

GAZALTI ARK KAYNAĞI



Prof. Dr. İ. Barlas ERYÜREK

İ.T.Ü. Makina Fakültesi
Makina Malz. ve İmalat Teknolojisi
Anabilim Dalı Başkanı

ASKAYNAK

Copyright © 2007

Türkçe çevirinin tüm yayın hakları Kaynak Tekniği Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye aittir.
Yazılı izin alınmadan ve kaynak gösterilmeden kısmen veya tamamen alıntı yapılamaz,
hiçbir şekilde kopya edilemez, çoğaltılamaz ve yayınlanamaz.

ASKAYNAK

Kaynak Tekniği Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Yakacıkaltı, Ankara Asfaltı Üzeri, Yanyol, Mermer Sokak, No:16

34876 Kartal / İSTANBUL

Tel : (0216) 377 30 90 - pbx Faks : (0216) 377 00 00

www.askaynak.com.tr



Ankara Bölge Satış Bürosu

Ostim Sanayii Sitesi
Ahi Evran Caddesi, No: 83
06370 Ostim / ANKARA
Tel : (0312) 385 13 73 - pbx
Faks : (0312) 354 02 84

Adana Bölge Satış Bürosu

Kızılay Caddesi, Karasoku Mahallesi
6. Sokak, Baykan İşhanı, No: 9/E
01010 ADANA
Tel : (0322) 359 59 67 - 359 60 45
Faks : (0322) 359 60 01

İstanbul Bölge Satış Bürosu

Rauf Orbay Caddesi
Evliya Çelebi Mahallesi, No: 3/C
İçmeler, Tuzla / İSTANBUL
Tel : (0216) 395 84 50 - 395 56 77
Faks : (0216) 395 84 02

İzmir Bölge Satış Bürosu

Mersinli Mahallesi, 1. Sanayii Sitesi
2822. Sokak, No: 25
35120 İZMİR
Tel : (0232) 449 90 35 - 449 01 64
Faks : (0232) 449 01 65

İçindekiler

BÖLÜM 1.0	GİRİŞ	1
	1.1 Yöntemin Tanımı ve Tarihçesi	1
	1.2 Yöntemin Üstünlükleri	2
	1.3 Yöntemin Sınırlamaları	2
BÖLÜM 2.0	GAZALTI KAYNAĞININ ÖZELLİKLERİ	3
	2.1 Çalışma Prensibi	3
	2.2 Damla İletimi Mekanizmaları	4
	2.2.1 Kısa Devre İletimi (Kısa Ark)	5
	2.2.2 İri Damla İletimi (Uzun Ark)	6
	2.2.3 Sprey İletimi	7
	2.3 Kaynak Değişkenleri	10
	2.3.1 Kaynak Akımı	10
	2.3.2 Kutuplama	11
	2.3.3 Ark Gerilimi	12
	2.3.4 Kaynak Hızı	14
	2.3.5 Serbest Elektrod Uzunluğu	14
	2.3.6 Elektrod Açıları	15
	2.3.7 Kaynak Pozisyonları	17
	2.3.8 Koruyucu Gazlar	17
	2.3.9 Elektrod (Tel) Çapı	18
BÖLÜM 3.0	DONANIM	19
	3.1 Kaynak Torcu	19
	3.2 Elektrod Besleme Ünitesi	21
	3.3 Kaynak Kontrolü	22
	3.4 Güç Üniteleri	22
	3.4.1. Gerilim	25
	3.4.2. Eğim	25
	3.4.3. Endüktans	26
	3.5 Koruyucu Gaz Regülatörleri	27
	3.6 Elektrod Ünitesi	27

BÖLÜM 4.0	KAYNAK SIRASINDA TÜKETİLEN MALZEMELER	28
4.1	Elektrodlar	28
4.2	Koruyucu Gazlar	29
4.2.1	Koruyucu Soy Gazlar	29
4.2.2	Argon ve Helyum Karışımı	31
4.2.3	Argon ve Helyuma Oksijen ve Karbondioksit İlavesi	32
4.2.4	Karbondioksit	32
4.2.5	Koruyucu Gaz Seçimi	34
BÖLÜM 5.0	UYGULAMALAR	35
5.1	Alaşımız ve Düşük Alaşımız Çeliklerin Kaynağı	35
5.1.1	Kısa Devre İletimle Kaynak	35
5.1.2	Sprey İletimle Kaynak	35
5.1.3	Elektrod (tel) Besleme Hızları	36
5.1.4	Ark Gerilimi	37
5.1.5	Kısa Devre İletimle Kaynakta Kullanılan Koruyucu Gaz ve Gaz Karışımları	37
5.1.6	Sprey İletimle Kaynakta Kullanılan Koruyucu Gaz Karışımları	37
5.1.7	Öntavlama ve Pasolararası Sıcaklık	38
5.2	Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı	42
5.2.1	Sprey İletim	42
5.2.2	Kısa Devre İletim	44
5.2.3	Darbeli İletim	47
5.3	Alüminyum ve Alüminyum Alaşımızlarının Kaynağı	47
BÖLÜM 6.0	ÖZEL UYGULAMALAR	50
6.1	Özlu Elektrodlarla Kaynak	50
6.1.1	Özlu Elektrodların Sınıflandırılması	52
6.1.2	Kaynak Değişkenleri	54
6.2	Nokta Kaynağı	57
6.3	Dar Aralık Kaynağı	58

BÖLÜM 7.0	KAYNAKTA ORTAYA ÇIKAN PROBLEMLER ve KAYNAK HATALARI	60
7.1	Kaynakta Ortaya Çıkan Problemler	60
7.1.1	Hidrojen Gevrekleşmesi	60
7.1.2	Oksijen ve Azotla Kirlenme	60
7.1.3	Esas Metalin Kirliliği	60
7.1.4	Yetersiz Erime	61
7.2	Kaynak Hataları	61
7.3	Aksaklıkların Giderilmesi	64
	KAYNAKÇA	68

BÖLÜM 1.0

GİRİŞ

1.1 YÖNTEMİN TANITIMI ve TARİHÇESİ

Bu yöntemde kaynak için gerekli ısı, sürekli beslenen ve ergiyen bir tel elektrodla kaynak banyosu arasında oluşturulan ark yoluyla ve elektrodun geçen kaynak akımının elektrodun 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 yöntem 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 (CO₂) ve gaz karışımlarının kullanılması gibi gelişmeler meydana gelmiştir. Bu gelişmeler, aktif koruyucu gazın kullanıldığı yöntem MAG (Metal Active Gas) kaynağı adının verilmesine neden olmuştur. Bu ad ayrımı sadece yöntemin adını belirtmek isteyenlerde sıkıntı yaratmış ve bu nedenle çeşitli ülkeler yöntemi belirt-

mek amacıyla değişik adlar kullanmaya başlamıştır. Amerika'da bu yöntem "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.

Bu kitapta "Ergiyen Elektrodla Gazaltı Kaynağı"nı belirtmek amacıyla sadece "**Gazaltı Kaynağı**" terimi kullanılacaktır. Diğer taraftan 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 kitapta ise gazaltı kaynağında kullanılan tel şeklindeki elektrodları belirtmek amacıyla ise sadece "**Elektrod**" terimi kullanılacaktır.

Bu yöntemle ilgili diğer bir gelişme de elektrodun 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. Konuyla ilgili detaylı bilgi **BÖLÜM-6**'da verilmiştir.

Gazaltı kaynağında ark boyu kaynak makinası tarafından kontrol edilir (ileride detaylı olarak açıklanacaktır). 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 açıklanan 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.

1.2 YÖNTEMİN ÜSTÜNLÜKLERİ

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

- Ticari metal ve alaşımların tümünün kaynağında kullanılabilen yegane ergiyen elektrodla kaynak yöntemidir.
- Elektrik ark kaynağında karşılaşılan sınırlı uzunlukta elektrod kullanma problemini ortadan kaldırmıştır.
- Kaynak her pozisyonda yapılabilir. Bu tozaltı kaynağında mümkün değildir.
- Metal yığıma hızı elektrik ark kaynağına nazaran oldukça yüksektir.
- Sürekli elektrod beslenmesi ve yüksek metal yığıma hızı nedeniyle, kaynak hızları elektrik ark kaynağına nazaran yüksektir.
- 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.

1.3 YÖNTEMİN SINIRLAMALARI

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

- Kaynak donanımı, elektrik ark kaynağına nazaran, daha karmaşık, daha pahalı ve bir yerden başka bir yere taşınması daha zordur.
- 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 ulaşılması güç olan yerlerde kullanılması pek mümkün değildir.
- 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.
- Göreceli olarak, çalışma anında yüksek şiddette ısı yayılması ve ark yoğunluğu nedeniyle, bazı kaynakçılar bu yöntemi kullanmaktan kaçınabilir.

BÖLÜM 2.0

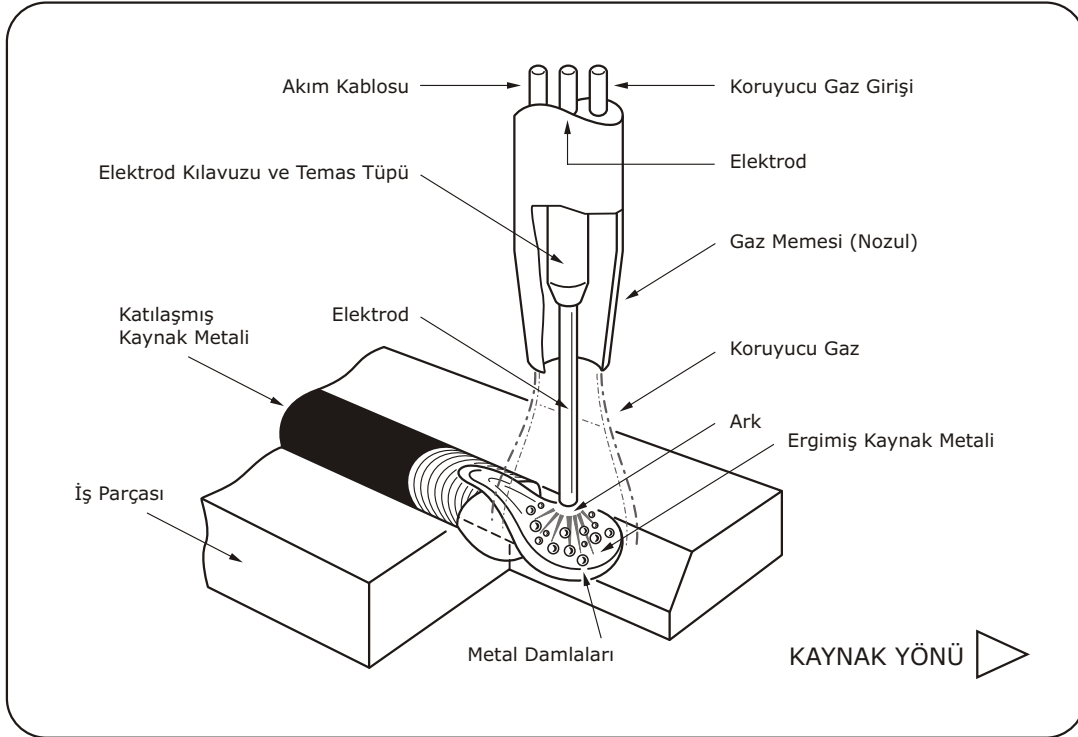
GAZALTI KAYNAĞININ ÖZELLİKLERİ

2.1 ÇALIŞMA PRENSİBİ

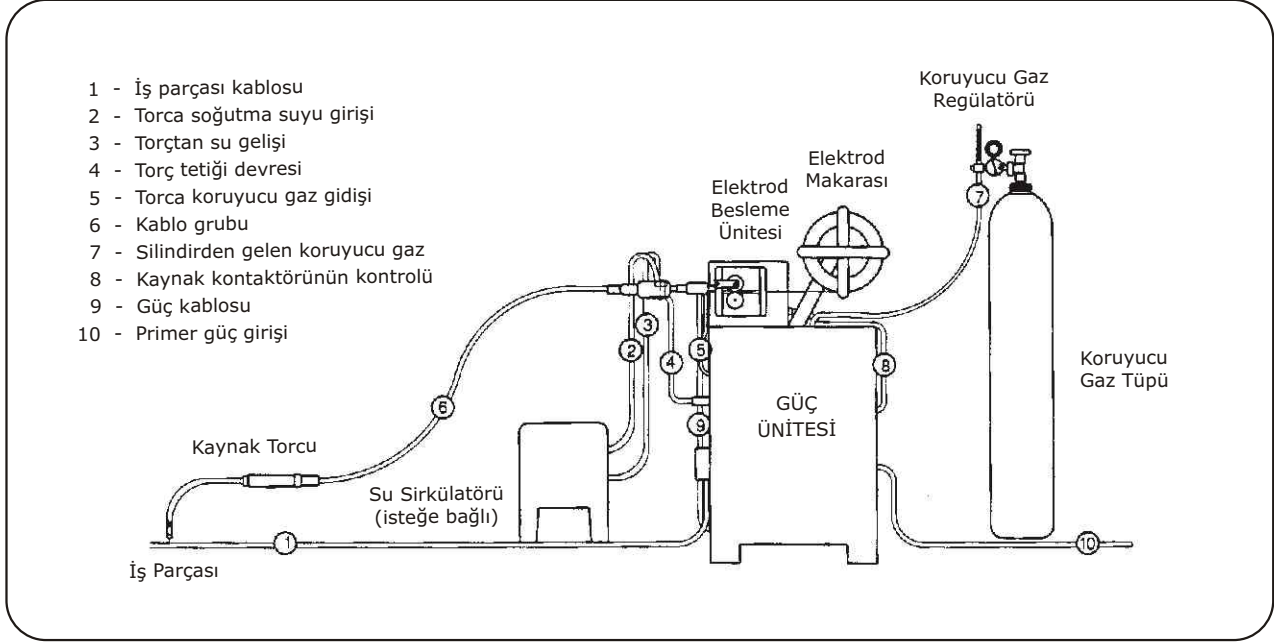
Bu yöntemde dışarıdan sağlanan gazla korunan ve otomatik olarak sürekli beslenen ve eriyen elektrod kullanılır (Şekil-1).

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-2'de gösterilmiştir.



Şekil-1 Gazaltı Kaynağının Prensibi



Şekil-2 Gazaltı Kaynak Donanımı

Kaynak donanımı 4 temel gruptan oluşmuştur :

- Kaynak torcu ve kablo grubu
- Elektrod besleme ünitesi
- Güç ünitesi
- 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 iletir 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 elektrodda direnç ısıtmasının 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.

2.2 DAMLA İLETİMİ MEKANİZMALARI

Gazaltı kaynağında metal damlalar elektrodan iş parçasına üç temel iletim mekanizmasıyla geçer :

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

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

- Kaynak akımının tipi ve şiddeti
- Elektrod çapı
- Elektrodun bileşimi
- Serbest elektrod uzunluğu
- Koruyucu gaz

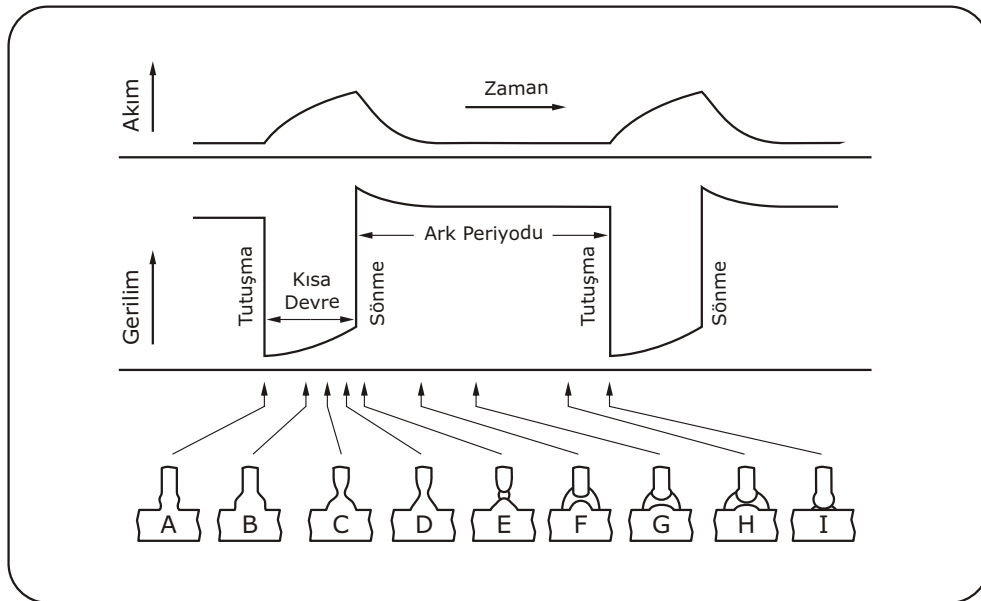
2.2.1

Kısa Devre İletimi (Kısa Ark)

Kısa devre iletimi, gazaltı kaynağındaki en düşük kaynak akımı aralığında ve en küçük elektrod çaplarında gerçekleştirilir. Bu tip bir iletim ince kesitlerin birleştirilmesi için, pozisyon kaynağı için ve büyük kök açıklıklarının birleştirmeye uygun olan küçük ve hızla katılaştıran bir kaynak banyosu oluşturmak için kullanılır. Sadece elektrod kaynak banyosu ile temas halinde olduğu sırada elektroddan iş parçasına metal iletilir. Ark aralığı boyunca herhangi bir metal iletimi olmaz. Elektrod iş parçasına saniyede 20 ila 200 kez temas eder. Metal iletiminin düzeni ve bu sıradaki gerilim ve akım değeri Şekil-3'te gösterilmiştir.

Elektrod kaynak banyosuna temas edince, kaynak akımı artar (Şekil-3'deki A, B, C, D). Tel ucundaki ergimiş damla D ve E safhasında daralarak telden iş parçasına doğru geçer ve E ve F'de gösterildiği gibi ark yeniden oluşur. Akımın artma hızı elektrodu ısıtmaya ve metal iletimi sağlamaya yetecek kadar yüksek, ancak metal damlasının şiddetle ayırmasının neden olacağı sıçramayı en az düzeyde tutacak kadar düşük olmalıdır. Akımın artma hızı güç ünitesindeki endüktansın ayarlanması ile kontrol edilir. En uygun endüktans ayarı hem kaynak devresinin elektrik direncine hem de elektrodun ergime sıcaklığına bağlıdır. Ark oluştuğundan sonra elektrod yeni bir kısa devre oluşturmak üzere ileri doğru beslenirken elektrodun ucu ergir (Şekil-3'deki H).

