyasal Bileşim (%)			
	C	Mn	Si	Mo
S1	0.06-0.12	0.40-0.60	0.10max	-
S1 Si	0.06-0.12	0.30-0.60	0.10-0.40	-
S2	0.08-0.14	0.80-1.20	0.05-0.15	-
S2Si	0.08-0.14	0.80-1.20	0.15-0.40	-
S3	0.08-0.15	1.30-1.70	0.01-0.25	-
S4	0.08-0.16	1.80-2.20	0.05-0.25	-
S5	0.08-0.16	2.30-2.70	0.05-0.25	-
S6	0.08-0.17	2.80-3.20	0.20-0.30	-
S1Mo	0.06-0.12	0.30-0.60	0.15-0.40	0.40-0.60
S2Mo	0.08-0.12	0.80-1.20	0.05-0.15	0.45-0.60
S3Mo	0.08-0.14	1.10-1.50	0.05-0.15	0.45-0.60
S4Mo	0.08-0.16	1.70-2.10	0.05-0.15	0.05-0.50
S5Mo	0.08-0.17	2.80-3.20	0.15-0.30	0.45-0.60

Çizelge 3.5'de AWS sınıflandırmasına göre standart elektrod çapları ve bunlara ait toleranslar gösterilmektedir. (The Lincoln Electric Company, 1995). Çizelge 3.6'da DIN sınıflandırmasına göre standart elektrod çapları ve bunlara ait toleranslar gösterilmektedir. Çizelge 3.7'de çeşitli elektrod çapları için uygun akım ve gerilim değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.5 AWS A5.17-69'a Göre Tozaltı Kaynağı Elektrodları İçin Standart Boyutlar ve Toleransları

Standart Elektrod Çapı, in.	Tolerans, ±in.
1/16 (0.063) 5/64 (0.078), 3/32 (0.094) 1/8 (0.125)	0.0015 0.002 0.003
5/32 (0.156), 3/16 (0.188), 7/32 (0.219) % (0.250), 5/16 (0.312), 3/8 (0.375)	0.004

Çizelge 3.6 DEV 668'e Göre Tozaltı Kaynağı Elektrodları İçin Standart Boyutlar ve Toleransları

Standart Elektrod Çapı, mm	Tolerans, ±mm
1.2, 1.6	0.050
2.0, 2.5, 3.0	0.060
4.0, 5.0, 6.0	0.075
7.0, 8.0, 9.0, 10.0	0.090
12.0	0.110

Çizelge 3.7 Tozaltı Kaynağı Elektrodları İçin Tel Çapına Uygun Akım Şiddeti Ve Ark Gerilimi Değerleri

Tel Çapı, mm	Akım Şiddeti, (Amper)	Ark Gerilimi, (Volt)
1.6	120-250	20-26
2.5	180-350	22-29
3.0	250-550	24-34
4.0	320-840	26-32
5.0	550-1050	29-35
6.0	780-1400	31-38
7.0	900-1600	32-40
8.0	1100-1800	34-42
10.0	1500-2000	38-47
12.0	2000 - 3400	40-50

Elektrod uzantısı veya serbest tel uzunluğu, tozaltı kaynağında önemli bir kontrol parametresidir. Telin ergime miktarı elektrod uzantısındaki artış ile artacaktır. Örneğin ergime oranı, 4 mm çaplı bir tel ve 700 A şiddetindeki bir akımda 32 mm'lik bir tel uzantısı ile yaklaşık 9 kg/h olurken, 178 mm'lik bir tel uzantısında 14 kg/h olur. Pratikte nüfuziyetteki azalma ve arktaki gezinme riski uzun elektrod uzantısının yalnızca kaplama ve elektrodun pozisyonunun ayarlanmasından çok nüfuziyetin kontrol edilmesinin ve yüksek dolgu miktarının gerektiği yüzey uygulamalarında kullanılır. Tavsiye edilen ve maksimum elektrod uzantısı değerleri Çizelge 3.8'de verilmiştir. (TWI, 1999).

Çizelge 3.8 Elektrod Uzantısı İçin Normal Ve Maksimum Değerler

Tel Çapı, mm	Akım Aralığı, A	Elektrod Uzantısı, mm	
		Normal	Maksimum
0.8	100 - 200	12	-
1.2	150 - 300	20	-
1.6	200 - 500	20	-
2.0	250 - 600	25	63
3.2	350 - 800	30	76
4.0	400 - 900	32	128
4.75	450 - 1000	35	165

Tozaltı kaynağında elektrod çapının kaynak karakteristikleri üzerinde etkileri vardır. Diğer bütün koşullar sabit tutulduğunda, elektrod çapının arttırılması ile dolgu genişliği artar, nüfuziyet ve dolgu miktarı azalır.

Bir kaynak teli seçiminde yalnız esas malzemenin kimyasal bileşimi değil kaynak tozunun metalurjik durumu da göz önüne alınmalıdır. Yani esas metalin bileşimine bağlı olarak çeşitli tel - toz kombinasyonları seçilerek istenilen bileşimde ve mekanik özellikte kaynak dikişleri elde edilebilir.

Toz ve tel seçiminde, kaynak esnasında cüruf ve kaynak banyosu arasında çok çeşitli kimyasal reaksiyonların meydana geldiği göz önünde bulundurulmalıdır. Kaynak tellerinde bulunan alaşım elemanlarının kaynak dikişine tesirleri Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9 Alaşım Elementlerinin Kaynak Dikişine Kazandırdığı Özellikler

Alaşım Elementi	Miktarı, %	Kazandırdığı özellik
C	0.05 - 0.25	Sertlik ve Çekme Mukavemeti
Mn	0.5-3.0	Sertlik ve Çekme Muk., % Uzama, Tokluk
Mo	0.5-1.0	Yüksek Sıcaklıkta Mukavemet
Cr	1.0-2.9	Sertlik ve Yüksek Sıcaklıkta Mukavemet
M	1.0-2.0	Düşük Sıcaklıklarda Tokluk

### 3.2.5 Kullanılan Kaynak Tozları

Tozaltı kaynağında kullanılan bir kaynak tozu, genel olarak, örtülü bir elektrod ile yapılan kaynakta örtünün yaptığı görevi yapar. Tozaltı kaynak yönteminde kullanılan tozlar, manganez, silisyum, titanyum, alüminyum, kalsiyum, zirkonyum, magnezyum ve diğer bileşikler; örneğin kalsiyum florid; içeren granül haldeki erimiş minerallerdir. Tozlar, tel ve toz kombinasyonunun istenilen mekanik özellikleri oluşturabilmesi için, verilen elektrod tipi ile uygun olacak şekilde özel olarak formüle edilmiştir. Bütün tozlar, kaynak metalinin kimyasal bileşimini ve mekanik özelliklerini meydana getirmek için kaynak banyosu ile reaksiyona girer. (TWI, 1999).