Elektrod ucundaki ergimiş metal damlasının esas metale temas etmesini önlemek amacıyla güç ünitesinin açık devre gerilimi düşük tutulur. Arkı sürdürmek için gerekli enerjinin bir kısmı kısa devre sırasında endüktörde depo edilen enerjiden sağlanır. Metal iletiminin kısa devre sırasında oluşmasına rağmen koruyucu gazın cinsinin ergimiş metalin yüzey gerilimi



Şekil-3 Kısa Devre Metal İletimi

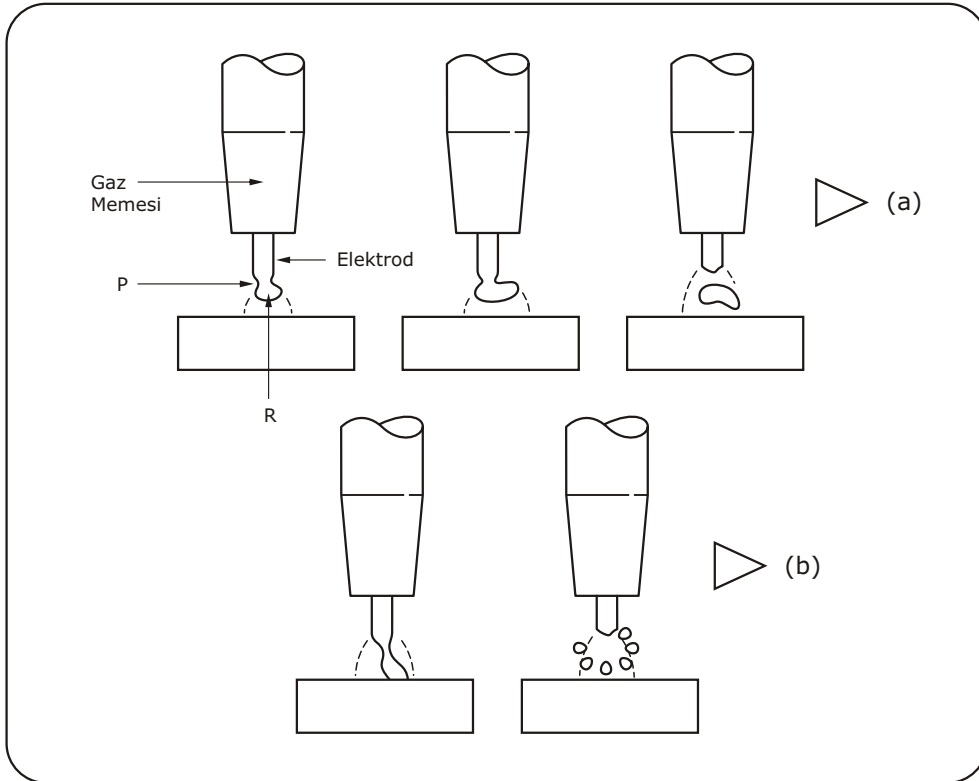
üzerinde önemli derecede etkisi vardır. Koruyucu gaz bileşiminin değişmesi damla çapını ve kısa devre süresini ciddi biçimde etkiler. Buna ilave olarak, koruyucu gazın tipi arkın çalışma karakteristiğini ve esas metale nüfuziyeti etkiler. Karbondioksit gazı soy gazlarla kıyaslandığında, genellikle daha fazla sıçrama oluşturur. Ancak CO₂ daha derin nüfuziyet de sağlar (alaşım ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında). Nüfuziyetle sıçrama arasında iyi bir denge oluşturmak için genellikle CO₂ ve argon karışımı kullanılır. Argona helyum ilavesi demirdışı metallerde nüfuziyeti artırır.

2.2.2

İri Damla İletimi (Uzun Ark)

Doğru akım elektrod pozitif kutuplamada (DAEP) kaynak akımı göreceli olarak düşük ise koruyucu gazın cinsine bağlı olmaksızın iri damla iletimi meydana gelir. Ancak CO₂ ve helyumla bu tip bir iletim tüm

kullanılabilen kaynak akımı değerlerinde oluşur. İri damla iletiminin en önemli özelliği damla çapının elektrod çapından daha büyük oluşudur. İri damla yerçekimi etkisiyle kolaylıkla hareket eder. Bu nedenle iri damla iletimi başarılı bir biçimde ancak oluk pozisyonunda gerçekleşir. Kısa devre damla iletiminde kullanılan akımlardan biraz daha yüksek akım değerlerinde, tam asal gaz koruması altında eksel olarak yönelmiş iri damla iletimi elde edilebilir. Eğer ark boyu çok kısa (düşük gerilim) ise elektrod ucunda büyüyen damla iş parçasına temas edip aşırı ısınabilir ve parçalanarak aşırı sıçramaya neden olabilir. Bu nedenle ark, damlanın kaynak banyosuna değmeden önce elektrodan ayrılmasına imkan sağlayacak kadar uzun olmalıdır. Ancak daha yüksek gerilim kullanarak yapılan kaynakların yetersiz ergime, yetersiz nüfuziyet ve aşırı dikiş taşması nedeniyle reddedilme olasılığı yüksektir. Bu ise iri damla iletiminin kullanımını büyük ölçüde sınırlar. Kaynak akımı kısa devre iletimi için



Şekil-4 Eksenel Olmayan İri Damla İletimi

kullanılan akım aralığından oldukça yüksekse, karbondioksitle koruma tesadüfi şekilde yönlendirilmiş iri damla iletimine neden olur. Aksel iletim hareketinden sapmaya, kaynak akımının oluşturduğu ve ergimiş elektrod ucuna etki eden elektromanyetik kuvvetler neden olur. (**Şekil-4**) Bu kuvvetlerin en önemlileri elektro-manyetik (**P**) büzme kuvveti ile (**R**) anod reaksiyon kuvvetidir.

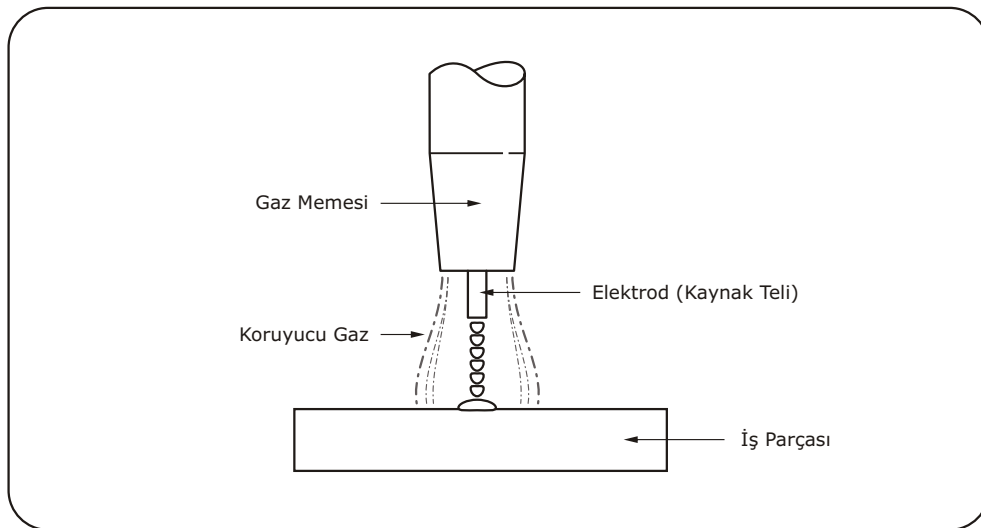
Büzme kuvvetinin şiddeti kaynak akımına ve elektrod çapına bağlı olup bu kuvvet elektrod ucundaki ergimiş damlanın elektrodan ayrılmasından sorumludur. CO₂ ile koruma yapıldığında kaynak akımı ergimiş damla vasıtasıyla iletilir ve bu nedenle elektrodun ucu ark plazması tarafından sarılmaz. Yüksek hızlı fotoğraf tekniği ile alınan görüntüler, arkın ergimiş damla yüzeyinden iş parçasına doğru hareket ettiğini göstermektedir. Bunun nedeni (**R**) kuvvetinin damlayı destekleme, yani damlanın elektrodan ayrılmasını önleme eğilimidir.

Ergimiş damlanın elektrodan ayrılması bu nedenle ya iş parçasına temas edip kısa devre yapıncaya kadar büyümesi sonucu (**Şekil-4b**) veya yerçekimi kuvvetlerinin etkisi nedeniyle ayrılacak kadar büyümesi sonucu (**Şekil-4a**) oluşur. Bunun nedeni (**P**)'nin hiç bir zaman

yalnız başına (**R**)'den daha etkin hale gelmemesidir. **Şekil-4a**'da gösterildiği gibi damlanın parçalanma olmaksızın elektrodan ayrılıp kaynak banyosuna iletilmesi mümkündür. Ancak oluşma olasılığı çok daha yüksek olan iletim **Şekli-4b**'de gösterilmiştir. Burada damla kısa devre yapmakta ve parçalanmaktadır. Bu nedenle sıçrama çok şiddetlidir ve bu olay CO₂ korumasının birçok ticari uygulamada kullanılmasını engeller. Herşeye rağmen CO₂ yumuşak çeliklerin kaynağında en çok kullanılan koruyucu gazdır. Bunun nedeni arkı gömerek sıçrama probleminin önemli ölçüde azaltılmasıdır. Bu şekilde ark atmosferi gaz ve demir buharının karışımından meydana gelir ve hemen hemen sprej tipi bir iletim oluşur. Ark kuvvetleri sıçramanın çoğunu içinde tutan çökmüş bir boşluk yaratmaya yeterlidir. Bu teknik daha yüksek akımlar gerektirir ve bu nedenle derin bir nüfuziyet oluşur. Ancak kaynak hızı dikkatle kontrol edilmezse, zayıf iletme etkisi aşırı kaynak dikişi taşmasına neden olur.

2.2.3 Sprej İletimi

Argonca zengin gaz korumasında kararlı, sıçramasız aksel sprej tipi bir iletim elde etmek mümkündür (**Şekil-5**).



Şekil-5 Aksel Sprej İletim

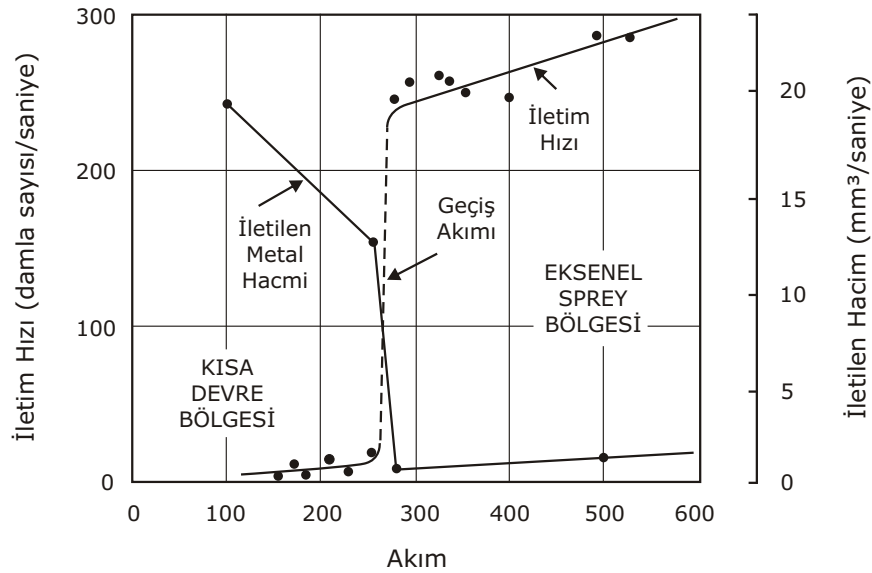
Bunun için doğru akım elektrod pozitif (DAEP) kutupta kullanılması ve akım şiddetinin geçiş akımı adı verilen kritik bir değerinin üzerinde olması gerekir (**Şekil-6**). Bu akımın altında iletim daha önce açıklanan iri damla iletimi yoluyla olur ve damla iletiminin hızı saniyede birkaç damladır. Geçiş akımının üzerindeki değerlerde ise iletim, küçük çaplı (elektrod çapından daha küçük çapa sahip) damlaların oluşumu ve bunların saniyede yüzlerce damla iletim hızında ayrılmasıyla oluşur. Bunlar ark aralığı boyunca aksenel olarak hızlanırlar. Damla iletim hızı ile akım arasındaki ilişki **Şekil-6**'da verilen grafikte gösterilmiştir.

Sıvı metalin yüzey gerilimine bağlı olan metal geçiş akımı elektrod çapıyla ve bir dereceye kadar da serbest elektrod uzunluğu ile ters orantılı olarak değişir. Elektrodun ergime sıcaklığı ve koruyucu gazın bileşimi de geçiş akımını etkiler.

Bazı önemli elektrod metallerinin geçiş akımları değerleri **Tablo-1**'de verilmiştir.

Sprey damla iletimi kuvvetle yönlendirilmiş damlalar demetinden ibaret olup damlalar ark kuvvetleri tarafından ivmelendirilerek yerçekimi etkisini yenen hızlara ulaşırlar. Bu nedenle belirli şartlar altında yöntem her pozisyonda kullanılır. Damlaların çapı ark boyundan daha küçük olduğu için kısa devre meydana gelmez ve bu nedenle de sıçrama, tamamen yokolmasa bile ihmal edilecek seviyeye düşer.

Sprey damla iletiminin diğer bir özelliği oluşturduğu "**parmak**" şeklindeki nüfuziyettir. Parmak derin olabilmekle birlikte, manyetik alanlardan etkilendiğinden onun kaynak nüfuziyet profilinin merkezinde yer almasını sağlayacak şekilde kontrol edilmesi gerekir. Argon korumasının asal karakteri nedeniyle sprey damla iletimi hemen hemen tüm alanlarda kullanılabilir. Ancak sprey ark oluşturmak için gerekli akım değerleri yüksek olduğundan bu yöntemin ince saçlara uygulanması zor olabilir. Ortaya çıkan ark kuvvetleri ince saçları kaynak edecekleri yerde keserler. Aynı zamanda bu yöntemde özgü olan yüksek yağma hızları düşey ve tavan pozisyonlarında yüzey gerilimi ile taşınamayan büyük ölçekte kaynak banyosu oluşturur.



Şekil-6 Damla İletimi Hızının ve Damla Hacminin Kaynak Akımıyla Değişimi
(\varnothing 1.6 mm Çelik Elektrod - Ar + CO₂ Karışım Gazı Koruması - 6.4 mm Ark Uzunluğu)

Tablo-1 Çeşitli Elektrodlar İçin İri Damladan Spreye Geçiş Akımları

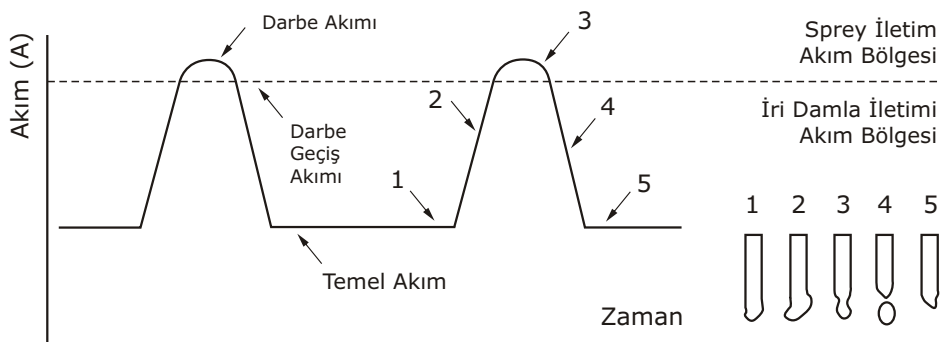
Elektrod Tipi	Elektrod Çapı (mm)	Koruyucu Gaz	Min. Sprey Ark Geçiş Akımı (A)
Yumuşak Çelik	0.8	% 98 Ar + % 2 O ₂	150
Yumuşak Çelik	0.9	% 98 Ar + % 2 O ₂	165
Yumuşak Çelik	1.1	% 98 Ar + % 2 O ₂	220
Yumuşak Çelik	1.6	% 98 Ar + % 2 O ₂	275
Paslanmaz Çelik	0.9	% 98 Ar + % 2 O ₂	170
Paslanmaz Çelik	1.1	% 98 Ar + % 2 O ₂	225
Paslanmaz Çelik	1.6	% 98 Ar + % 2 O ₂	285
Alüminyum	0.8	Argon	95
Alüminyum	1.1	Argon	135
Alüminyum	1.6	Argon	180
Deoksided Bakır	0.9	Argon	180
Deoksided Bakır	1.1	Argon	210
Deoksided Bakır	1.6	Argon	310
Silisyum Bronzu	0.9	Argon	165
Silisyum Bronzu	1.1	Argon	205
Silisyum Bronzu	1.6	Argon	270

Sprey ark iletiminin iş parçası kalınlığı ve kaynak pozisyonu ile ilgili bu sınırlamaları özel olarak tasarlanmış güç üniteleri sayesinde büyük ölçüde ortadan kaldırılmıştır. Bu makineler hassas bir şekilde kontrol edilen dalga formları ve frekansları oluşturarak "**darbeli (palslı)**" akım üretmektedir. **Şekil-7'**de gösterildiği gibi darbeli akım üreten makineler iki farklı akım seviyesi sağlamaktadır.

Bunlardan biri sabit şiddette olup, elektrod ucunda damla oluşturacak kadar yüksek bir enerji vermeden arkın sürdürülmesini sağlar. Diğeri ise buna eklenen

darbe akımı olup, şiddeti spreyletimi için gerekli olan geçiş akımından büyüktür. Bu darbe sırasında bir veya daha fazla sayıda damla oluşarak kaynak banyosuna iletilir. Darbelerin saniyedeki sayısı ve şiddeti arkın enerji seviyesini ve bu nedenle de elektrodun ergime hızını kontrol eder.

Ortalama ark enerjisinin ve elektrod ergime hızının azalması sayesinde darbeli akımla spreyletüm sac metallerin birleştirilmesinde ve kalın metallerin tüm pozisyonlardaki kaynağında rahatlıkla kullanılabilir.

**Şekil-7 Darbeli (Palslı) Sprey Ark Kaynağı Akımının Karakteri**

2.3

KAYNAK DEĞİŞKENLERİ

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

- Kaynak akımı (elektrod besleme hızı)
- Kutuplama
- Ark gerilimi (ark boyu)
- Kaynak hızı
- Serbest elektrod uzunluğu
- Elektrod açıları
- Kaynak pozisyonları
- Koruyucu gazlar
- 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. Herbir uygulamada en uygun ayarları seçmek için önemli ölçüde yetenek ve tecrübe gerekir. Kaynak değişkenlerinin en uygun değerleri aşağıdaki faktörler gözönüne alınarak seçilir.

- Esas metalin tipi
- Elektrod bileşimi
- Kaynak pozisyonu
- Kaynak bağlantısının kalitesi ile ilgili istekler

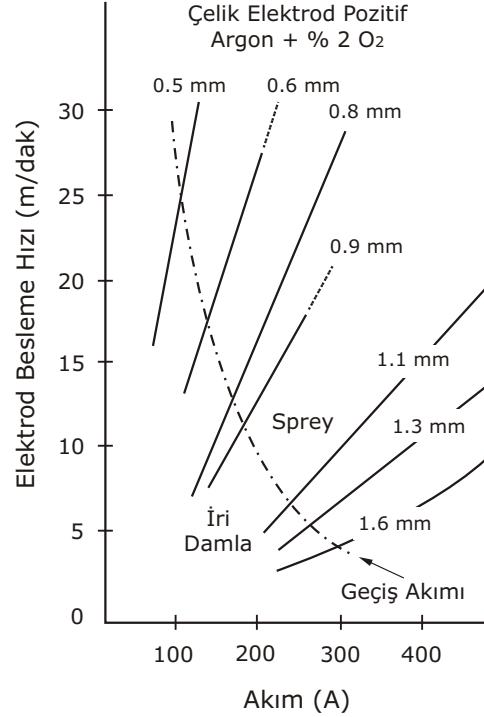
Buna göre her uygulama için en uygun sonuçları veren tek bir değişken topluluğu yoktur.

2.3.1

Kaynak Akımı

Diğer tüm değişkenler sabit tutulduğunda kaynak akımının şiddeti elektrod besleme hızı veya ergime hızı ile doğrusal olmayan bir şekilde değişir. Elektrod besleme hızı değiştirildiğinde sabit gerilimli güç ünitesi

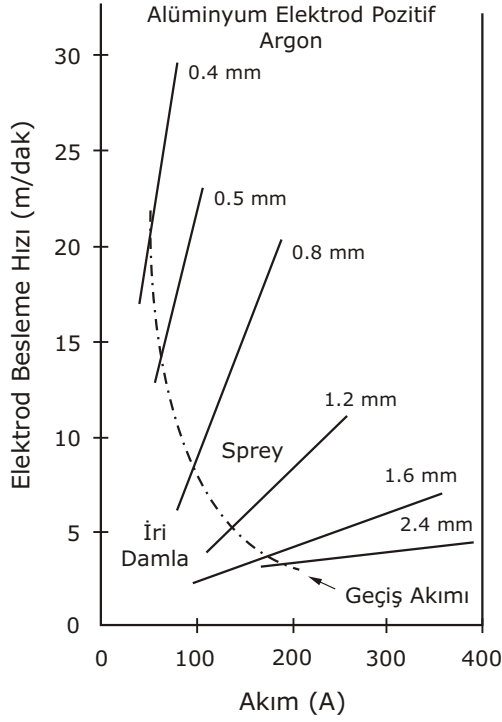
kullanılıyorsa kaynak akımı da benzer şekilde değişir. Kaynak akımı ile elektrod besleme hızı arasındaki bu ilişki çelik elektrodlar için Şekil-8'de gösterilmiştir.



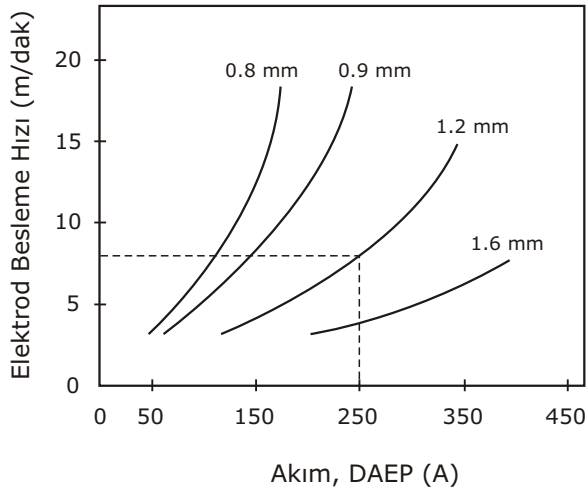
Şekil-8 Alaşimsız Çelik Elektrodlar İçin Kaynak Akımları İle Elektrod Besleme Hızları Arasındaki İlişki

Düşük akım değerlerinde, her bir elektrod çapı için eğriler yaklaşık olarak doğrusaldır. Ancak daha yüksek akım değerleri üzerinde özellikle küçük elektrod çaplarında eğriler doğrusallıktan sapar ve kaynak akımı arttıkça bu sapma daha da artar. Bu değişim serbest elektrod uzunluğunda oluşan direnç ısıtmasına bağlanmaktadır. Elektrod besleme hızı ile kaynak akımı arasındaki bu ilişki elektrodun kimyasal bileşiminden de etkilenir. Şekil-8, 9 ve 10'da sırasıyla alaşimsız çelik, alüminyum ve paslanmaz çelik elektrodlar için verilen eğriler kıyaslanarak bu etki görülebilir.

Eğrilerin farkı konumlarda ve eğimlerde olmasının nedeni metallerin ergime sıcaklıklarının ve elektrik dirençlerinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Serbest elektrod uzunluğu da bu ilişkiyi etkiler.



Şekil-9 ER4043 Alüminyum Elektrodlar İçin Kaynak Akımları ile Elektrod Besleme Hızları Arasındaki İlişki



Şekil-10 300 Serisi Paslanmaz Çelik Elektrodlar İçin Kaynak Akımları ile Elektrod Besleme Hızları Arasındaki İlişki

Diğer tüm değişkenler sabitken kaynak akımındaki (elektrod besleme hızında) artış aşağıdaki sonuçları doğurur :

- Kaynak nüfuziyet derinliğinde ve genişliğinde artma
- Yığılma hızında artma
- Kaynak dikişinin boyutlarında artma

Darbeli (palslı) sprej kaynağında, sprej tipi metal iletimini sağlamak için ortalama şiddeti geçiş akımından daha düşük değerlerde kaynak akımına neden olan akım darbeleri kullanılır.

Ark kuvveti ve yığılma hızı akıma kuvvetli olarak bağlıdır. Düşey ve tavan pozisyonlarında, geçiş akımının üzerindeki akım değerleriyle çalışılması durumunda, ark kuvvetleri kontrol edilemez hale getirilir. Darbe akımı ile ortalama akım düşürülerek hem ark kuvvetleri ve hem de yığılma hızı azaltılır ve böylece kaynağın tüm pozisyonlarda ve ince saçlarda yapılması mümkün olur. Dolu elektrodarda darbeli akım kullanmanın diğer bir avantajı daha büyük çaplı elektrodların (yani 1.6 mm) kullanılabilmesidir. Bu durumda yığılma hızları ince elektrodlardakinden pek farklı olmamakla birlikte, yığılan birim metal başına maliyetin daha düşük olması bir kazanç sağlar. Azalan sıçrama kayıpları nedeniyle yığılma veriminde de bir artış oluşur. Özlü elektrodarda darbeli akım, dolu elektrodla kıyasla, serbest elektrod uzunluğu ve gerilimdeki değişimlerden daha az etkilenen bir ark oluşturur. Bu nedenle işlem kaynakçının kaynak sırasında oluşturduğu değişimlere karşı daha toleranslıdır. Darbeli akım, sıçramanın zaten düşük olduğu bir operasyonda sıçramayı daha da düşük bir düzeye indirir.

2.3.2 Kutuplama

Kutuplama terimi kaynak torcunun bir doğru akım ünitesinin kutuplarına elektriksel olarak bağlanmasını tanımlamak için kullanılır. Torcun güç kablosu, kaynak ünitesinin pozitif kutubuna bağlanacak olursa, bu

kutuplamaya doğru akım elektrod pozitif kutuplama (DAEP) veya "**ters kutuplama**" adı verilir. Torç negatif kutuba bağlanacak olursa bu kutuplamaya doğru akım elektrod negatif kutuplama (DAEN) veya "**düz kutuplama**" adı verilir. Ergiyen elektrodla gazaltı kaynağı uygulamalarının büyük bir çoğunluğunda doğru akım elektrod pozitif kutuplama kullanılır. Bunun nedeni bu kutuplamanın geniş bir kaynak akım aralığında kararlı bir ark, yumuşak bir metal iletimi, göreceli olarak daha az sıçrama, iyi bir kaynak dikişi özelliği ve daha fazla nüfuziyet oluşturmasıdır.

Doğru akım elektrod negatif kutuplama ise nadiren kullanılır. Bunun nedeni aksel spray iletimin ticari olarak pek kabul görmemiş bazı değişiklikler yapılmadan gerçekleşmemesidir. Doğru akım elektrod negatif kutuplamanın yüksek ergime hızları oluşturmak gibi olumlu bir yanı olmakla birlikte damla iletimi tipi iri damlalı iletim olduğundan bu olumlu tarafından yararlanmak mümkün değildir. Çeliklerde, iletimi argona % 5 oranında O₂ katarak (oksidasyon kayıplarını telafi etmek için elektroda özel alaşımlar katmak gerekir) veya elektrodu termo-iyonik yaparak (elektrodun maliyetini artırır) iyileştirme sağlanabilir. Her iki halde de yağma hızları azalır ve kutup değiştirmenin sağladığı üstünlük ortadan kalkmış olur. Bununla birlikte, doğru akım elektrod negatif kutuplama, yüksek yağma hızına ve daha düşük nüfuziyete sahip olması nedeniyle, yüzey doldurma işlemlerinde uygulama alanı bulmuştur.

Gazaltı kaynağında alternatif akım kullanılması genellikle başarısız sonuçlar vermiştir. Alternatif akımda akım sıfırdan geçerken arkın sönme eğilimi göstermesi ark kararsızlığına neden olmaktadır. Bu problemin üstesinden gelmek için elektrod yüzeylerine uygulanan özel işlemler geliştirilmiş olmakla birlikte bunların uygulanma maliyetleri elektrodları pahalı hale getirmektedir.

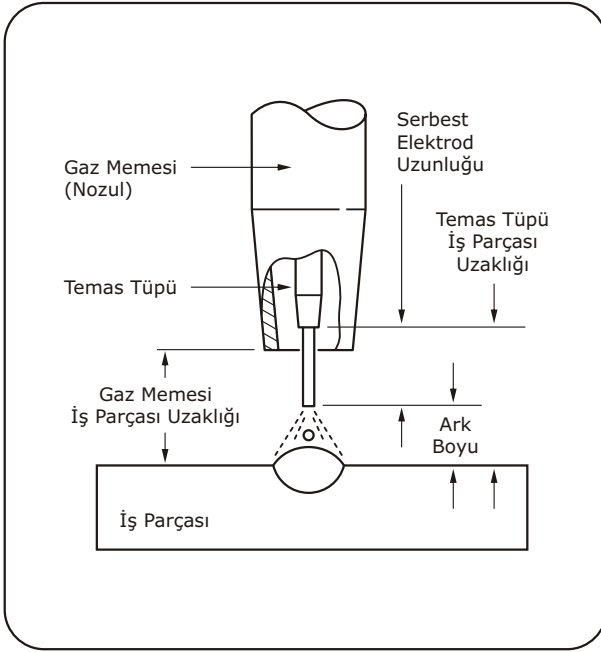
2.3.3 Ark Gerilimi (Ark Boyu)

Ark gerilimi ve ark boyu genellikle birbirlerinin yerine kullanılan terimlerdir. Ancak bunların aralarında bir ilişki olmakla birlikte farklı şeyler olduklarını belirtmekte yarar vardır. Gazaltı kaynağında ark boyu dikkatle kontrol edilmesi gereken kritik bir değişkendir. Örneğin, argon koruması altındaki spray ark tipinde arkın çok kısa olması, zaman zaman kısa devreye maruz kalmasına neden olur. Bu kısa devreler ise basınç değişimleri oluşturarak ark sütununun içine hava pompalanmasına neden olur. Bu olay havadan absorbe edilen oksijen ve azot nedeniyle gevrekliğe ve gözenekliliğe neden olur. Eğer ark çok uzun ise gezinme eğilimi gösterir ve hem nüfuziyeti hem de dikiş profilini etkiler. Uzun bir ark aynı zamanda gaz korumasını da bozar. Karbondioksit koruması altındaki gömülü ark tipinde ise, arkın uzun olması hem gözenekliliğe hem de aşırı sıçramaya neden olur. Ark çok kısa ise, elektrodun ucu kaynak banyosuyla kısa devre yaparak kararsızlığa yol açar.

Ark boyu bağımsız bir değişkendir. Ancak ark gerilimi hem diğer birçok değişkene hem de ark boyuna bağlı olarak değişir. Ark geriliminin ark boyu dışında bağlı olduğu diğer değişkenler ise şunlardır :

- a) Elektrodun bileşimi ve çapı
- b) Koruyucu gazın cinsi
- c) Kaynak tekniği
- d) Kaynak kablosunun uzunluğu

Ark gerilimi, serbest elektrod uzunluğu boyunca gerilim düşümünü de içermekle birlikte elektriksel bir terimle fiziksel ark boyunun yaklaşık olarak belirtilmesi ve ayarlanmasında da kullanılan bir vasıtasıdır (**Şekil-11**).



Şekil-11 Gazaltı Kaynağında Kullanılan Terimlerin Açıklanması

Diğer bütün değişkenler sabit tutulduğunda, ark gerilimi doğrudan ark boyuna bağlıdır. Üzerinde durulan ve kontrol edilmesi gereken değişken ark boyu olmakla birlikte, ark geriliminin kontrol edilmesi çok daha kolaydır. Bu nedenle ve kaynak işlemlerinde ark geriliminin belirtilmesi doğal bir gereklilik olduğundan ark uzunluğunun ayarı, ark geriliminin kontrol edilmesiyle yapılır. Ark gerilimi ayarları malzemeye, koruyucu gaz ve damla iletim tipine bağlı olarak değişir.

Tipik ark gerilimi değerleri **Tablo-2'**de verilmiştir. En uygun ark karakteristiği ve en iyi dikiş görüntüsü oluşturan bir ark gerilimi ayarı için deneme pasolarının çekilmesi gereklidir. En uygun ark gerilimi metal kalınlığı, bağlantı tipi, kaynak pozisyonu, elektrod çapı, koruyucu gazın bileşimi ve kaynağın tipi gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğundan, bu tür denemelerin yapılması gereklidir. Ark geriliminin bu en uygun değerden daha yüksek olması, kaynak dikişinin düzleşmesine ve ergime bölgesi genişliğinin artmasına

Tablo-2 Çeşitli Metaller İçin Ark Gerilimleri (V) *

Metal	Sprey ** ve İri Damla İletimi (1.6 mm çapında elektrod)					Kısa Devre İletimi (0.8 mm çapında elektrod)			
	Argon	Helyum	% 25 Ar % 75 He	Ar+O ₂ (% 1-1.5 O ₂)	CO ₂	Argon	Ar+O ₂ (% 1-1.5 O ₂)	% 75 Ar % 25 CO ₂	CO ₂
Alüminyum	25	30	29	-	-	19	-	-	-
Magnezyum	26	-	28	-	-	16	-	-	-
Alaşımız Çelik	-	-	-	28	30	17	18	19	20
Düşük Alaşımlı Çelik	-	-	-	28	30	17	18	19	20
Paslanmaz Çelik	24	-	-	26	-	18	19	21	-
Nikel	26	30	28	-	-	22	-	-	-
Nikel-Bakır Alaşımı	26	30	28	-	-	22	-	-	-
Nikel-Krom-Demir	26	30	28	-	-	22	-	-	-
Bakır	30	36	33	-	-	24	22	-	-
Bakır-Nikel Alaşımı	28	32	30	-	-	23	-	-	-
Silisyum Bronzu	28	32	30	28	-	23	-	-	-
Alüminyum Bronzu	28	32	30	-	-	23	-	-	-
Fosfor Bronzu	28	32	30	23	-	23	-	-	-

*) +/- % 10 sınırlar içindedir. Düşük gerilimler, düşük akımlarla birlikte ince malzemelerde, yüksek gerilimler yüksek akımlarla birlikte kalın malzemelerde kullanılır.

**) Darbeli sprej iletiminde ark gerilimi kullanılan akım aralığına bağlı olarak, 18-28 V arasındadır.

neden olur. Aşırı yükseklikteki ark gerilimleri ise, gözenekliliğe, sıçramaya ve yanma oluşuna neden olur. Gerilimin azalması ise daha dar ve daha yüksek kaynak dikişine ve daha derin nüfuziyete neden olur. Aşırı derecede düşük gerilim ise, elektrodun iş parçasına yapışmasına neden olur.

2.3.4

Kaynak Hızı

Kaynak hızı, arkın kaynak birleştirmesi boyunca ilerleme hızıdır. Diğer bütün şartlar sabit tutulduğunda, orta değerdeki kaynak hızlarında kaynak nüfuziyeti en fazladır (**Şekil-12**). Kaynak hızı azaldığında, birim kaynak uzunluğunda yığılan kaynak metali miktarı artar. Bu ilişki aşağıdaki eşitlikle verilebilir :

$$G_{(kg/m)} = 7.8 \cdot 10^{-4} \cdot h \cdot g \cdot d^2 \cdot (V_e / V_k)$$

Burada "G" (kg) bir metre kaynak dikişi başına yığılan kaynak metali, "h" sıçrama kayıplarını gözönüne alan yığıma verimi, "g" (gr/cm³) elektrod malzemesinin yoğunluğu, "d" (mm) elektrod çapı, "Ve" (m/dak) elektrod besleme hızı, "Vk" (m/dak) kaynak hızıdır.