Kaynak tozu, kaynak işlemine fiziksel, metalurjik ve elektriksel bakımlardan etki eder. Fiziksel olarak yaptığı etkiyi, meydana gelen cürufun kaynak banyosunu havaya karşı

koruması, dikiş e uygun bir form vermesi, çabuk soğumasına engel olması ve geçiş bölgesinde (ITAB) yanma oluşu/çentik oluşumunu önlemesi şeklinde gösterebiliriz. Kaynak tozunun fiziksel etkisinde rol oynayan faktörler, tozun özgül ağırlığı, tane büyüklüğü, ergime aralığı, gaz geçirme kabiliyeti ve yığılma yüksekliğidir. Tozun metalurjik olarak yaptığı etkiye de kaynak banyosuna kattığı elemanlarla dikiş i alaşımlandırması ve temizlemesi gösterilebilir. Metalurjik olaylara esas metal ile kaynak telinin de etkisi vardır. Esas metal, kaynak teli ve tozun bileşimi, dikiş in kimyasal bileşimine etki eden üç önemli faktördür. Kaynak tozunun elektrod etkisi ise arkın kolayca tutuşmasını ve sürekliliğini sağlamaktır. Bu noktaların ışığında iyi bir kaynak tozundan beklenen hususlar şunlardır:

- Kaynak işleminde sırasında arkın kararlılığını sağlamalıdır. Alternatif akımla yapılan kaynaklarda kullanılan tozların bilhassa akımın sıfır noktasından geçerken arkın sönmemesini temin etmesi gerekir.
- İstenilen kimyasal bileşimde ve mekanik özelliklere sahip bir kaynak dikiş i vermelidir.
- Uygun ve hatasız bir iç yapı sağlamalıdır.
- Kaynak dikişinde herhangi bir çatlak veya gözenek oluşumuna sebebiyet vermemelidir.
- Tozların, depolandığında ve kaynak esnasında nem çekme miktarlarının mümkün olduğunca düşük olması gerekmektedir. Toz nemli olduğu takdirde kaynak yerinde gözenekli bir yapı meydana getirecek ve hatalı bir kaynak dikiş i oluşturacaktır. Bunun için eğer toz beklemiş ise kaynaktan önce fırında kurutulması gerekir.

#### 4. MIG/MAG VE TOZALTI KAYNAK YÖNTEMLERİNDE İLAVE MALZEME - ERGİME VERİMİ

$$N_{er} = \frac{G}{t}$$

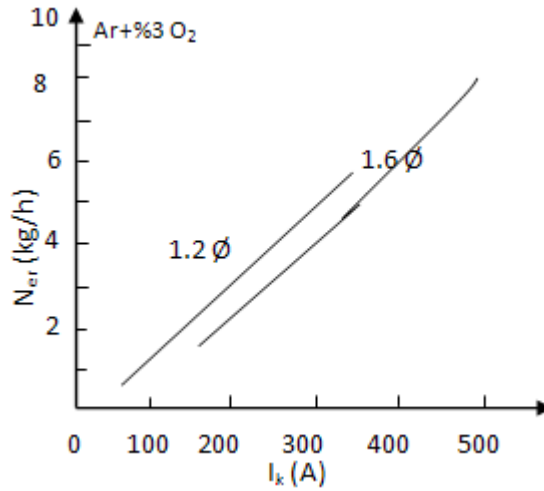
$N_{er}$  = İlave malzeme ergime verimi (kg/sat)

$G$  = Elde edilen kaynak dikişinin ağırlığı (kg)

$t$  = Kaynak süresi (saat)

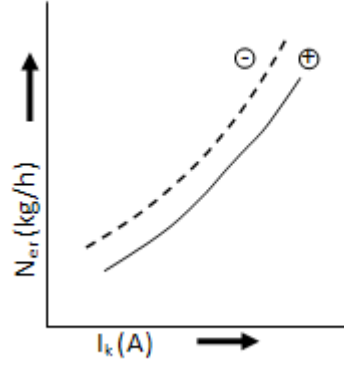
Kaynak akımı, gerilimi, kaynak teli çapı, kullanılan koruyucu gaz ve toz türleri, kutuplama durumu ilave malzeme ergime verimini değiştiren faktörlerdir.

MIG kaynak yönteminin özelliğinden gelen yüksek akım yüklenebilirliği, yüksek bir ergime verimi ile çalışma olanağı vermektedir.



Şekil 4.1 MIG kaynak yönteminde Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

MIG yöntemiyle yapılan uygulamalarda elektrodun negatif kutuplanması durumu, düzensiz bir işlem ile fazla miktarda sıçrama kayıplarının oluşmasına neden olmaktadır. Kaplama amaçlı kaynak işlemlerinde, düşük nüfuziyet derinlikleri yeterli olduğundan, yüksek ergime verimi için bu tür kutuplama yapılabilir. Şekil 4.2'deki grafikte akım şiddetlerine bağlı olarak ilave malzeme - ergime verimlerinin negatif ve pozitif kutuplamalardaki değişim eğilimleri görülmektedir.



Şekil 4.2 Kutuplama Durumu - İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

MAG kaynak yönteminde örnek alınan tel çapları ile uygulanan akım şiddetleri aralıkları ve bunlara bağlı olarak ortaya çıkan ilave malzeme ergime verimleri Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1 Tel Çapı Ve Akım Şiddetlerine Bağlı İlave Malzeme - Ergime Verimleri

Tel Çapı (mm)	Akım Şiddeti (A)	Ergime Verimi (kg/h)
0.8	50-130	0.5-2.5
1.2	80-270	1.0-5.2
1.6	120-410	1.7-9.2
2.0	190-475	2.5-10.0

## 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 5.1 I.a.Grup Deneysel Çalışmalar

I.a.Grup deneysel çalışmada ana malzeme olarak aşağıda kimyasal bileşimi verilen St-37 makine yapım çeliği kullanılmıştır, kaynak yöntemi olarak ise MIG/MAG gazaltı yöntemleri seçilmiştir. Kaynak işlemi için kullanılacak olan numunelerin ölçüleri 250mm x 70mm x 15mm'dir.

Çizelge 5.1 Kaynak İşlemi İçin Kullanılan Ana Malzemenin Kimyasal Bileşimi

C(%)	Mn (%)	P(%)	S(%)	Si(%)	Al(%)
0.155	0.750	0.011	0.007	0.215	0.035

Deneysel çalışmalarda kullanılan tel elektrodun cinsi Arctech SG2 olup çapları 1.6mm'dir. Çeşitli normlara göre gösterimi ise TS 5618 : SG 2 ,AWS A5.18 : ER 70S-6, DIN 8559 : SG 2, EN 440 : G3 Si1'dir.Telin kimyasal bileşimi Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Tel Elektrodun Kimyasal Bileşimi

C(%)	Mn(%)	Si(%)	P(%)	S(%)	Cu(%)
0.07-0.10	1.4-1.6	0.7-1.10	<0.025	<0.025	<0.30

Kullanılan koruyucu gazlar:

-%100 Ar

-%100 CO<sub>2</sub>

-M21 karışımı (%82 Ar,%18 CO<sub>2</sub>)

Yapılan çalışmada kaynak işlemi birleştirme biçiminde değilde, plakanın temizlenmiş yüzeyinin üzerine tek paso çekilmek (dolgu biçimde) suretiyle gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.1 Uygulama Örneği

İlave Malzeme - Ergime verimiyle ilgili olarak bir hesaplama örneği aşağıda verilmektedir:

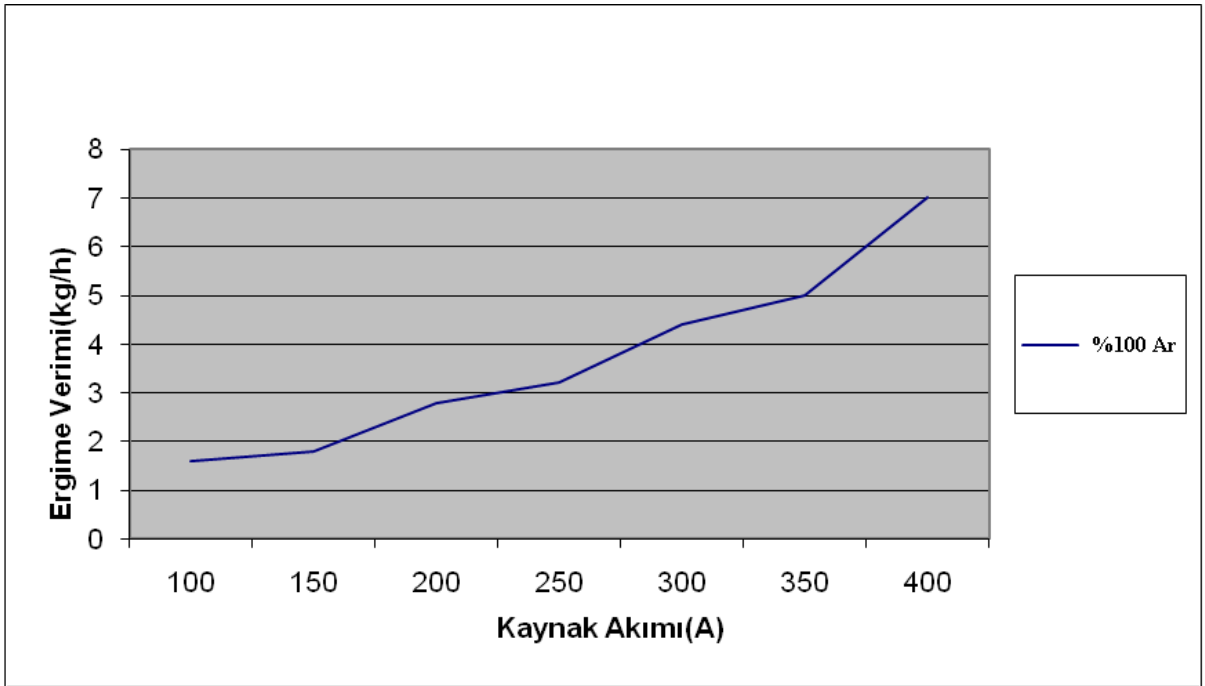
Ar-gazı ile yapılan ilk uygulamanın süresi 30 saniyedir. Kaynak dikişi ağırlığı 13 gram olarak ölçülmüştür.

$$N_{er} = \frac{G}{t} \quad N_{er} = \frac{13}{30} \times \frac{3600}{1000} \cong 1,56 \text{ kg /h}$$

Bu esaslara dayanarak akım ile ilave malzeme ergime verimi arasındaki ilişki şekiller ve çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 5.4 Ar - Gazı ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

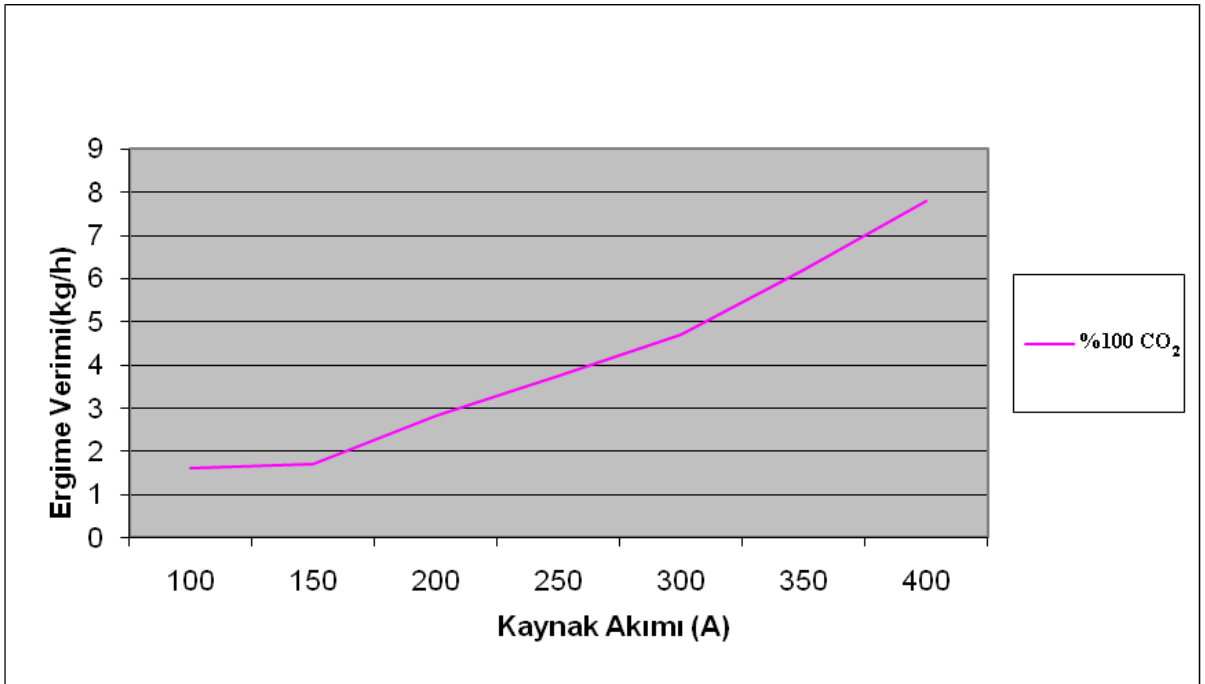
Kaynak Akımı (A)	Ergime Verimi (kg/h)
100	1,56
150	1,82
200	2,86
250	3,28
300	4,41
350	5,06
400	7,08



Şekil 5.2 Ar - Gazı Kullanılarak Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

Çizelge 5.5 CO<sub>2</sub>- Gazı ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

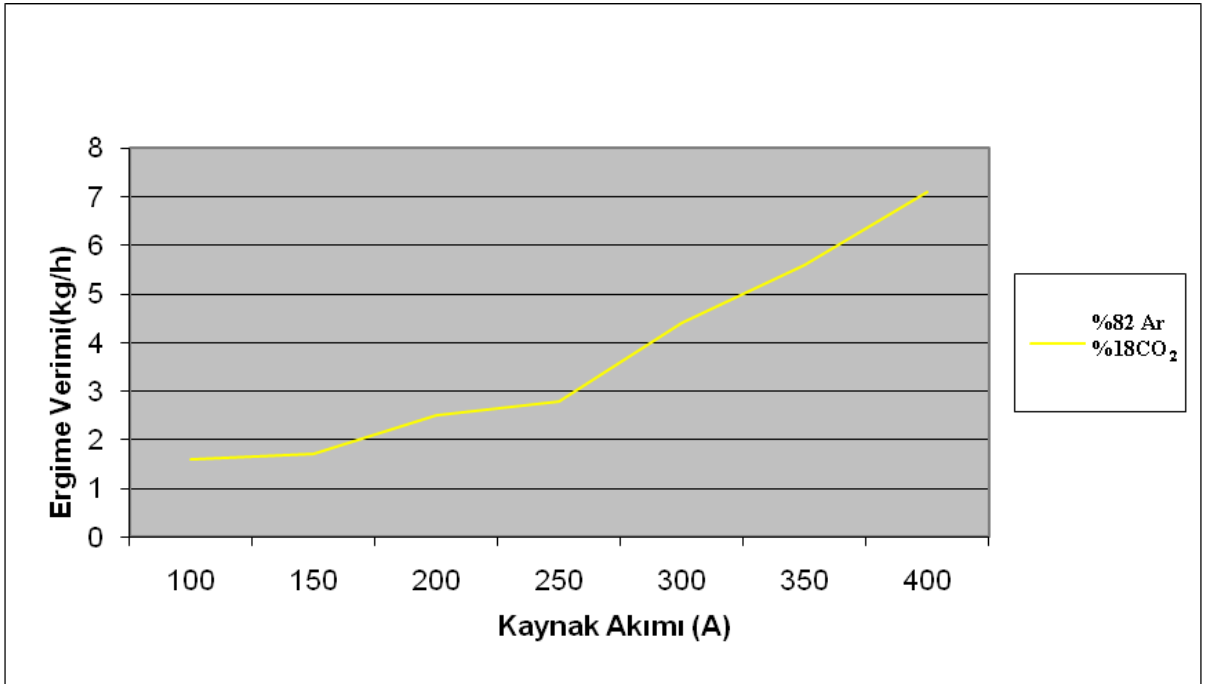
Kaynak Akımı (A)	Ergime Verimi (kg/h)
100	1,58
150	1,75
200	2,81
250	3,75
300	4,76
350	6,28
400	7,82