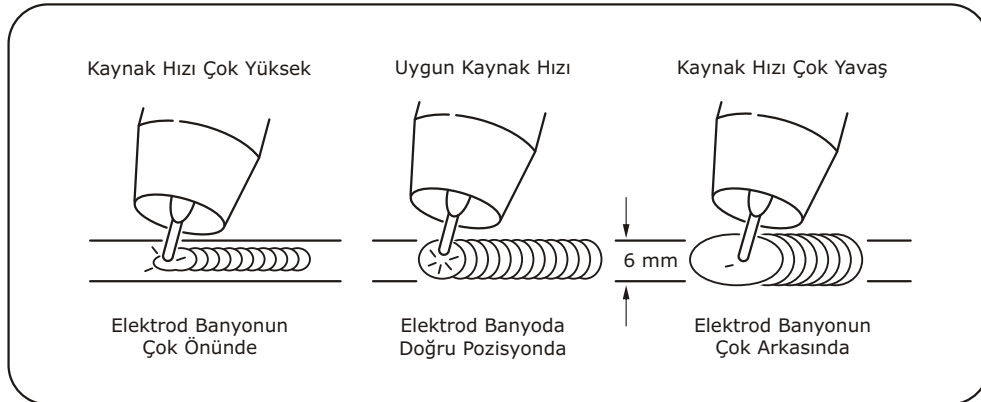
Çok düşük kaynak hızlarında, kaynak arkı esas metal yerine ergimiş kaynak banyosu üzerinde yanar ve bu nedenle nüfuziyet azalır. Bu sırada geniş bir kaynak dikişi de oluşur.

Kaynak hızı arttırılırsa ark esas metale daha doğrudan etki ettiğinden, birim kaynak dikişi uzunluğu başına arkta esas metale iletilen ısı enerjisi önce artar. Kaynak hızının daha da arttırılması, birim kaynak dikişi uzunluğu başına, esas metale daha az ısı enerjisi verilmesi sonucunu doğurur. Bu nedenle, artan kaynak hızıyla esas metalin ergimesi önce artar ve daha sonra azalır. Kaynak hızı daha da arttırılacak olursa, ark tarafından ergitilen yolu doldurmaya yetecek miktarda dolgu metali yığılamayacağından kaynak dikişinin kenarlarında yanma olukları meydana gelir.

2.3.5

Serbest Elektrod Uzunluğu

Serbest elektrod uzunluğu **Şekil-11**'de gösterildiği gibi, elektrod ucu ile temas tüpü ucu arasındaki mesafedir. Serbest elektrod uzunluğunun artması elektrik direncinde artmaya neden olur. Direncin artması direnç ısıtmasının artmasına, bu da elektrod sıcaklığının yükselmesine neden olur. Elektrod sıcaklığının yükselmesi ise ergime hızında küçük bir artışa neden olur. Bundan daha önemlisi, artmış elektrik direnci temas tüpü ile iş parçası arasında daha büyük gerilim düşüşüne neden olur. Bu durum güç ünitesi tarafından algılanıp akımın azaltılması yoluyla dengelenir. Bunun sonucunda ise elektrod ergime hızı derhal azaltılarak elektrodun fiziksel ark boyunun kısalması sağlanır. Böylece, kaynak



Şekil-12 Kaynak Hızının Kaynak Dikişine Etkisi

makinasında gerilim arttırılmadıkça, dolgu metali dar ve yüksek bir kaynak dikişi yığar. Arzu edilen serbest elektrod uzunluğu genellikle kısa devre metal iletimi için 6-13 mm, diğer tip metal iletimleri için 13-25 mm arasındadır.

2.3.6 Elektrod Açıları

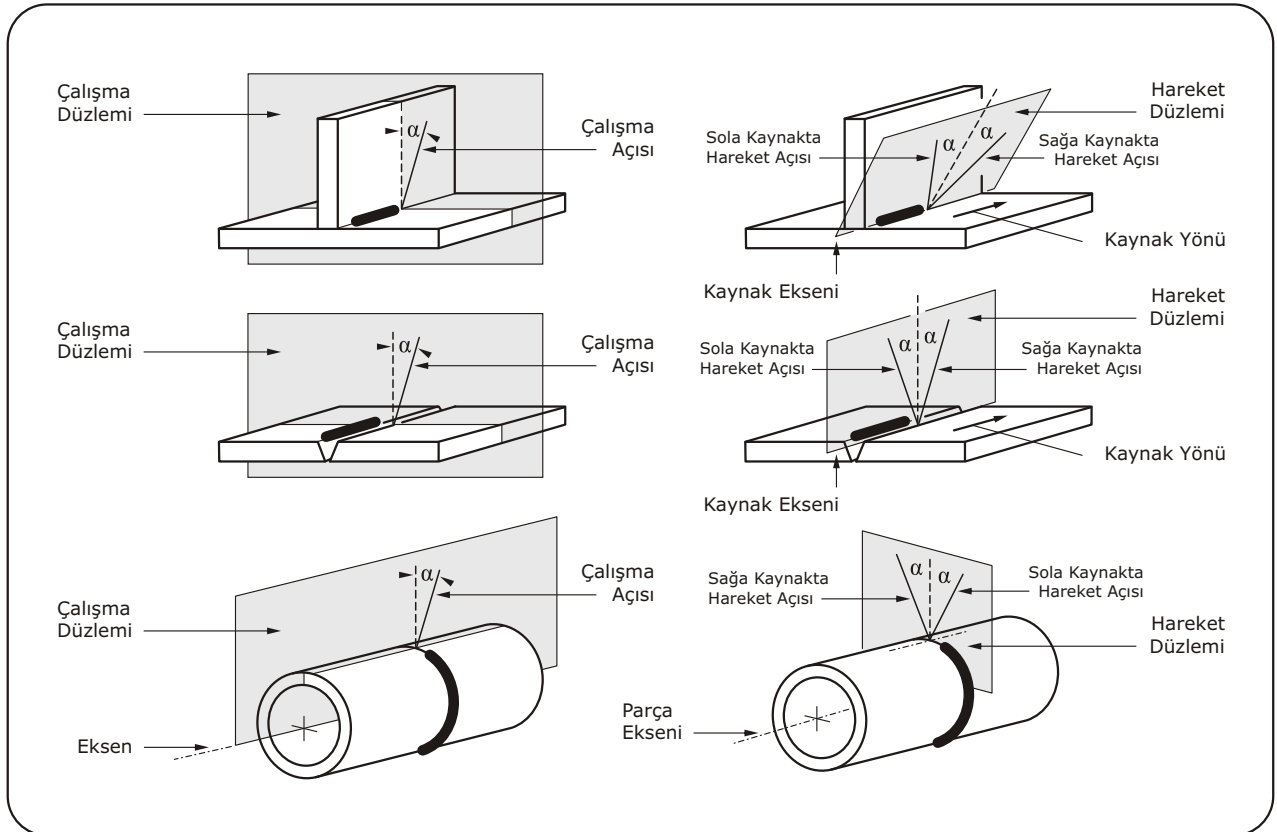
Diğer tüm ark kaynağı yöntemlerinde olduğu gibi, kaynak elektrodunun kaynak bağlantısına göre açıları kaynak dikişi şeklini ve nüfuziyetini etkiler. Elektrod açıları dikiş şekli ve nüfuziyetini, ark gerilimi ve kaynak hızının etkisinden daha büyük ölçüde etkiler.

Elektrod açılarını tanımlayabilmek için iki düzlemin tanımını yapmak gerekir. Bunlar, çalışma düzlemi ve hareket düzlemdir (**Şekil-13a**).

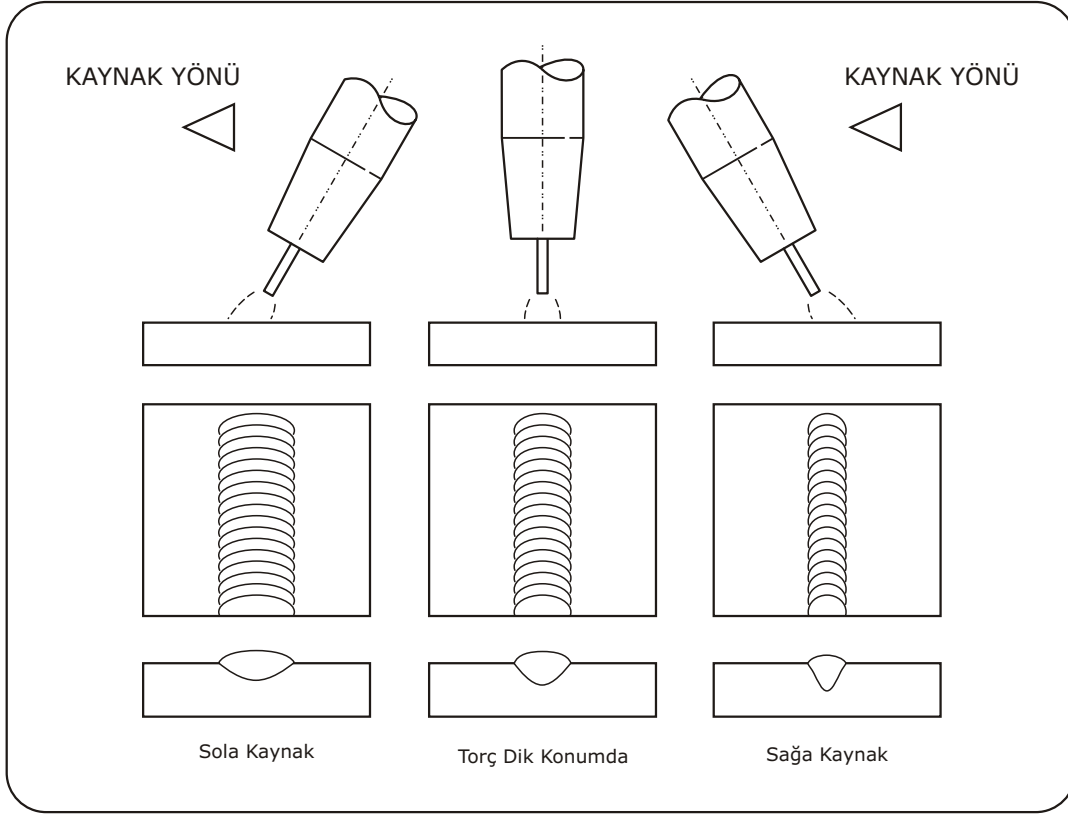
Kaynak (hareket) doğrultusuna dik olan düzleme "**çalışma düzlemi**", kaynak doğrultusu ile elektrodan geçen düzleme de "**hareket düzlemi**" adı verilir. Bu düzlemler gözönüne alınarak elektrod açıları şu şekilde tanımlanır :

- Hareket düzlemi içinde elektrod eksenine hareket (kaynak) doğrultusuna dik olan doğrultu arasındaki açı, "**hareket açısı**"dır.
- Çalışma düzlemi içinde elektrod eksenine en yakın iş parçası yüzeyi arasındaki açı "**çalışma açısı**"dır.

Elektrodun ucu kaynak yönünün aksi yönüne doğru yönelmişse, bu teknik "**sağa kaynak**", kaynak doğrultusuna doğru yönelmişse "**sola kaynak**" olarak adlandırılır. Elektrod açıları ve bunların dikiş şekline ve nüfuziyete etkileri **Şekil-13b**'de gösterilmiştir.



Şekil-13a Hareket ve Çalışma Düzlemleri ve Elektrod Açıları



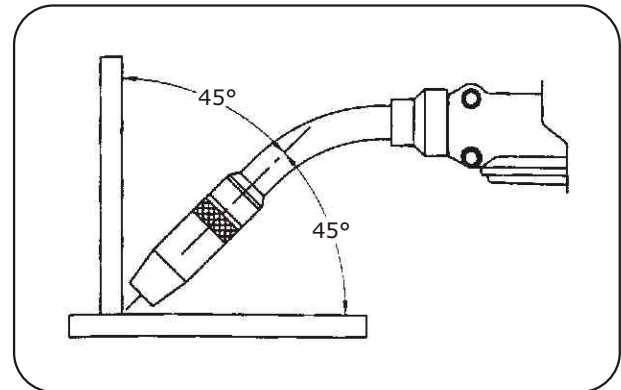
Şekil-13b Elektrod Açısının ve Kaynak Tekniğinin Etkileri

Bütün diğer şartlar değiştirilmeden, hareket açısı sıfırdan itibaren sola kaynak tekniğine doğru arttırılacak olursa, nüfuziyet artar ve kaynak dikişi geniş ve düz hale dönüşür. En yüksek nüfuziyet sağa kaynak tekniği ile hareket açısı 25° iken meydana gelir. Sağa kaynak tekniği, aynı zamanda daha dışbükey ve daha dar bir dikiş, daha kararlı bir ark ve iş parçası üzerinde daha az sıçrama meydana getirir.

Tüm pozisyonlarda, ergimiş kaynak banyosunun daha iyi kontrol edilmesi ve korunması için normal olarak kullanılan elektrod açısı 5 ila 15 derece arasında değişen hareket açısıdır.

Alüminyum gibi bazı metallerde sola kaynak tekniği tercih edilmektedir. Bu teknik ergimiş kaynak metali önünde "**temizlik etkisi**" oluşturur. Bu ise ıslatmayı iyileştirir ve esas metalin oksidasyonunu azaltır.

Yatay pozisyonda iç köşe kaynağı yaparken elektrod **Şekil-14**'de gösterildiği gibi düşey parçayla 45° çalışma açısı yapacak şekilde tutulmalıdır.



Şekil-14 İçköşe Kaynakları İçin Normal Çalışma Açısı

2.3.7

Kaynak Pozisyonları

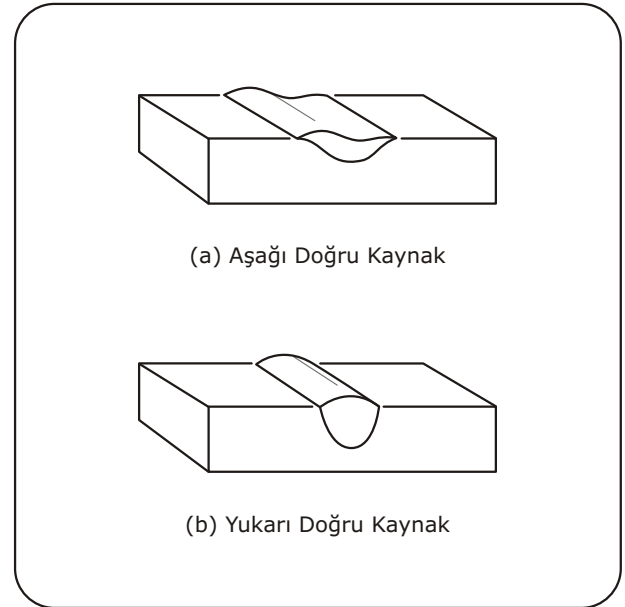
Sprey iletimli kaynakların çoğu oluk ve yatay pozisyonlarda gerçekleştirilir. Buna karşılık, düşük enerji seviyelerindeki darbeli ve kısa devre iletimli kaynaklar tüm pozisyonlarda kullanılabilir. Oluk pozisyonunda spreysel metal iletimi ile gerçekleştirilen içköşe kaynakları, yatay pozisyonda gerçekleştirilen benzer birleştirmelere nazaran daha üniform olup, farklı ayak uzunluklarına ve içbükey dikiş profiline sahip olma ihtimalleri ve yanma oluşu oluşumuna eğilimleri daha azdır. Düşey ve tavan pozisyonlarında yerçekiminin kaynak metali üzerindeki çekme etkisini yenebilmek için küçük çaplı elektrodlarla ya kısa devre metal iletimli veya darbeli spreysel iletimli kaynak yapmak gerekir. 1.1 mm ve daha küçük çaplı elektrodlar zor pozisyonların kaynağı için tercih edilir. Düşük ısı girdisinin kullanılması zor pozisyonların kaynağı için çok uygundur. Bu şekilde ergimiş banyonun hızla katılaşması sağlanır. Düşey pozisyondaki ince saçların kaynağında genellikle yukarıdan aşağıya kaynak tercih edilmelidir.

Kaynak oluk pozisyonunda yapılırken, kaynak ekseninin yatay düzleme göre eğimli hale getirilmesi dikiş şeklini, nüfuziyeti ve kaynak hızını etkiler. Oluk pozisyonundaki çevresel kaynaklarda iş parçası kaynak torcunun altında döner ve bu eğim kaynak torcunun tepe ölü merkezden itibaren iki taraftan birine doğru hareket ettirilmesi suretiyle elde edilir. Doğrusal bağlantılarda, parça oluk pozisyonunda iken, aşırı dikiş taşması oluşturabilecek kaynak şartlarında, kaynak eksenini yatayla 15° açı yapacak şekilde yerleştirerek ve aşağı doğru kaynak yaparak dikiş taşması azaltılabilir. Aynı zamanda, aşağı doğru kaynak yaparken kaynak hızı da artırılabilir. Bu şartlarda nüfuziyet daha azdır ve bu durum metal saçların kaynağında yararlı bir husustur.

Aşağı doğru kaynak **Şekil-15a**'da görüldüğü gibi, dikiş profilini ve nüfuziyeti etkiler. Bu pozisyonda kaynak banyosu elektroda doğru akma eğilimi gösterir ve özellikle yüzeyde esas metalin ön tavlmasına neden olur. Bu ise düzensiz bir ergime bölgesi oluşturur. Eğim

açısı arttıkça kaynak dikişinin orta yüzeyi çöker, nüfuziyet azalır ve dikiş genişliği artar. Aşağı doğru kaynak tekniği, temizleme etkisinin kaybolması ve yetersiz gaz koruması nedeniyle alüminyumun kaynağı için tavsiye edilmez.

Yukarı doğru kaynak tekniği ise **Şekil-15b**'de görüldüğü gibi, dikiş profilini ve dikiş yüzeyini etkiler. Yerçekimi kuvveti kaynak banyosunun geriye doğru akmasına ve elektrodun arkasında kalmasına neden olur. Kaynağın kenarları merkeze doğru akan metal kaybına maruz kalır. Eğim açısı artarsa dikiş taşması ve nüfuziyet artar, dikiş genişliği azalır. Etkiler aşağı doğru kaynakta rastlanılanların tamamen tersidir. Daha yüksek kaynak akımları kullanıldığında, uygulanabilecek en büyük eğim açısının değeri de azalır.



Şekil-15 İş Parçası Eğiminin Kaynak Dikişinin Şekline Etkisi

2.3.8

Koruyucu Gazlar

Çeşitli gazların özellikleri ve bunların arkın karakteristiğine ve kaynak kalitesine etkileri **BÖLÜM-4**'de detaylı olarak açıklanmıştır.

2.3.9 Elektrod (Tel) apı

Elektrod apı kaynak dikişinin Şekil ve boyutlarını etkiler. Buyk çaplı elektrodlar aynı metal iletim tipi için ince elektodlara nazaran daha yüksek değerde minimum akım gerektirir. Daha yüksek akımlar ise, ilave elektrod ergimesi ve daha büyük ve akışkan kaynak banyoları oluşturur. Yüksek akımlar aynı zamanda daha yüksek yığma hızına ve daha fazla nüfuziyete neden olur. Ancak düşey ve tavan pozisyonundaki kaynaklar küçük çaplı elektrodlarla daha düşük akımlar kullanılarak gerçekleştirilir.

BÖLÜM 3.0

DONANIM

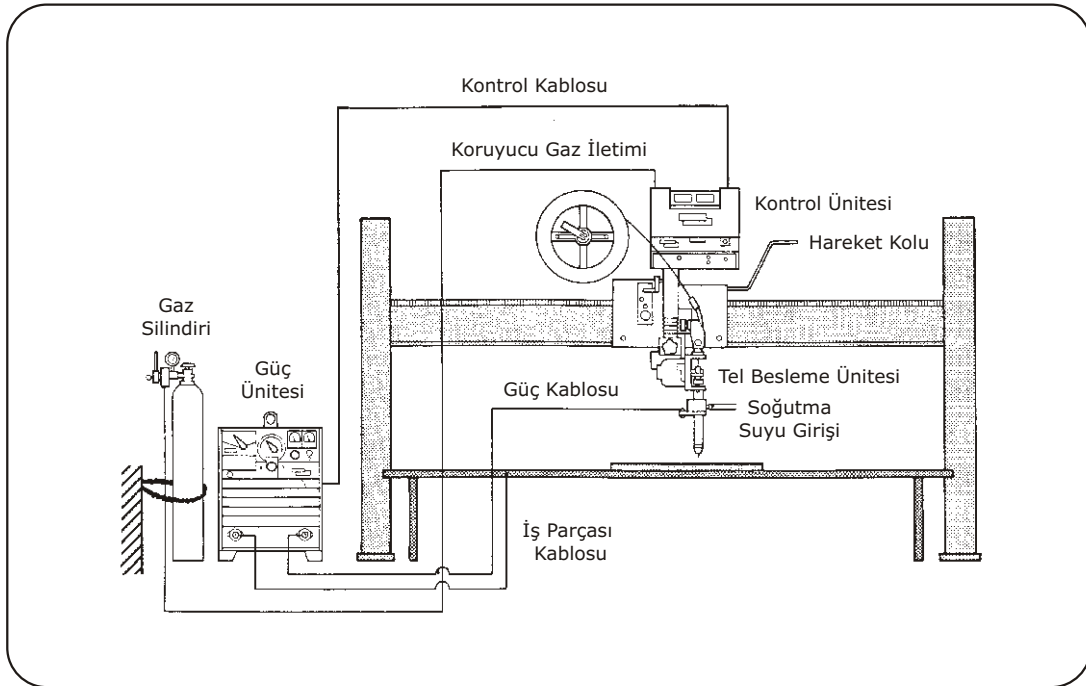
Daha önce de belirtildiği gibi gazaltı kaynak yöntemi yarı otomatik veya otomatik olarak kullanılabilir. Her iki halde de yöntemin temel elemanları aşağıdaki gibidir:

- Kaynak torcu (hava veya su soğutmalı)
- Elektrod (tel) besleme ünitesi
- Kaynak kontrolü
- Kaynak güç ünitesi
- Kontrollü koruyucu gaz iletimi
- Elektrod ünitesi
- Bağlantı kabloları ve hortumları
- Su sirkülasyon sistemi (su soğutmalı torçlarda)

Yarı otomatik ve otomatik kaynaktaki temel elemanlar **Şekil-2** ve **Şekil-16**'da gösterilmiştir.

3.1 KAYNAK TORCU

Kaynak torcu elektrodu ve koruyucu gazı kaynak bölgesine sevk etmek ve elektrik gücünü elektroda iletmek için kullanılır. Yüksek üretim işlerinde yüksek akımla çalışan ağır iş torçlarından başlayıp, zor pozisyon kaynağında kullanılan düşük akımla çalışan hafif iş torçlarına kadar değişen geniş bir aralıkta çeşitli torçlar üretilmektedir.



Şekil-16 Otomatik Kaynak Makinası Donanımı

Ark sıcaklığından etkilenen torcun sürekli bir şekilde soğutulması gerekir. Düşük akım şiddetlerinde koruyucu gaz akımı bu soğutmayı yeterli bir şekilde gerçekleştirir. Kalın çaplı elektrodların, diğer bir deyişle 250 A'den daha yüksek akım şiddetlerinin kullanılması durumunda gaz soğutması yeterli düzeyde olmaz. Bu nedenle 250 A'in üstünde gerçekleştirilen kaynak uygulamalarında kesinlikle su soğutması gereklidir. Kaynak torcunun temel elemanları aşağıda belirtilmiş olup **Şekil-17**'de şematik olarak gösterilmiştir.

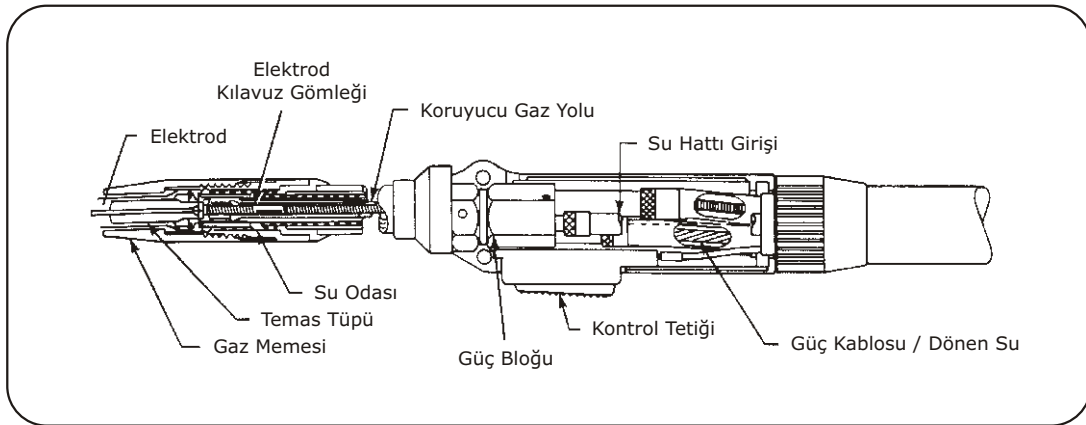
- Temas tüpü
- Gaz memesi
- Elektrod kılavuz hortumu ve gömleği
- Gaz hortumu
- Su hortumu
- Elektrik kablosu
- Tetik

Temas tüpü bakır veya bakır alaşımından yapılmış olup, elektrik akımını elektroda iletmek ve elektrodu iş parçasına doğru yönlendirmek için kullanılır. Temas tüpü bir elektrik kablosu vasıtasıyla güç ünitesine elektrikselsel olarak irtibatlandırılmıştır. Temas tüpünün iç cidarı çok önemlidir. Elektrod bu tüp içinde kolaylıkla hareket edebilmeli ve tüple çok iyi bir elektrikselsel temas sağlamalıdır. Her torçla birlikte verilen kullanma talimatı, her elektrod malzemesi ve çapı için en uygun temas tüpü boyutlarını listeler halinde belirtir.

Temas tüpünün delik çapı kullanılan elektrod çapından genellikle 0.13 ile 0.25 mm daha büyüktür. Alüminyum için daha büyük delik çapları gerekir. Temas tüpünün deliği periyodik şekilde kontrol edilmeli ve aşırı aşınma nedeniyle genişlemişse değiştirilmelidir. Eğer bu şekilde kullanılacak olursa kötü bir elektrikselsel temas ve kararsız bir ark karakteristiğine neden olur. Temas tüpü torça özenle yerleştirilmeli ve koruyucu gaz memesine merkezlenmelidir. Temas tüpünün gaz memesinin ucuna göre aldığı pozisyon, kullanılan metal iletimi tipine bağlı olarak değişir. Kısa devre iletiminde, temas tüpü gaz memesinin ucundan dışarıya doğru çıkmıştır. Sprey iletiminde ise temas tüpünün ucu, gaz memesinin ucundan yaklaşık 3 mm içeridedir.

Gaz memesi düzgün akan gaz sütununu kaynak bölgesine sevkeder. Düzgün gaz akışı ergimiş kaynak metalinin atmosfer kirlenmesine karşı korunmasında çok önemli bir faktördür. Farklı meme boyutları mevcut olup bunların seçimi sözkonusu olan uygulamaya göre yapılır. Örneğin, büyük kaynak banyolarına neden olan, bir başka deyişle korunması gereken alanı arttıran, yüksek akımların kullanıldığı uygulamalarda büyük meme, düşük akımla çalışıldığında ve kısa devre iletimle kaynak yapıldığında küçük meme kullanılır.

Elektrod kılavuz hortumu ve kılavuz gömleği elektrod besleme motorundaki besleme makaralarına yakın bir desteğe bağlanmıştır. Hortum ve gömlek elektrodu



Şekil-17 Kaynak Torcunun Temel Elemanları

destekler, korur ve onu besleme makaralarından torca ve temas tüpüne doğru yönlendirir. İyi bir ark kararlılığı sağlamak için elektrod beslemesinin kesintisiz olarak gerçekleştirilmesi gerekir. Elektrodun dolaşması ve bükülmesi engellenmelidir. Elektrod uygun bir Şekilde desteklenmediği takdirde, besleme makaraları ile temas tüpü arasında herhangi bir yerde sıkışma eğilimi gösterir.

Gömlek, kılavuz hortumunun ayrılmaz bir parçası olabileceği gibi, ayrı bir parça da olabilir. Her iki halde de gömlek malzemesi ve bunun i  çapı önemlidir. Düzgün bir elektrod beslemesi sağlayabilmesi için temiz ve iyi bir durumda olması gerektiğinden gömlek periyodik olarak bakımdan geçirilmelidir.

 elik ve bakır gibi sert elektrod malzemeleri kullanıldığında helisel  elik gömlekler tavsiye edilir. Alüminyum ve magnezyum gibi yumuşak elektrod malzemelerinde ise plastik gömlek kullanılmalıdır.

Kılavuz hortumların dış yüzeyleri çelikle takviye edilmekle birlikte, bu hortumların aşırı bir Şekilde eğilmelerine ve kıvrılmalarına müsaade edilmemelidir. Kaynak  nitesiyle birlikte verilen kullanma talimatında, her elektrod malzemesi ve çapı için tavsiye edilen kılavuz hortumu ve gömleği bir liste halinde belirtilir.

Diğer aksesuarlar ise, koruyucu gazı, soğutma suyunu ve elektrik akımını torca iletmek için kullanılan gaz hortumu, su hortumu ve elektrik kablosudur. Bu hortum ve kablolar ya doğrudan ilgili üniteye veya bu üniteyi kontrol eden kontrol sistemine bağlıdır.

Normal torçlar elektrodu genellikle 3.7 metre uzaktan kılavuz hortumu yoluyla torca iten elektrod besleyicileri kullanır. Torç içine yerleştirilmiş k  uk bir elektrod besleme mekanizması içeren farklı tipte torçlar da kullanılmaktadır. Bu sistem elektrodu daha uzak mesafedeki bir kaynaktan  eker ve bu kaynaktan elektrodu aynı anda iten bir elektrod itme mekanizması bulunabilir. Bu tip torçlar, itme işleminin elektrodta

bükülmeye neden olabileceği k  uk çaplı veya yumuşak ( rneğin alüminyum gibi) elektrodların beslenmesinde avantaj sağlar. Diğer bir torç tipinde ise, elektrod besleme mekanizması ve elektrod makarası torcun içine yerleştirilmiştir.

3.2 ELEKTROD BESLEME ÜNİTESİ

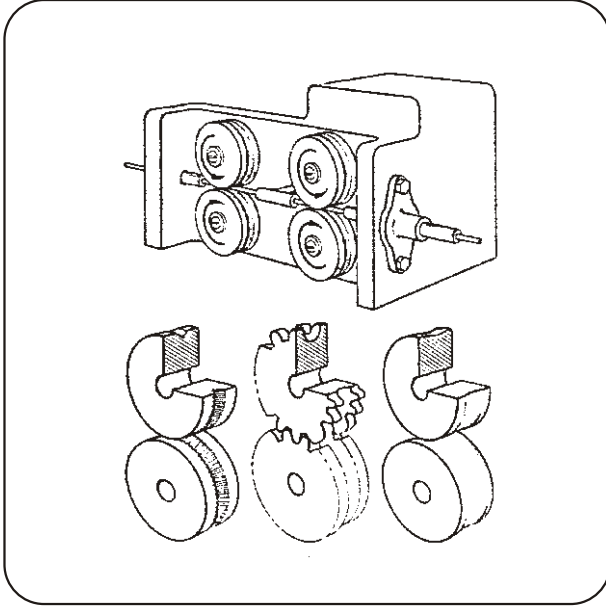
Elektrod besleme  nitesi (tel besleyici) bir elektrik motoru, elektrod makaraları ve elektrod doğrultusunu ve basıncı ayarlayan aksesuarlardan meydana gelmiştir. Elektrod besleme motoru genellikle doğru akımla çalışır ve elektrodu torç yoluyla iş parçasına doğru iter. Motor hızını geniş bir aralıktaki değiştiren bir kontrol devresinin de bulunmasını gerektirir.

Sabit hızlı elektrod besleyicileri normal olarak sabit gerilimli g   üniteleri ile birlikte kullanılır. Bunlar, gerekli devreler eklendiği takdirde sabit akımlı g   ünitelerinde de kullanılabilir.

Sabit akımlı g    nitesi kullanıldığında, otomatik bir gerilim algılama kontrolü gereklidir. Bu kontrol, ark gerilimindeki değişmeleri algılar ve ark boyunu sabit tutmak için elektrod besleme hızını değiştirir. Değişken hızlı elektrod besleme tertibatı ve sabit akımlı g   ünitesinden meydana gelen bu sistem, özellikle besleme hızlarının düşük olduğu büyük çaplı elektrodalarda (1.6 mm'den büyük) kullanılabilir. Motor hızının ayarı, yüksek besleme hızlarında, arkın kararlılığını sağlamaya yetecek kadar hızlı bir Şekilde yapılamaz.

Elektrod besleme makaraları besleme motoru tarafından tahrik edilir. Bu makaralar, elektrodu bulduğu kaynaktan çekmek ve onu kaynak torcu içerisinde ilerletmek için gerekli olan kuvveti sağlarlar.

Elektrod besleme ünitelerinde iki makaralı veya dört makaralı sistemler kullanılabilir. Tipik bir dört makaralı elektrod besleme  nitesi **Şekil-18'**de gösterilmiştir.



Şekil-18 Dört Makaralı Elektrod Besleme Ünitesi

Besleme makaralarının basınçlarının ayarı elektrod özelliklerine bağlı olarak (örneğin dolu veya özlü, sert veya yumuşak elektrod gibi) değişik kuvvetlerin uygulanabilmesine imkan verir. Giriş ve çıkış kılavuzları, elektrodun besleme makaralarına uygun bir doğrultuda girmesini ve çıkmasını sağlar ve elektrodun bükülmesini engeller.

Dolu elektrodlarda genellikle biri kanallı (tahrik makarası), diğeri düz yüzeyli (destek makarası) makara çifleri kullanılır. Alaşımız çelik ve paslanmaz çelik gibi sert elektrodlarda V-kanallı makaralar kullanılır. Özlü elektrodlarda ise, hem tahrik makarası ve hem de destek makarası tırnaklı tiptendir. Tırnaklı makaralar elektrodta düşük bir makara basıncında yüksek bir besleme kuvvetinin iletilmesini sağlar. Bu tip makaralar alüminyum gibi yumuşak elektrodlar için tavsiye edilmez. Bunun nedeni, makaraların elektrodan pul pul parçalar koparması, bu pulların sonuçta torcun veya gömleğin tıkanmasına neden olmasıdır. Şekil-18'de çeşitli makara tipleri gösterilmiştir.

3.3 KAYNAK KONTROLÜ

Yarı otomatik işlemlerde, kaynak kontrolü ve elektrod besleme motoru tek bir entegre paket halindedir. Kaynak kontrolünün ana görevi, genellikle bir elektronik yönetici yoluyla, elektrod besleme motorunun hızını ayarlamaktır. Kaynakçı elektrod besleme hızını artırarak kaynak akımını artırır. Elektrod besleme hızının azalması kaynak akımının da azalmasına neden olur. Bu kontrol aynı zamanda torç tetiğinden alınan sinyallere bağlı olarak elektrod beslenmesinin başlamasını veya durdurulmasını da sağlar. Dokunmatik (elektrod iş parçasına dokunduğu anda elektrod beslemesi başlatılır) veya devreye yavaşça girme (ark tutuşturuluncaya kadar başlangıçtaki besleme hızı düşüktür, daha sonra kaynak sırasındaki besleme hızına yükselir) şeklinde elektrod besleme kontrolü özellikleri de mevcuttur. Bu iki özellik sabit akım tipli güç ünitelerinde kullanılır ve özellikle alüminyumun ergiyen elektrodla gazaltı kaynağında yararlıdır.