Şekil 5.3 CO<sub>2</sub> - Gazı Kullanılarak Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

Çizelge 5.6 Ar/CO<sub>2</sub> - Gaz Karışımı ile Yapılan Uygulamada Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

Kaynak Akımı (A)	Ergime Verimi (kg/h)
100	1,63
150	1,72
200	2,58
250	2,81
300	4,42
350	5,67
400	7,12



Şekil 5.4 Ar/CO<sub>2</sub> - Gaz Karışımı Kullanılarak Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

## 5.2 I.b.Grup Deneysel Çalışmalar

I.b.Grup deneysel çalışmada ana malzeme olarak aşağıda kimyasal bileşimi verilen St-37 makine yapım çeliği kullanılmıştır, kaynak yöntemi olarak ise MIG/MAG gazaltı yöntemleri seçilmiştir. Kaynak işlemi için kullanılacak olan numunelerin ölçüleri 250mm x 70mm x 15mm'dir.

Çizelge 5.1 Kaynak İşlemi İçin Kullanılan Ana Malzemenin Kimyasal Bileşimi

C(%)	Mn (%)	P(%)	S(%)	Si(%)	Al(%)
0.155	0.750	0.011	0.007	0.215	0.035

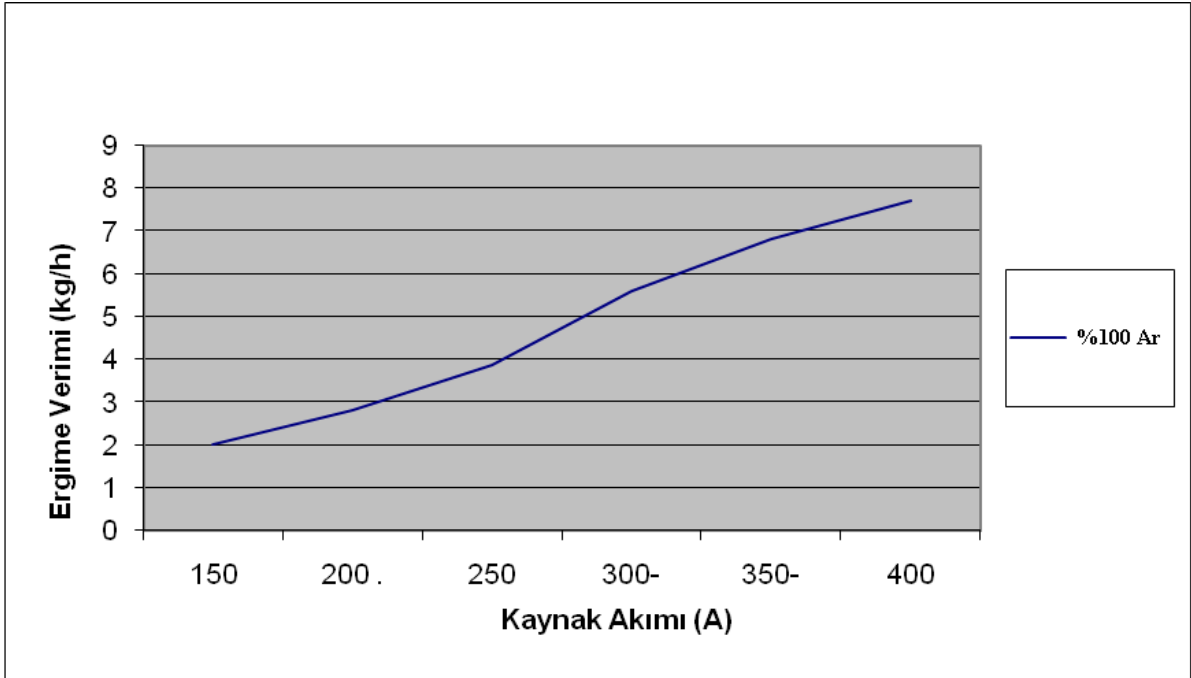
Kullanılan özlü tel elektrodun cinsi Arctech 713 R rutil teldir, çapları 1.6mm'dir. Çeşitli normlara göre gösterimleri ise EN758 : T46 2 P C H5 / T46 4 P M 1 H5, DIN8556 : SG R1 C Y 4643/SGR1 M21 Y 4643 , AVS/ASME –SFA-5.20 : E 71-T1.Özlü tel elektrodun kimyasal bileşimi Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Özlü Tel Elektrodun Kimyasal Bileşimi

C(%)	Mn(%)	Si(%)	P(%)	Ni(%)
0.05	1.3	0.5	<0.015	<0.015

Çizelge 5.7 Ar - Gazı ile Yapılan Uygulamada Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

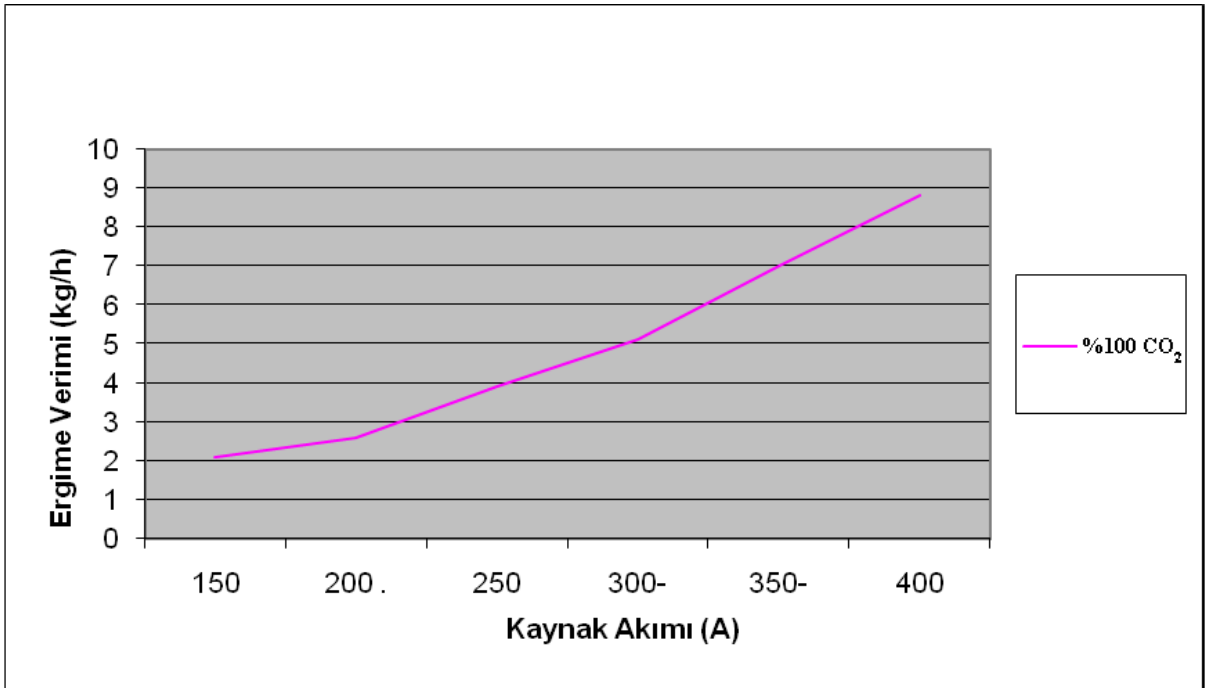
Kaynak Akımı (A)	Ergime Verimi (kg/h)
150	2,08
200	2,81
250	3,85
300	5,63
350	6,82
400	7,74