Normalde, koruyucu gaz, soğutma suyu ve elektrik gücü torca kontrol yoluyla gönderilir. Gaz ve su akışı, selenoid valfler kullanılarak, kaynağın başlatılması ve bitirilmesine rastlatılacak şekilde kontrol edilir. Kontrol aynı zamanda gaz akışının başlatılmasını ve durdurulmasını da düzenler ve güç ünitesinin kontaktörüne de enerji verir. Kontrol, kaynak başlamadan önce gaz akışının başlamasını ve kaynak bittikten sonra bir süre gaz akışının devam etmesini sağlar. Böylece egrimiş kaynak banyosunun korunması sağlanır. Bu kontrol genelde 115 V'luk bağımsız bir güçle çalışır.

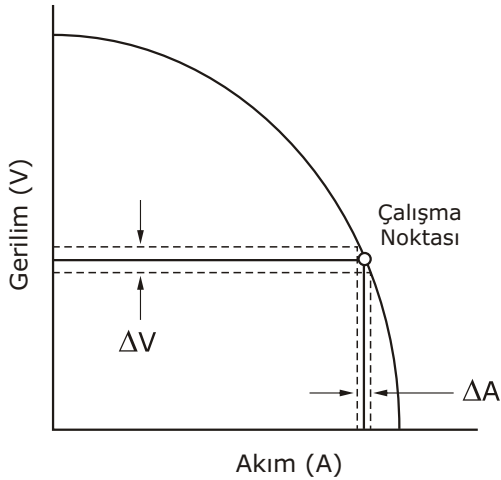
3.4 GÜÇ ÜNİTELERİ

Kaynak güç üniteleri ark oluşturmak için elektrik gücünü elektrodta ve iş parçasına iletir. Gazaltı kaynağının büyük bir kısmında elektrodun pozitif kutupta olduğu doğru akım kullanılır. Bu nedenle güç ünitesinin pozitif ucu torca, negatif ucu ise iş parçasına

bağlanır. Doğru akım güç ünitelerinin başlıca tipleri motor tahrikli jeneratörler (dönen veya hareketli) ve transformatör-redresörlerdir (statik veya hareketsiz).

İnvertörler statik tipe dahil edilirler. Transformatör-redresör tipleri ise 220 V veya 380 V'luk bir şebekenin mevcut olduğu atölye içi alanlarda tercih edilir. Transformatör-redresör tipi güç üniteleri, ark şartlarındaki değişimlere, motor tahrikli jeneratör tipi güç ünitelerine nazaran daha hızlı cevap verirler. Motor tahrikli jeneratörler elektrik enerjisinin mevcut olmadığı yerlerde kullanılır. Her iki güç ünitesi de hem sabit akım, hem de sabit gerilimli çıkış karakteristiği verecek şekilde tasarlanıp üretilebilir.

Gazaltı kaynağının eski uygulamalarında sabit akımlı güç üniteleri kullanılmıştır. Bu üniteler, kaynak sırasındaki akım şiddetini ark uzunluğundaki değişimlere bağlı olmaksızın sabit tutar (Şekil-19).

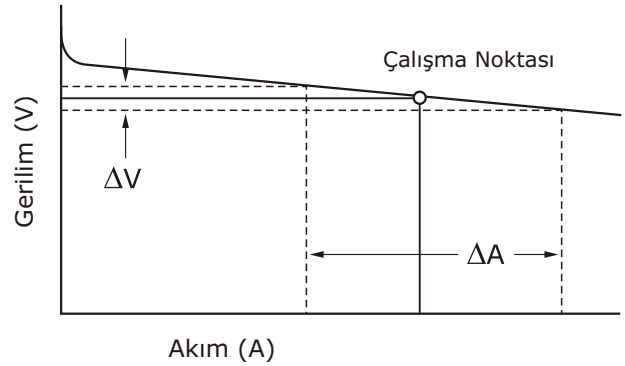


Şekil-19 Sabit Akımlı Güç Ünitelerinde Gerilim-Akım İlişkisi

Bu ünitelerde yüksek açık devre gerilimi ve sınırlı kısa devre akımı şiddetleri mevcuttur. Üniteler sabit bir akım çıkışı sağladıklarından, sabit elektrod besleme hızında, temas tüpü ile iş parçası arasındaki mesafe sabit kaldığı sürece ark boyu da sabit kalır. Ancak, uygulamada bu mesafe değiştiğinden, ark ya temas

tüpüne doğru geri yanmaya ya da iş parçasına yaklaşıp sönmeye eğilim gösterir. Gerilim kontrollü bir elektrod besleme sistemi kullanarak bundan kaçınmak mümkündür. Gerilim (ark boyu) azaldığında veya arttığında, elektrod besleme motoru yavaşlayarak veya hızlanarak ark boyunun sabit kalmasını sağlar. Elektrod besleme hızı kontrol sistemi tarafından otomatik olarak değiştirilir. Bu tip güç üniteleri genellikle spray iletimli kaynak işlemleri için kullanılır. Kısa devre iletimde ark süresinin sınırlı olması nedeniyle kontrolün gerilim yoluyla yapılması mümkün değildir.

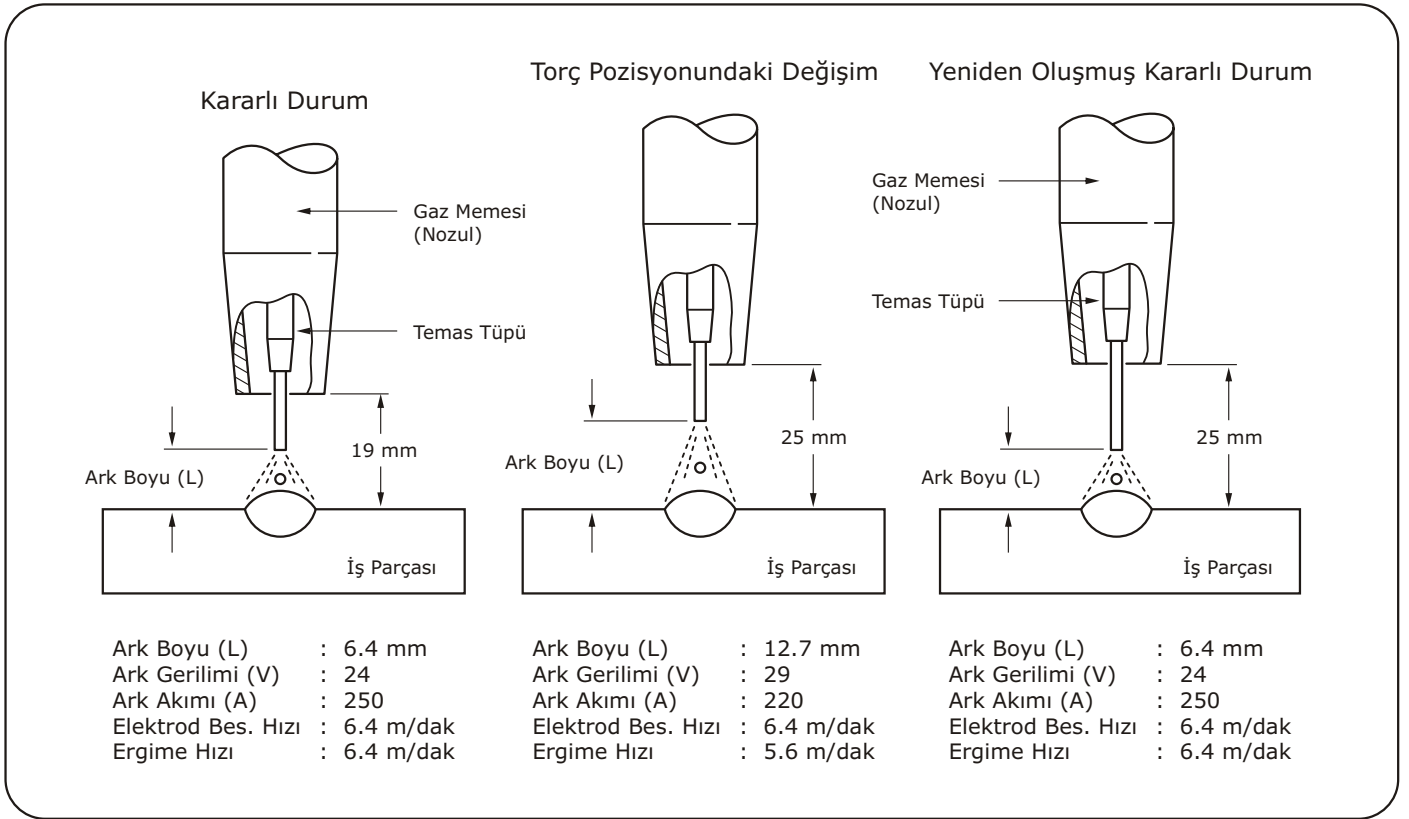
Gazaltı kaynağı uygulamaları arttıkça sabit gerilimli güç ünitelerinin daha iyi çalışma imkanı sağladığı görülmüştür. Bu üniteler, sabit hızlı elektrod besleyicileri ile birlikte kullanıldıklarında, gerilimin kaynak işlemi sırasında hemen hemen sabit kalmasını sağlarlar. Şekil-20'de bu tip güç ünitelerinin gerilim-akım eğrileri gösterilmiştir.



Şekil-20 Sabit Gerilimli Güç Ünitelerinde Gerilim-Akım İlişkisi

Sabit gerilimli güç üniteleri normal kaynak işlemi sırasında iş parçası ile temas tüpünün ucu arasında oluşan mesafe değişikliklerini, kaynak akımını aniden arttırarak veya azaltarak dengeler.

Ark boyu, güç ünitesinde kaynak gerilimi ayarlanarak tespit edilir. Bu bir kez tesbit edildikten sonra kaynak sırasında başka bir değişiklik yapmaya gerek yoktur. Aynı zamanda akım kontrolü olan elektrod besleme



Şekil-21 Ark Uzunluğunun Otomatik Ayarı

hızı kaynakçı tarafından kaynaktan önce ayarlanır. Bu ayar geri yanma veya sönme meydana gelmeden önce geniş bir aralıkta yapılabilir.

Kaynakçılar çok az bir eğitimden sonra gerilim ve elektrod besleme hızını nasıl ayarlayacaklarını öğrenebilirler.

Sabit gerilimli güç ünitelerinin kendi kendine ayarlama mekanizması **Şekil- 21**'de gösterilmiştir.

Temas tüpünün ucuyla iş parçası arasındaki uzaklığın artması ile ark boyu ve ark gerilimi de artar. Ancak ark gerilimindeki bu hafif artma sonucunda ark akımı azalır. Ark akımındaki azalma elektrodun ergime hızını azalttığından, elektrodun ucu iş parçasına doğru ilk ark uzunluğu elde edilinceye kadar yaklaşır. Bu durumda serbest elektrod uzunluğu artar. Tersine uzaklık azal-

dığında ark geriliminde de azalma olur ve ark akımı artar. Bu ise elektrodun ergime hızını arttırarak ark boyunun ilk değerine yükselmesine neden olur. Sonuçta serbest elektrod uzunluğu azalır.

Sabit gerilimli güç ünitelerinin ark boyunu kendi kendine ayarlama özelliği kararlı kaynak şartlarının elde edilmesinde önemli rol oynar. Özellikle kısa devre iletiminde optimum kaynak performansını etkileyen ilave değişkenler de mevcuttur. Çıkış geriliminin kontrolüne ilave olarak belli ölçüde eğim ve indüktans kontrolü arzu edilebilir. Kaynakçıların bu değişkenlerin kaynak arkı ve onun kararlılığı üzerindeki etkilerini bilmesi gerekir.

3.4.1 Gerilim

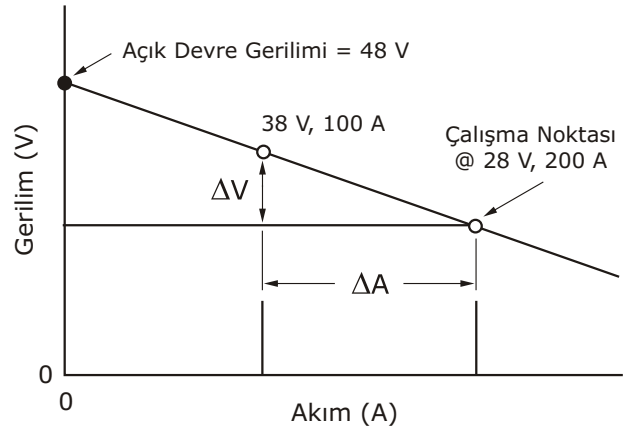
Ark gerilimi elektrod ile iş parçası arasındaki elektriksel potansiyeldir. Ark gerilimi, bağlantılarda ve kaynak kablosu boyunca oluşan gerilim düşümü nedeniyle, doğrudan güç ünitesinde ölçülen gerilim değerinden daha küçüktür. Daha önce de belirtildiği gibi ark gerilimi ark boyu ile doğrudan ilişkilidir ve bu nedenle güç ünitesinin çıkış gerilimindeki artma veya azalma ark boyunda benzer yönde bir değişmeye neden olur.

3.4.2 Eğim

Bir sabit gerilimli güç ünitesinin statik gerilim-akım karakteristiği (statik çıkış) **Şekil-20'**de gösterilmiştir. Çıkış eğimi gerilim-akım eğrisinin eğimi olup bu eğim her 100 amperlik akım artmasına karşılık gelen gerilim düşmesi olarak belirtilir. Güç ünitesinin imalatçı tarafından belirtilen eğimi çıkış terminallerinde ölçülen eğim olup ark kaynağı sisteminin toplam eğimi değildir. Kaynak sistemine direnç ilave eden herşey (örneğin kablolar, zayıf bağlantılar, gevşek terminaller, kirli kontaktlar) eğimi etkiler. Bu nedenle çalışılan kaynak sisteminde eğim en iyi şekilde ölçülür. Sabit gerilimli güç ünitelerinde eğimi hesaplayabilmek için iki çalışma noktasına ihtiyaç vardır (**Şekil-22**) Açık devre gerilimini bu noktalardan biri olarak kullanmak doğru değildir. Bunun nedeni, düşük akımlarda bazı makinelerde hızlı bir gerilim düşüşü olmasıdır (**Şekil-20**). Ölçmeler, uygulamada kullanılan akım aralığı içinde kalan bir bölgede kararlı ark şartları sağlayan iki noktada yapılmalıdır.

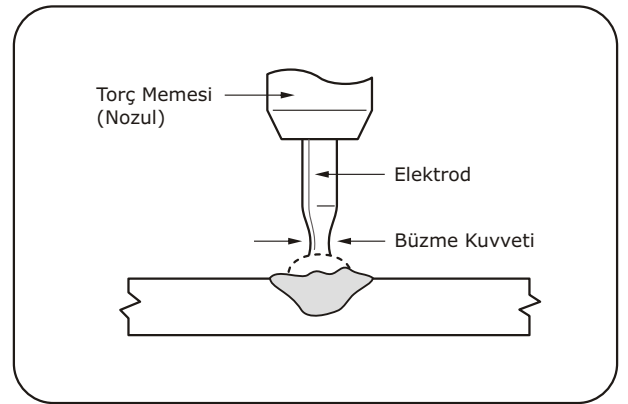
Kısa devre iletiminde, eğimin temel fonksiyonu, elektrodun iş parçası ile kısa devre oluşturması ile meydana gelen kısa devre akımının şiddetini kontrol etmektir. Gazaltı kaynağında, ergimiş metal damlalarının elektrodan ayrılması "**elektromanyetik büzme etkisi**" adı verilen elektriksel bir olay sayesinde olur. Büzme etkisi, üzerinden akım geçen bir iletkenin akımın iletken üzerinde oluşturduğu manyetik kuvvet

nedeniyle oluşur (**Şekil-23**). Kısa devre akımı ve bu nedenle de büzme kuvveti, güç ünitesinin gerilim-akım karakteristiği eğiminin bir fonksiyonudur (**Şekil-24**). Şekildeki her iki güç ünitesinde de çalışma gerilimi ve akımı aynıdır. Ancak A eğrisinin kısa devre akımı B eğrisininkinden daha düşüktür. A eğrisi B eğrisi ile kıyaslandığında daha dik bir eğime, diğer bir deyişle 100 amper başına daha fazla gerilim düşüşüne sahiptir. Bu durum A eğrisinde daha düşük kısa devre akımına ve dolayısıyla daha az büzme kuvvetine neden olur.



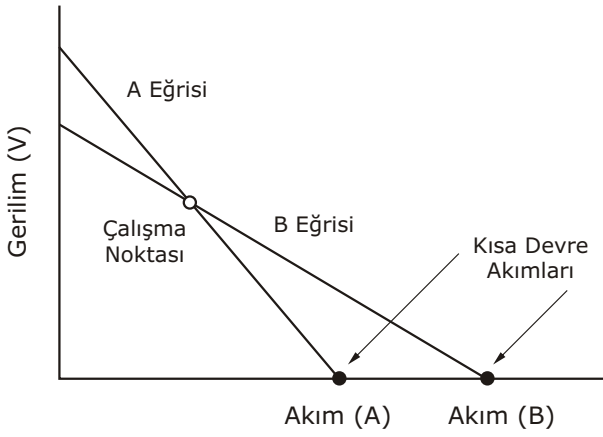
$$\text{Eğim} = \frac{\Delta V}{\Delta A} = \frac{38 \text{ V} - 28 \text{ V}}{100 \text{ A} - 0 \text{ A}} = \frac{10 \text{ V}}{100 \text{ A}}$$

Şekil-22 Güç Ünitesindeki Eğimin Hesaplanması



Şekil-23 Kısa Devre İletim Sırasında Oluşan Büzme Etkisi

Kısa devre iletimde, oluşan büzme kuvvetleri ergimiş damlanın elektrodan ayrılma şeklini belirlediği için, kısa devre akımının şiddeti önemli bir faktördür. Bu arkin kararlılığını da etkileyen bir olaydır. Güç ünitesinin devresinde herhangi bir eğim mevcut değilse veya çok az bir eğim varsa, kısa devre akımı hızla çok yüksek bir değere yükselir. Büzme etkisi de çok yüksektir ve bu nedenle ergimiş damla elektrodan şiddetli bir şekilde ayrılır. Aşırı büzme etkisi sonuçta şiddetli metal sıçraması oluşturur.



Şekil-24 Eğimdeki Değişimin Etkisi

Güç ünitesinden elde edilen kısa devre akımının şiddeti çok düşük ise, büzme kuvveti damlayı ayırıp arki yeniden oluşturmaya yetmeyecek kadar küçük olur. Bu şartlar altında elektrod ya iş parçası üzerine yığılır ya da kaynak banyosuna yapışır. Kısa devre akımı uygun bir değerde ise, ergimiş damlanın elektrodan ayrılması yumuşak bir şekilde olur ve çok az sıçrama meydana gelir. İyi bir ark kararlılığı ile metal iletimi için gerekli en uygun kısa devre akım değerleri **Tablo-3**'de verilmiştir.

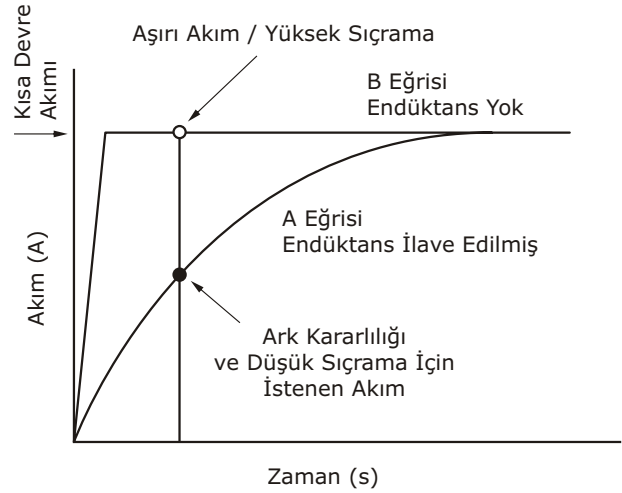
Tablo-3 Kısa Devre İletimle Kaynakta En Uygun Kısa Devre Akım Değerleri

Elektrod Malzemesi	Elektrod Çapı (mm)	Kısa Devre Akımı (Amper, DAEP)
Alaşimsız Çelik	0.8	300
Alaşimsız Çelik	0.9	320
Alüminyum	0.8	175
Alüminyum	0.9	195

Birçok sabit gerilimli güç üniteleri eğim kontrolü yapan cihazlarla donatılmıştır. Bunlar söz konusu uygulama için en uygun kısa devre akımını elde etmek amacıyla kademeli veya sürekli ayar yapabilirler. Bazıları ise en çok kullanılan kaynak şartları için önceden ayarlanmış sabit bir eğime sahiptir.

3.4.3 Endüktans

Elektrod iş parçası ile kısa devre yaptığında akım hızla yüksek değerlere yükselir. Bu yükselmenin hızını etkileyen devre karakteristiği endüktans olup birimi Henry'dir. Endüktansın etkisi **Şekil-25**'de verilen eğri-lerle gösterilmiştir.



Şekil-25 Devreye Endüktans İlavesiyle Akım Artış Hızının Değişmesi

Şekildeki A eğrisi, devrede bir endüktans mevcutken, kısa devreden hemen sonraki akımın zamanla değişti-

mini göstermektedir. B eğrisi ise, devrede endüktans mevcut değilken akımın zamanla nasıl arttığını göstermektedir. Büzme kuvvetinin en büyük değerini son olarak elde edilen kısa devre akımı seviyesi belirler. Belirli bir andaki büzme kuvvetini de o andaki kısa devre akımı belirler. Bu nedenle akım-zaman eğrisinin şekli önemlidir. Devrede endüktans yoksa, büzme etkisi hızla uygulanır ve ergimiş damla şiddetli bir şekilde elektrodan büzülerek uzaklaştırılır ve aşırı sıçrama meydana gelir. Yüksek endüktans değerleri birim zamandaki kısa devrelerin sayısında azalmaya ve ark zamanında ise artmaya neden olur. Artan ark zamanı kaynak banyosunu daha akışkan hale getirir ve daha düz bir kaynak dikişi oluşturur.

Sprey iletiminde, güç ünitesine endüktans ilavesi, kararlı kaynak şartlarını etkilemeksizin daha yumuşak bir ark tutuşması sağlar. En düşük sıçrama şartlarını sağlamak için gerekli güç ünitesi ayarı elektrodun malzemesine ve çapına bağlı olarak değişir. Genel bir kural olarak, büyük çaplı elektrodlar için daha yüksek kısa devre akımları ve daha yüksek endüktanslar gerekir.

Piyasada sürekli veya kademeli indüktans ayarı yapılabilen veya sabit endüktanslı güç üniteleri mevcuttur.

3.5 KORUYUCU GAZ REGÜLATÖRLERİ

Kaynak sırasında sabit gaz akış hızı sağlayan bir sisteme ihtiyaç vardır. Gaz regülatörleri, gazın temin edildiği kaynaktaki basınç değişimlerine bağlı olmaksızın, buradaki gaz basıncını sabit bir çalışma basıncına dönüştürür. Regülatörler tek veya iki kademeli olabilecekleri gibi bir debimetreye de sahip olabilirler.

İki kademeli regülatörler, gaz ünitesinin basıncında değişmeler olduğunda gazı tek kademeli regülatörlere nazaran, daha tutarlı bir biçimde iletirler. Koruyucu gazın elde edildiği ünite, yüksek basınçlı bir silindir, sıvılaştırılmış gaz doldurulmuş bir silindir veya dökme sıvı sistemi olabilir. İki veya daha fazla gaz veya sıvının

karışımı kullanılıyorsa uygun karışım oranlarını elde etmek için karıştırıcılar (mikserler) da kullanılır. Ticari olarak tek bir silindirde önceden hazırlanmış gaz karışımları da elde etmek mümkündür. Kullanıcı gaz depolama ünitelerinin tipini ve boyutlarını aylık gaz tüketimine göre belirler.

3.6 ELEKTROD ÜNİTESİ

Gazaltı kaynağında sürekli beslenen elektrod kullanılır ve bu elektrod oldukça yüksek bir hızda tüketilir. Bu nedenle maksimum işlem verimi elde edebilmek için, elektrod ünitesinin torca kolayca iletilebilen yüksek hacimde elektrod beslemesi sağlaması gerekir. Bu üniteler genellikle elektrodun bükülmeden serbest bir biçimde beslenmesine imkan veren ve ağırlıkları 0.45 kg'dan 27 kg'a kadar değişen makaralar şeklindedir. Ağırlığı 114 kg'a kadar yükselen büyük makaralar da mevcuttur ve elektrodlar 340 kg'dan 450 kg'a kadar değişen ağırlıktaki silindirlerden veya özel makaralardan da sağlanabilir. Makaranın torç içinde bulunduğu sistemlerde ise küçük makaralar (0.45 kg ile 0.9 kg arası) kullanılır.

BÖLÜM 4.0

KAYNAK SIRASINDA TÜKETİLEN 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 :

- Esas metal
- Kaynak metalinden beklenen mekanik özellikler
- Esas metalin hangi şartlarda olduğu ve temizliği
- Kaynaklı bağlantının çalışma şekli veya varsa şartname talepleri
- Kaynak pozisyonu
- Arzu edilen metal iletim tipi

4.1 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 metalini 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 metalini kullanılmaya müsait olmasıdır. Sonuç olarak, elektrod alaşımları arzu edilen kaynak metalini 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 elektrodalarda sıkça kullanılan oksit gidericiler manganez, silisyum ve alüminyumdur. Nikel alaşımı elektrodalarda kullanılan temel oksit gidericiler ise, titan ve silisyumdur. Bakır ve bakır alaşımı elektrodalarda ise bu amaçla titan, silisyum veya fosfor kullanılır.

Gazaltı kaynağında kullanılan elektrodlar 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

elektrodlar 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 elektrodlar uygun şekilde temperlenmiş, uzun ve sürekli tel halinde hazırlanmıştır ve bunlar kaynak ekipmanı boyunca sürekli ve yumuşak bir biçimde beslenirler.

Çaplarının küçük olması nedeniyle elektrodlar 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 çatlamaya neden olurlar. Sonuç olarak elektrodlar yüzeylerine kirleticiler yerleşmeyecek kadar yüksek kalitede bir yüzeye sahip olacak şekilde üretilmektedir. **Tablo-4'**de çeşitli malzemeler için tavsiye edilen elektrodlar 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.

4.2

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 :

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

Atmosfer yaklaşık % 80 azot, % 20 oksijenden meydana gelmesi 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 :

- Arkın karakteristiği
- Metal transferinin şekli
- Nüfuziyet ve kaynak dikişinin profili
- Kaynak hızı
- Yanma oluğu oluşma eğilimi
- Temizleme etkisi
- Kaynak metalinin mekanik özellikleri

4.2.1

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 kullanılır.

Tablo-4 Çeşitli Malzemeler İçin Önerilen Elektrodlar (AWS)

Metaller	Gösterilişi	Elektrodlar	AWS
Alüminyum ve Alüminyum Alaşımları	1100	ER1100, ER4043	A5.10
	3003, 3004	ER1100, ER5356	
	5052, 5454	ER5554, ER5356, ER5183	
	5083, 5086, 5456	ER5556, ER5356	
	6061, 6063	ER4043, ER5356	
Magnezyum Alaşımları	AZ10A	ERAZ61A, ERAZ92A	A5.19
	AZ31B, AZ61A, AZ80A	ERAZ61A, ERAZ92A	
	ZE10A	ERAZ61A, ERAZ92A	
	ZK21A	ERAZ61A, ERAZ92A	
	AZ63A, AZ81A, AZ91C	ERAZ92A	
	AZ92A, AM100A	ERAZ92A	
	HK31A, HM21A, HM31A	EREZ33A	
	LA141A	EREZ33A	
Bakır ve Bakır Alaşımları	Ticari Safılıkta Bakır	ERCu	A5.7
	Silisyum Bronzu	ERCuSi-A	
	Cu-Ni Alaşımı	ERCuNi	
	Alüminyum Bronzu	ERCuAl-A1,-A2,-A3	
	Kalay, Fosfor Bronzu	ERCuSn-A	
Nikel ve Nikel Alaşımları	Ticari Safılıkta Nikel	ERNi	A5.14
	Ni-Cu Alaşımı (Monel 400)	ERNiCu-7	
	Ni-Cr-Fe Alaşımı (Inconel 600)	ERNiCrFe-5	
Titanyum ve Titanyum Alaşımları	Ticari Safılıkta Titanyum	ERTi-1,-2,-3,-4 (1 veya 2 Grade düşük)	A5.16
	Ti-0.15Pd	ERTi-0.2Pd	
	Ti-5Al-2.5Sn	ERTi-5Al-2.5Sn veya ERTi tipi	
Östenitik Paslanmaz Çelikler	201	ER308	A5.9
	301, 302, 304, 308	ER308	
	304L	ER308L	
	310	ER310	
	316	ER316	
	321	ER321	
	347	ER347	
Çelikler	Sıcak veya Soğuk Haddelenmiş Alaşımsız Karbon Çelikleri	E70S-3, E70S-1	A5.18
		E70S-2, E70S-4	
		E70S-5, E70S-6	
Çelikler	Yüksek Mukavemetli Düşük Alaşımlı Çelikler	E80S-D2	A5.28
		E80S-Ni1	
		E100S-G	

maktadır. Argon ve helyum gazları aşağıda belirtilen hususlarda önemli farklılıklar gösterir.

- Yoğunluk
- Isıl iletkenlik
- 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 mantolla 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-26**).

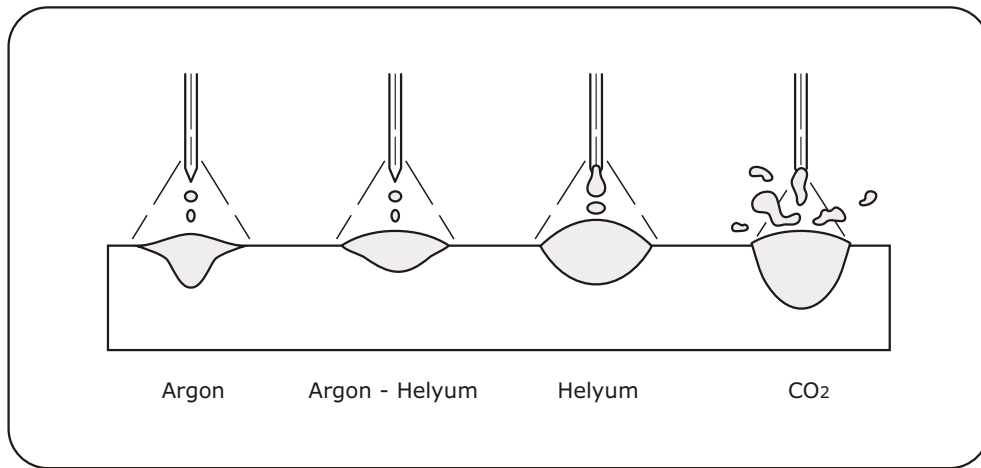
Verilen bir elektrod besleme hızında argon arkının gerilimi helyum arkının geriliminden önemli ölçüde düşüktür. Bunun sonucunda argon arkında ark boyundaki değişmeye bağlı olarak gerilimde daha az bir değişme meydana gelecektir ve ark helyum arkına nazaran daha kararlı olacaktır. Argon arkı (% 80 argon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

4.2.2

Argon ve Helyum Karışımı

Saf argonla koruma demir dışı metallerin birçok uygulamasında 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



Şekil-26 Çeşitli Koruyucu Gazların Dikişin Şekline ve Nüfuziyete Etkisi

profilinde iyileşme sağlandığı gibi, argonun aksenel sprey metal iletimi oluşturma özelliğinden de yararlanır (Şekil-26). 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 CO₂ ilavesi yerine helyum ilavesi yapılır. Bunun nedeni helyumun, dikişin mekanik özelliklerini ters yönde etkileyen kaynak metali reaksiyonları oluşturmamasıdır.

4.2.3

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 O₂ veya % 3-10 CO₂ (ve % 25'e kadar CO₂) ilavesi önemli ölçüde iyileşme sağlar. Saf gaza katılacak en uygun O₂ ve CO₂ miktarı kaynak edilecek parçanın yüzey duru-

mu (hadde tufalı), bağlantı geometrisi, kaynak pozisyonu ve esas metalin bileşimine bağlıdır. Genellikle % 3 O₂ veya % 9 CO₂ bu değişkenlerin büyük bir aralıkta etkilerini gözönünde bulunduran oranlardır. Argona CO₂ ilavesi aynı zamanda dikiş profilinin şeklini de iyileştirir (Şekil-27).

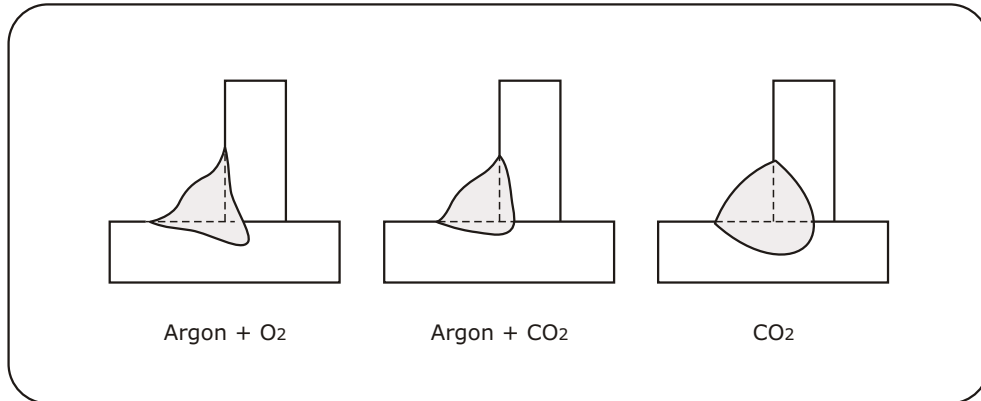
4.2.4

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.

CO₂ ile korumada metal iletimi ya kısa devre ya da iri damla tipidir. Aksenel sprey iletimi argonla korumaya özgü bir özelliktir ve bunu CO₂ 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.



Şekil-27 Argon + O₂, Argon + CO₂ ve CO₂ Gazlarının Dikiş Şekline ve Nüfuziyete Etkisi

Tablo-5 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 ₂	Arkın kararlılığını artırır, daha akışkan ve kontrol edilebilir bir kaynak banyosu oluşturur, iyi bir birleşme ve dikiş profili sağlar, yanma oluğunu en az düzeye indirir, saf argona oranla daha yüksek kaynak hızına olanak sağlar.
	Argon + % 3-10 CO ₂	İyi bir dikiş profili oluşturur, sıçramayı en az düzeye indirir, soğuk kaynak olasılığını azaltır, pozisyon kaynağına uygun değildir.
Düşük Alaşımlı Çelikler	Argon + % 2 O ₂	Yanma oluğunu en az düzeye indirir, iyi bir tokluk sağlar.
Paslanmaz Çelikler	Argon + % 1 O ₂	Arkın kararlılığını artırır, daha akışkan ve kontrol edilebilir bir kaynak banyosu oluşturur, kalın paslanmaz çeliklerde yanma oluğunu en az düzeye indirir.
	Argon + % 2 O ₂	İnce paslanmaz çeliklerde % 1 O ₂ '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.

Tablo-6 Kısa Devre İletimi İçin Koruyucu Gazlar

Ana Metal	Koruyucu Gaz	Üstünlükleri
Alaşsız Çelikler	% 75 Ar + % 25 CO ₂	3 mm kalınlıklara kadar yüksek kaynak hızları ve en az distorsiyon ve az sıçrama sağlar.
	% 75 Ar + % 25 CO ₂	3 mm'den kalın parçalarda en az sıçrama ve temiz kaynak görüntüsü sağlar. Düşey ve tavan pozisyonlarında iyi bir banyo kontrolü elde edilir.
	CO ₂	Daha derin nüfuziyet ve daha yüksek kaynak hızı elde edilir.
Paslanmaz Çelikler	% 90 He + % 7.5 Ar + % 2.5 CO ₂	Korozyon direnci üzerinde kötü bir etkisi yoktur. Isı tesiri altındaki bölge dar olup yanma oluşu oluşmaz. En az distorsiyon sağlar.
Düşük Alaşlı Çelikler	% 60-70 He + % 25-35 Ar + % 4.5 CO ₂	En az reaktivite, mükemmel tokluk, mükemmel ark kararlılığı, ıslatma özelliği ve dikiş profili sağlar. Çok az sıçrama oluşur.
	% 75 Ar + % 25 CO ₂	Orta derecede tokluk, mükemmel ark kararlılığı, ıslatma özelliği ve dikiş profili sağlar. Çok az sıçrama oluşur.
Alüminyum Magnezyum, Nikel ve Bunların Alaşlıları	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 CO₂ 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.