Şekil 5.5 Ar - Gazı Kullanılarak Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

Çizelge 5.8 CO<sub>2</sub> - Gazı ile Yapılan Uygulamada Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

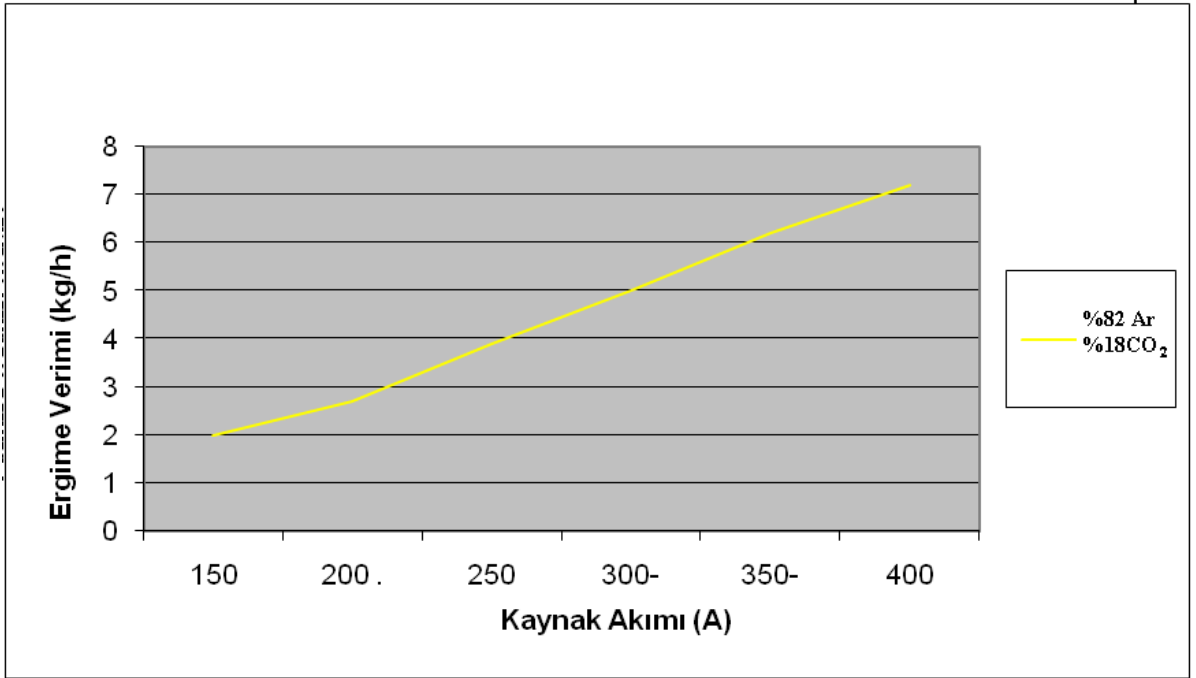
Kaynak Akımı (A)	Ergime Verimi (kg/h)
150	2,12
200	2,63
250	3,91
300	5,13
350	7,02
400	8,85



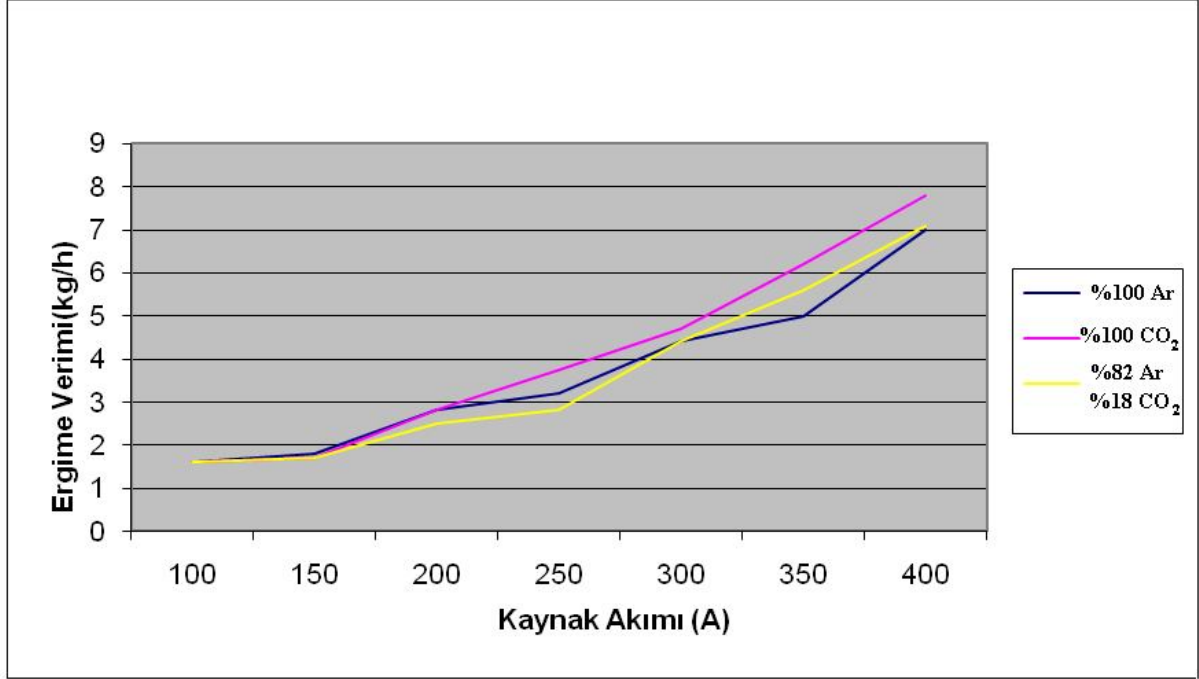
Şekil 5.6 CO<sub>2</sub> - Gazı Kullanılarak Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

Çizelge 5.9 Ar/CO<sub>2</sub> Gaz Karışımı ile Yapılan Uygulamada Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

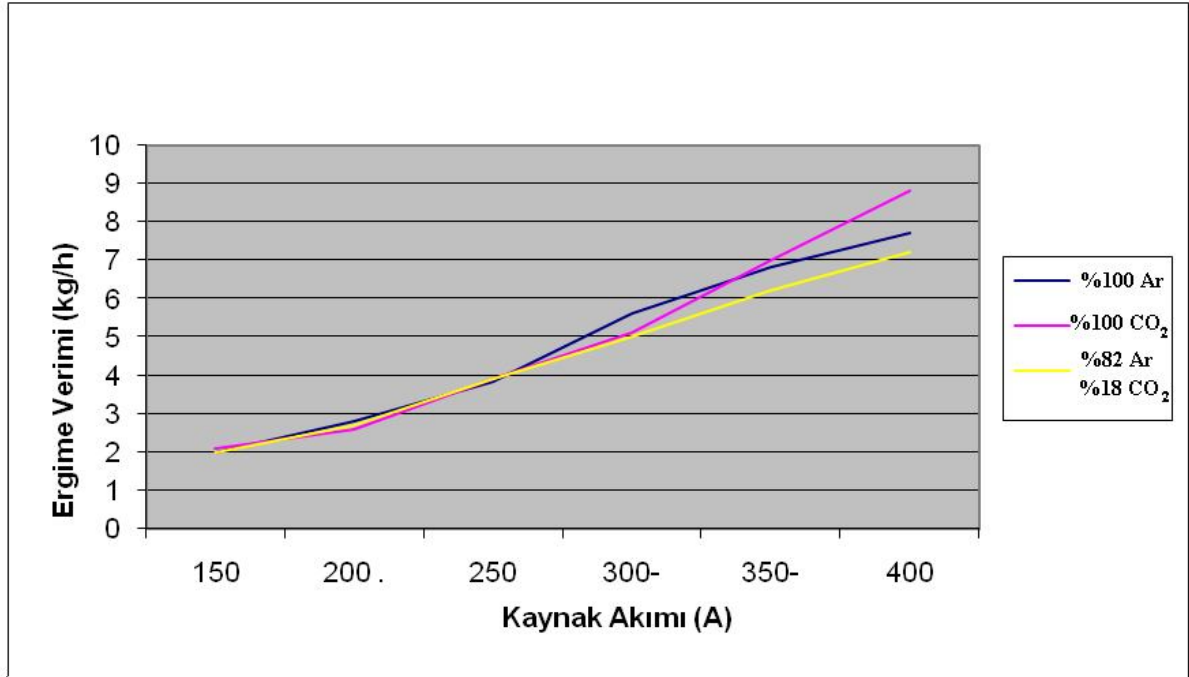
Kaynak Akımı (A)	Ergime Verimi (kg/h)
150	2,06
200	2,75
250	3,94
300	5,03
350	6,26
400	7,24



Şekil 5.7 Ar/CO<sub>2</sub> Gaz Karışımı Kullanılarak Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi



Şekil 5.8 Tel Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti –İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi



Şekil 5.9 Özlü Tel Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

### 5.3 I.a ve I.b.Grupları Deneysel Çalışmaların Sonuçları

Deneysel çalışmaların birinci bölümünde, ilave malzemenin ergime verimi, farklı gaz türleri (Ar, CO<sub>2</sub> , Ar/CO<sub>2</sub> karışımı) ve akım değerleri (100-400 Amper) kullanılmak suretiyle incelenmiştir.

İlk olarak ilave malzeme ergime veriminin, akım ile doğru orantılı olduğu görülmüştür.

SG2 tel elektrodla yapılan uygulamalarda ilave malzeme - ergime verimindeki en büyük değişimin, 350-400 Amper aralığında, en küçük değişimin ise 100-150 Amper aralığında olduğu saptanmıştır.

Özlu tel ile yapılan uygulamalarda ise ilave malzeme - ergime verimindeki en büyük artışın 300-350Amper aralığında, en küçük değişimin ise tel elektrodlardaki durumla örtüştüğü, başkaca bir anlatımla 100-150Amper aralığında gerçekleştiği görülmüştür.

Yapılan uygulamalarda, aynı şartlar altında (aynı akım değeri ve koruyucu gaz ortamında) özlu telin ergime veriminin, tel elektrodlerden görece daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Farklı koruyucu gaz ve gaz karışımları kullanılarak yapılan uygulamalarda ilave malzeme - ergime veriminin değiştiği gözlemlenmiştir. En büyük değişimin yüksek akım değeri olan 400 Amperde olduğu ve bu değişimin tel elektrodta %10, özlu tel elektrodta ise %18 olduğu saptanmıştır.

#### 5.4 II.Grup Deneysel Çalışmalar

II.Grup deneysel çalışmada ana malzeme olarak aşağıda kimyasal bileşimi verilen St-37 makine yapım çeliği kullanılmıştır, kaynak yöntemi olarak ise tozaltı yöntemi seçilmiştir. Kaynak işlemi için kullanılacak olan numunelerin ölçüleri 250mm x 70mm x 15mm'dir.

Çizelge 5.10 Kaynak işlemi için kullanılan esas metalin kimyasal bileşimi

C(%)	Mn (%)	P(%)	S(%)	Si(%)	Al(%)
0.155	0.750	0.011	0.007	0.215	0.035

Deneysel çalışmada kullanılan kaynak telinin ürün cinsi Arctech S2 olup çapları 2.4mm, 3.2mm ve 4mm'dir.Çeşitli normlara göre gösterimi ise TS5387 : S2;DIN 8557 :S2,AWS A5.17 :EM12'dir. Telin kimyasal bileşimi Çizelge 5.11 'de verilmiştir.

Çizelge 5.11 Kaynak Telinin Kimyasal Bileşimi

C(%)	Mn(%)	Si(%)	P(%)	S(%)
0.10	1.10	0.10	<0.025	<0.025

Deneysel çalışmada kullanılan kaynak tozlarının ürün cinsleri "Arctech" marka subtech 11 ve subtech 66 tozlarıdır. Subtech 11 çeşitli normlara göre ; TS 5387 / DIN 32522 : BAB 1 76 AC 10 K3 ; AWS A5.17 / A.5.23 : F6 A2-EL 12; F7 A4-EM 12 ; EN 760 : SA AB 1 76 AC H5.Subtech 66 ise ; TS 5387 / DIN 32522 : BAB 1 66 AC 95KM HP5 ; AWS A5.17 / A5.23 : F8 A4-EA 1-A2 ; EN 760 : SA AB 1 66 AC H5'dir.

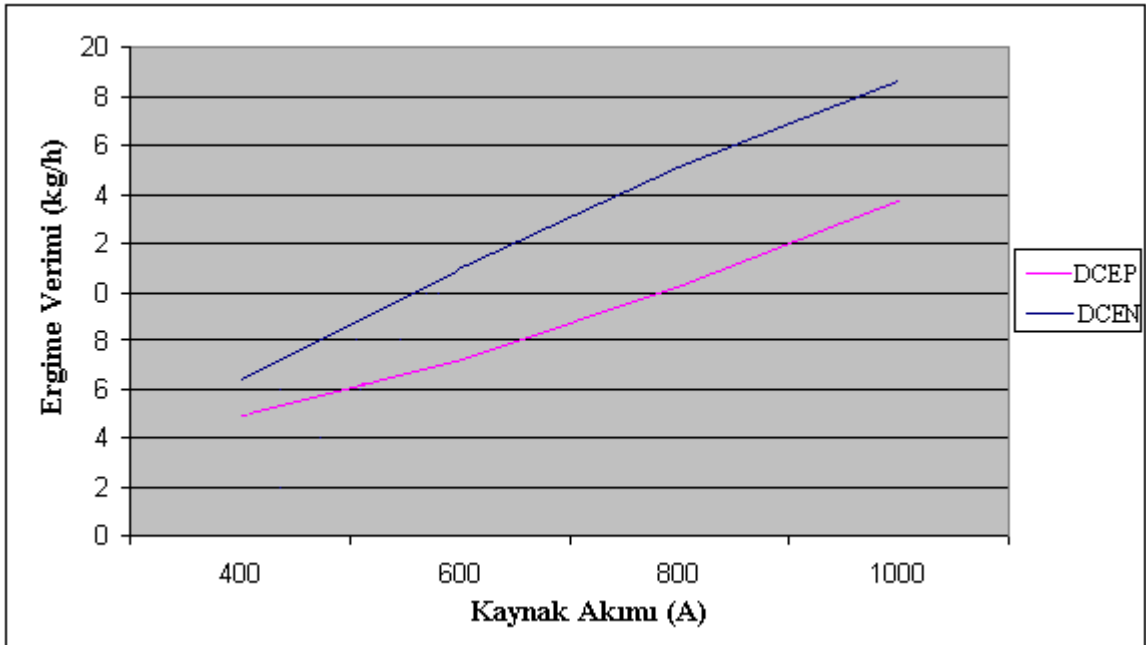
Yapılan çalışmada kaynak işlemi birleştirme biçiminde değilde, plakanın temizlenmiş yüzeyinin üzerine tek paso çekilmek (dolgu biçimde) suretiyle gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.10 Uygulama Örneği

Çizelge 5.12 4.00mm çaplı Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

Kaynak Akımı (A)	Ergime Verimi (DCEP) (kg/h)	Ergime Verimi (DCEN) (kg/h)
400	4,93	6,35
600	7,18	10,91
800	10,16	15,18
1000	13,71	18,51



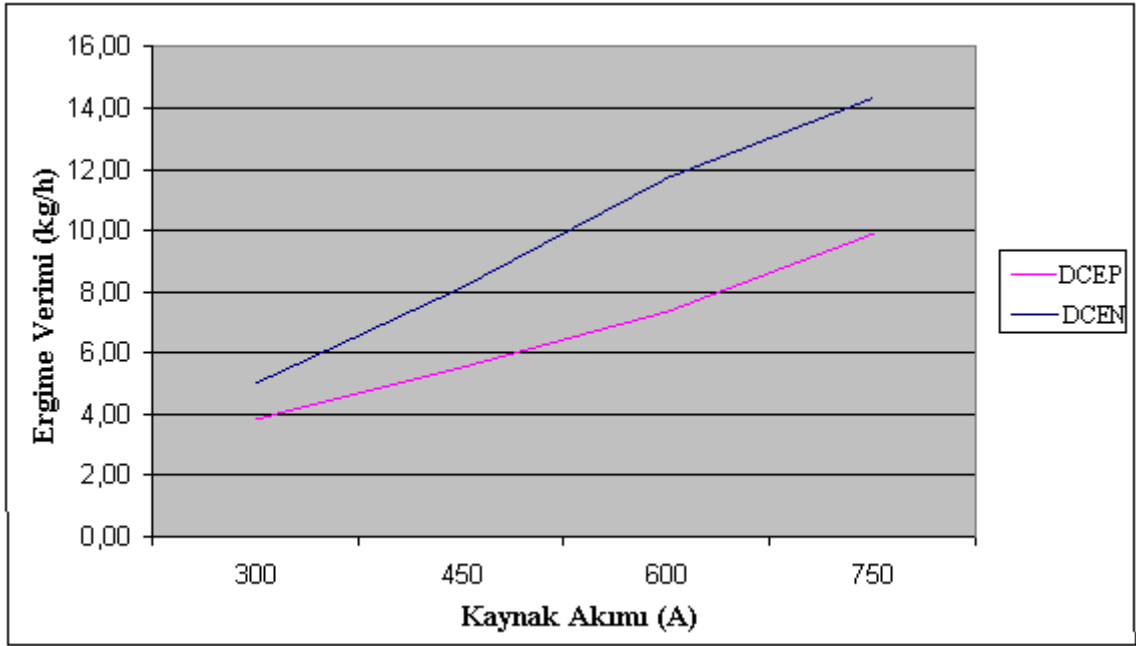
Şekil 5.11 4.00mm çaplı Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

\*DCEP:Direct Current Electrode Positive(Doğru akım, elektrod pozitif kutupa bağlı)

DCEN:Direct Current Electrode Negative(Doğru akım, elektrod negatif kutupa bağlı)

Çizelge 5.13 3.2mm çaplı Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti - İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

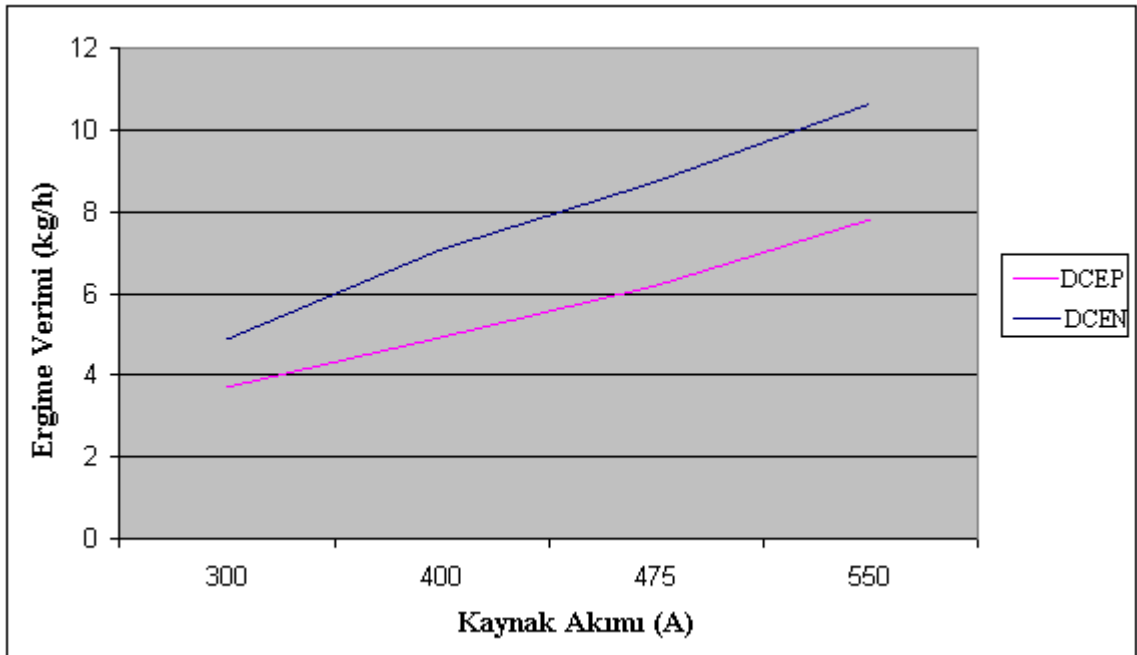
Kaynak Akımı (A)	Ergime Verimi (DCEP) (kg/h)	Ergime Verimi (DCEN) (kg/h)
300	3,81	4,96
450	5,59	8,17
600	7,34	11,73
750	9,82	14,36



Şekil 5.12 3.2mm çaplı Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti - İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

Çizelge 5.14 2.4mm çaplı Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti - İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

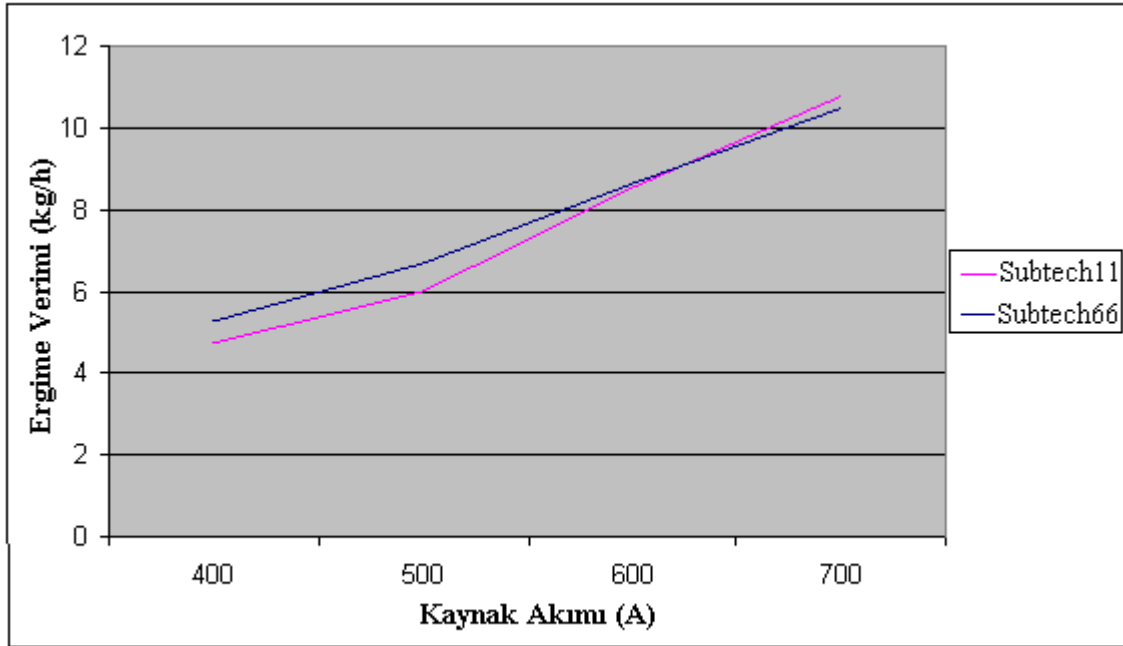
Kaynak Akımı (A)	Ergime Verimi (DCEP) (kg/h)	Ergime Verimi (DCEN) (kg/h)
300	3,75	4,84
400	4,91	7,09
475	6,26	8,73
550	7,83	10,62



Şekil 5.13 2.4mm çaplı Elektrod ile Yapılan Uygulamalarda Akım Şiddeti - İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

Çizelge 5.15 3.2mm çaplı Elektrod ile Farklı Tozlarda Yapılan Uygulamalarda Farklı Tozlarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

Kaynak Akımı (A)	Ergime Verimi (kg/h) (Subtech11 toz)	Ergime Verimi (kg/h) (Subtech66 toz)
400	4,76	5,24
500	5,91	6,73
600	8,56	8,68
700	10,72	10,54



Şekil 5.14 3.2mm çaplı Elektrod ile Farklı Tozlarda Yapılan Uygulamalarda Farklı Tozlarda Akım Şiddeti – İlave Malzeme Ergime Verimi İlişkisi

## 5.5 II. Grup Deneysel Çalışmaların Sonuçları

Deneysel çalışmaların ikinci bölümünde yöntem olarak “Tozaltı kaynağı” kullanılmıştır. Bu yöntemde parametre olarak farklı elektrod çapı, akım, toz ve kutuplama durumları (DCEP ve DCEP) seçilmiş ve bunların ilave malzeme – ergime verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

İlk olarak ilave malzeme ergime veriminin, akım ile doğru orantılı olduğu görülmüştür.

Aynı kaynak değerlerinde, DCEN (doğru akım elektrod negatif kutuplama) durumundaki ilave malzeme - ergime verimi, DCEP (doğru akım elektrod pozitif kutuplama) durumuna göre daha büyük olduğu saptanmıştır.

Alınan sabit bir akım değerinde, ilave malzeme - ergime veriminin, elektrod çapı küçüldükçe arttığı görülmektedir.

Bir diğer deney türünde ise toz türünün ergime verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Birinci grup deneysel çalışmalarda, farklı koruyucu gaz ortamlarındaki ilave malzeme - ergime verimlerinin, yüksek akım değerleri olan 400Amperde, tel cinsine göre %10-18 oranında değiştiği gözlemlenmişti. Bu deney türünde ise düşük akım değeri olan 100Amperde, farklı toz türlerinde ölçülen ilave malzeme - ergime verimleri değişimlerinin %10 olduğu saptanmıştır. Yüksek akım değeri olan 400 Amperde ise bu değişimin %2,5 olduğu görülmektedir.

## 6. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada MIG/MAG ve Tozaltı kaynak yöntemlerinde, kaynak parametrelerinin değişimi ile ilave malzeme - ergime verimi ilişkisi incelenmiştir.

Deneysel çalışmaların birinci bölümünde MIG/MAG kaynak yönteminde, ilave malzeme - ergime verimi, farklı gaz türleri (Ar, CO<sub>2</sub> , Ar/CO<sub>2</sub> karışımı) ve akım değerleri (100-400 Amper) kullanılmak suretiyle incelenmiştir.

İkinci bölümde yöntem olarak ‐Tozaltı kaynağı‐ kullanılmıştır. Bu yöntemde parametre olarak farklı elektrod çapı, akım, toz ve kutuplama durumları (DCEP ve DCEN) seçilmiş ve bunların ilave malzeme – ergime verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Her iki grup deneysel çalışmada, ilave malzeme – ergime veriminin, akım ile doğru orantılı olduğu görülmüştür.

Yapılan uygulamalarda, aynı şartlar altında (aynı akım değeri ve koruyucu gaz ortamında) özlü telin ergime veriminin, tel elektrodlardan görece daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Tozaltı kaynak yönteminde, alınan sabit bir akım değerinde, elektrod çapı küçüldükçe ilave malzeme – ergime veriminin arttığı görülmüştür.

Farklı koruyucu gaz ve gaz karışımları kullanılarak yapılan uygulamalarda, ilave malzeme - ergime veriminin, yüksek akım değeri olan 400Amperde, %10-18 aralığında değiştiği görülmektedir.

Farklı toz türleri kullanılarak yapılan uygulamalarda ise, ilave malzeme – ergime verimi miktarı, düşük akım değeri olan 100 Amperde, %10 değiştiği saptanmıştır.

**KAYNAKLAR**

- Ank S., Tülbentçi K., “Tozaltı Kaynak Tekniği”, Böhler Kaynak Çubukları, Elektrodları San.ve Tic.A.Ş
- Ank S. , (1973) , “Kaynak Tekniği Cilt 1”, İstanbul, İ.T.Ü Makine Fakültesi
- Ank S. , (1982) “Kaynak Tekniği (Tozaltı Kaynağı ve Koruyucu Gazla Kaynak) Cilt2,İstanbul, İ.T.Ü Makine Fakültesi
- Eryürek B. ,(2007), “ Ark Kaynak Tekniği”, Askaynak Yayınları
- Gülbahar B.,(1983),”Oerlikon Tozaltı Kaynak Yöntemi Seminer Notları”,İstanbul
- Gültekin N., (1991), “Kaynak Tekniği”, İstanbul, Engin Ofset
- Oğuz B., (1998),”Tozaltı Kaynak Yöntemi” , Oerlikon Kütüphanesi
- Olson D.R, Siewert , Liu S, ., (1993) “A.S.M Handbook Vol.6 A.S.M “
- Tepe İ. , (2005), “Ark Kaynak Tekniği” , İstanbul, Baran Ofset
- The Lincoln Electric Company (1995),”The Procedure Handbook of Arc Welding 13th Edition”,Cleveland

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	04/06/1983	
Doğum yeri	İzmir	
Lise	1997-2001	İzmir Atatürk Lisesi
Lisans	2001-2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2006-Devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi F.B.E Makine Müh. A.B.D,İmal Usulleri Programı

**Çalıştığı Kurumlar**

2006-Devam Ediyor

A.C.R İnşaat, Tesisat Montaj San.ve Tic.Ltd.Şti