4.2.5

Koruyucu Gaz Seçimi

Kaynak edilecek metale bağlı olarak kullanılacak koruyucu gazlar **Tablo-5** ve **Tablo-6**'da verilmiştir.

BÖLÜM 5.0

UYGULAMALAR

Gazaltı kaynağı çeşitli metallere ve bağlantılara uygulanabilir. Yöntemin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için aşağıdaki faktörlerin iyi bir şekilde seçilmesi gerekir :

- Elektrodun bileşimi, çapı ve ambalajı
- Koruyucu gazın cinsi ve debisi
- Kaynak parametreleri; akım, gerilim, kaynak hızı, damla iletim tipi vb.
- Bağlantı tasarımı
- Donanımın güç ünitesi, torcu, elektrod (tel) besleme ünitesi

Bu bölümde alaşımsız, düşük alaşımlı ve paslanmaz çeliklerle alüminyumun kaynağında kullanılan kaynak parametrelerinin seçimi ve kaynakta dikkat edilmesi gereken konularla ilgili bilgiler verilmiştir.

5.1

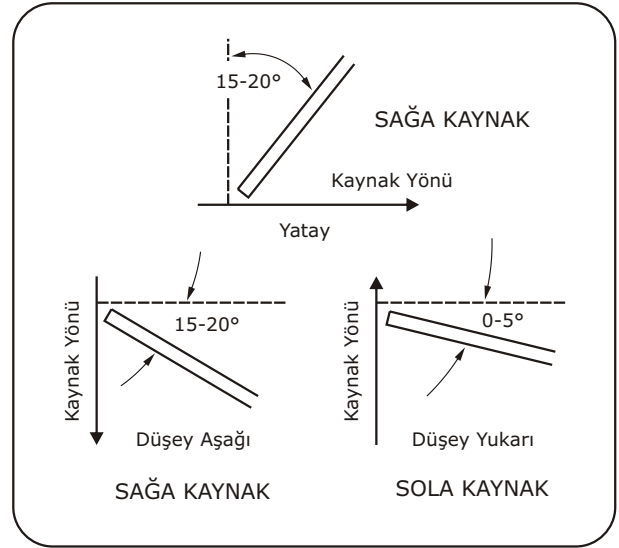
ALAŞIMSIZ ve DÜŞÜK ALAŞIMLI ÇELİKLERİN KAYNAĞI

5.1.1

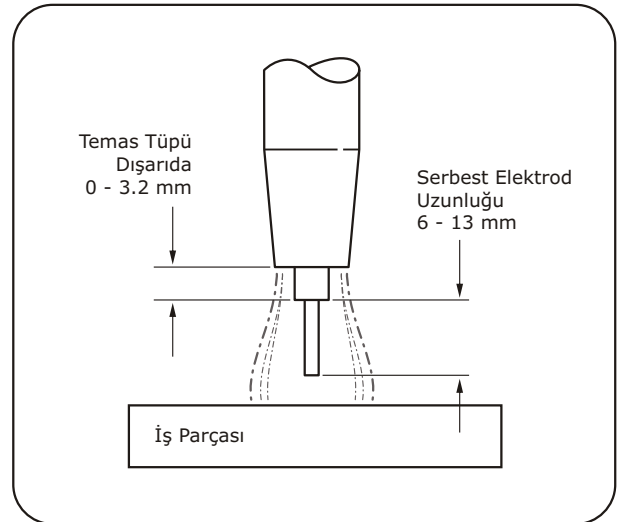
Kısa Devre İletimiyle Kaynak

Kısa devre iletimle kaynak yapıldığında Şekil-28'de belirtilen hareket açıları kullanılmalıdır.

Kısa devre iletiminde temas tüpü gaz memesinin ucuyla aynı hizada veya gaz memesinin ucundan en fazla 3.2 mm dışarıda olmalıdır. Serbest elektrod uzunluğu ise 6-13 mm arasında olmalıdır (Şekil-29).



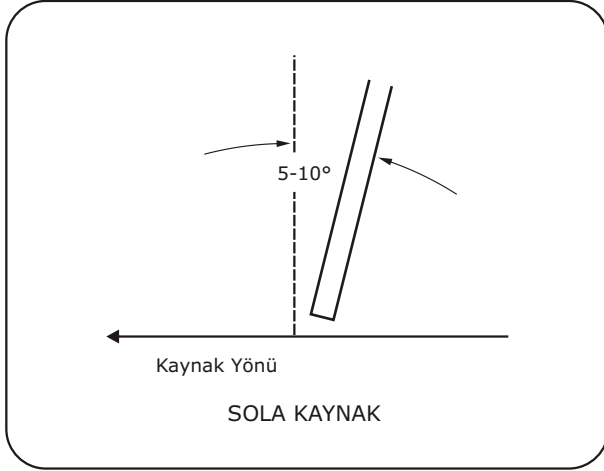
Şekil-28 Kısa Devre İletiminde Sağa ve Sola Kaynakta Hareket Açıları



Şekil-29 Kısa Devre İletiminde Serbest Elektrod Uzunluğu

5.1.2 Sprey İletimiyle Kaynak

Sprey iletimiyle kaynak yapıldığında **Şekil-30**'da gösterilen hareket açısı kullanılmalıdır.



Şekil-30 Sprey İletiminde Hareket Açısı (Sola Kaynak)

Sprey iletiminle kaynak yapabilmek için en az % 80 oranında Argon içeren gaz karışımı kullanmak gerekir. Aynı zamanda kaynak yapılacak levha yüzeylerindeki hadde tufalı kalıntıları da temizlenmelidir.

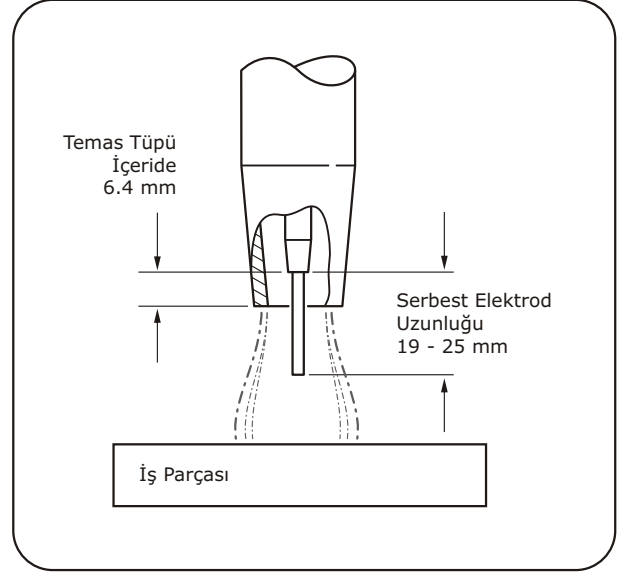
Sprey iletiminde temas tüpünün ucu gaz memesinin ucundan 6.4 mm içeride, serbest elektrod uzunluğu ise 19-25 mm arasında olmalıdır (**Şekil-31**).

5.1.3 Elektrod (Tel) Besleme Hızları

"W" (yığma hızı) kaynak sırasında saatte yığılan metal miktarının (kg) "Ve" elektrod besleme hızıyla (m/dak), ilişkisi aşağıdaki gibidir :

$$W_{(kg/saat)} = 0.047 \cdot h \cdot g \cdot d^2 \cdot V_e$$

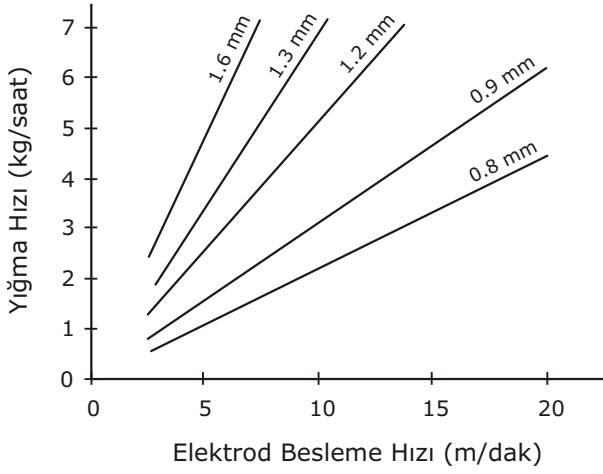
Burada "d" elektrod çapı (mm), "g" elektrod malzemesinin yoğunluğu (gr/cm³), "h" yığma verimi, "Ve"



Şekil-31 Sprey İletiminde Serbest Elektrod Uzunluğu

elektrod besleme hızıdır (m/dak). Yığma verimi kaynak sırasında oluşan sıçrama kayıplarını gözönüne alan birden küçük bir sayıdır. Sıçrama kayıplarının çok az olduğu durumlarda (özellikle spray iletimde), yığma verimi değeri bire eşit alınabilir. **Şekil-32**'de alaşımsız ve düşük alaşımlı çelik elektrodlar için elektrod besleme hızıyla, yığma hızı arasındaki ilişki çeşitli elektrod çapları için verilmiştir. Elektrod besleme hızı bir taraftan da akım şiddetini belirlediğinden, elektrod besleme hızını doğru bir şekilde seçme ve makinada buna göre ayarlama yapmak gerekir.

Tablo-8, 9, 10, 11, 12, 13 ve 14'de elektrod besleme hızları için, uygun serbest elektrod (tel) uzunluğu kullanılması halinde, kaynakçıya yol gösterecek ön seçim değerleri verilmiştir.



Şekil-32 Alaşım ve Düşük Alaşım Çeliklerde Çeşitli Elektrod Çapları İçin Elektrod Besleme Hızıyla Yığma Hızı Arasındaki İlişki

5.1.4

Ark Gerilimi

BÖLÜM-2'de yer alan Tablo-2'de, ark gerilimine ait ilk seçim değerleri verilmiştir.

5.1.5

Kısa Devre İletimiyle Kaynakta Kullanılan Koruyucu Gazlar ve Gaz Karışımları

1) Karbondioksit :

Karbondioksit reaktif bir gazdır ve alaşım ve düşük alaşım çeliklerin kısa devre iletimli ark kaynağında koruyucu gaz olarak kullanılabilir. Bu gazın tipik özellikleri aşağıda verilmiştir :

- Çok iyi nüfuziyet
- Düşük maliyet
- Yüksek sıçrama
- Posizyon kaynağına uygunluk

2) Argon :

Argon bir soy gaz olup genelde alaşım ve düşük alaşım çeliklerin kaynağında çok kararsız bir ark oluşturduğu için tek başına kullanılamaz. Arkı kararlı kılmak için Argona oksijen veya karbondioksit karıştırılır.

3) Argon ve Karbondioksit :

% 20-50 oranında karbondioksitle karıştırılmış argon-karbondioksit gaz karışımı alaşım ve düşük alaşım çeliklerin kısa devre iletimiyle kaynağında kullanılır. Bu gaz karışımının tipik özellikleri aşağıda verilmiştir :

- Güzel bir dikiş şekli
- Saf karbondioksitle korumaya nazaran daha az nüfuziyet
- Kaynak banyosunda karbondioksit ile korumaya nazaran daha az akışkanlık
- Daha soğuk kaynak banyosu ve bu nedenle soğuk kaynağa eğilim
- Posizyon kaynağına uygunluk

5.1.6

Sprey İletimiyle Kaynakta Kullanılan Koruyucu Gaz Karışımları

Eksenel sprey iletimle kaynağı en uygun gaz karışımları Argon + % 3-10 Karbondioksit karışımı veya Argon + % 1-5 Oksijen karışımıdır.

Gaz karışımında argonun oranı azaldıkça eksenel sprey iletiminin gerçekleşmesi için gerekli ark gerilimi değeri de artar. Bu karışımların tipik özellikleri aşağıda verilmiştir :

- İyi bir dikiş şekli
- En az sıçrama
- Soğuk kaynağı ortadan kaldıran en iyi karışım
- Posizyon kaynağına uygunsuzluk
- Kalın levhaların kaynağına uygunluk

5.1.7

Ön Tavlama ve Pasolararası Sıcaklık

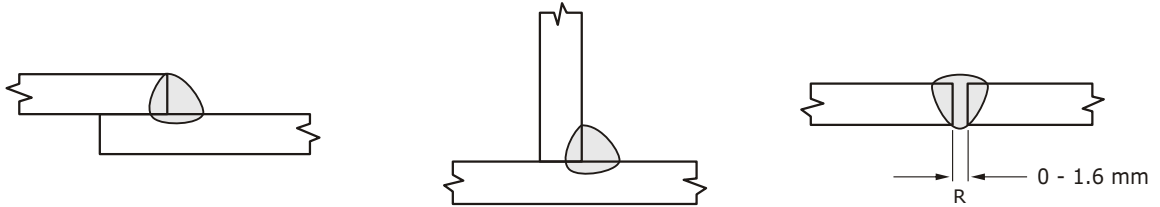
Ön tavlama ve pasolararası sıcaklık kontrolü en uygun mekanik özellikleri elde etmek, çatlama karşı direnci arttırmak ve sertliği kontrol etmek için tavsiye edilir. Bu işlemler özellikle kalın levhaların çok pasolu kaynağında önemlidir. İş şartları, ilgili şartnameler, yüksek zorlanmalar, alaşım elemanlarının miktarı ve diğer

faktörler ön tavlama ve pasolararası sıcaklık kontrolü yapılmasını gerektirebilir. **Tablo-7'**de verilen değerler en düşük ön tavlama ve pasolararası sıcaklık değerleri olup bir başlangıç değeri olarak alınmalıdır. Eğer çatlama meydana gelirse daha yüksek sıcaklık değerleri seçilmelidir.

Tablo-7 Alaşimsız Çelikler İçin Öntavlama ve Pasolararası Sıcaklık Değerleri

Levha Kalınlığı (mm)	< 19	19 - 38	38 - 64	> 64
Endüyük Öntavlama Sıcaklığı (°C)	21	66	66	107
En Düşük Pasolararası Sıcaklık (°C)	21	66	107	149

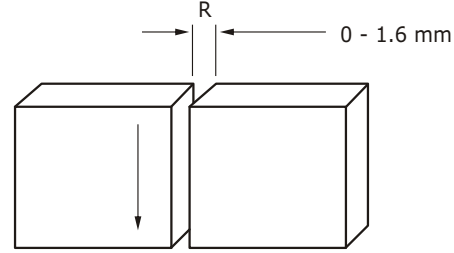
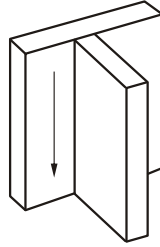
Tablo-8 Alaşimsız ve Düşük Alaşımlı Çeliklerin CO₂ Koruması ile Kısa Devre İletiminde Yatay İÇköşe ve Oluk Alın Kaynakları İçin Kaynak Değişkenleri



Levha Kalınlığı (mm)	0.6	0.9	0.9	1.5	1.5	1.9	1.9	2.6	2.6	3.4	3.4	3.4	4.8	6.4
Elektrod Çapı (mm)	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	1.1	1.1	1.1
Elektrod Bes. Hızı (m/dak)	1.9	3.2	2.5	4.4	3.8	5.7	4.4	7.0	5.7	7.6	6.4	3.2	3.8	5.0
Akım (A) (DAEP)	35	55	80	80	120	100	130	115	160	130	175	145	165	200
Kaynak Hızı (m/dak)	0.25	0.35	0.33	0.33	0.50	0.45	0.45	0.50	0.50	0.43	0.50	0.45	0.38	0.33
Gerilim (V) *	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	18-20	19-21	20-22
Gaz Debisi (lt/dak)	12 - 17													
Serbest Elek. Uz. (mm)	6 - 12													

*) Ar + CO₂ karışımı için 2 Volt azalt.

Tablo-9 Alaşimsız ve Düşük Alaşımlı Çeliklerin CO₂ Koruması ile Kısa Devre İletiminde Düşey-Aşağı İçköşe ve Düz Alın Kaynakları İçin Kaynak Değişkenleri

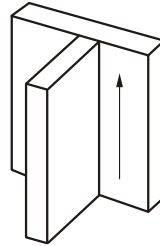


Levha Kalınlığı (mm)	0.6	1.2	1.2	1.9	1.9	3.4	3.4	3.4	4.8	6.4
Elektrod Çapı (mm)	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	1.1	1.1	1.1
Elektrod Bes. Hızı (m/dak)	1.9	3.8	3.2	5.7	4.4	7.6	6.4	3.2	3.8	5.0
Akım (A) (DAEP)	35	70	100	100	130	130	175	145	165	200
Kaynak Hızı (m/dak)	0.25	0.38	0.48	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.43	0.43
Gerilim (V) *	17	18	18	20	20	22	22	19	20	21
Gaz Debisi (lt/dak)	12 - 17									
Serbest Elek. Uz. (mm)	6 - 12									

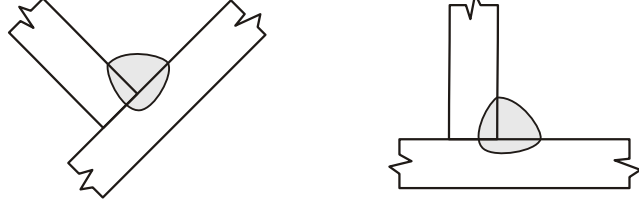
*) Ar + CO₂ karışımı için 2 Volt azalt

Tablo-10 Alaşimsız ve Düşük Alaşımlı Çeliklerin % 75 Ar + % 25 CO₂ Koruması ile Kısa Devre İletiminde Düşey-Yukarı İçköşe Kaynakları İçin Kaynak Değişkenleri

Teknik :
"V" Salınımı veya "Üçgen" Salınımı Kullan



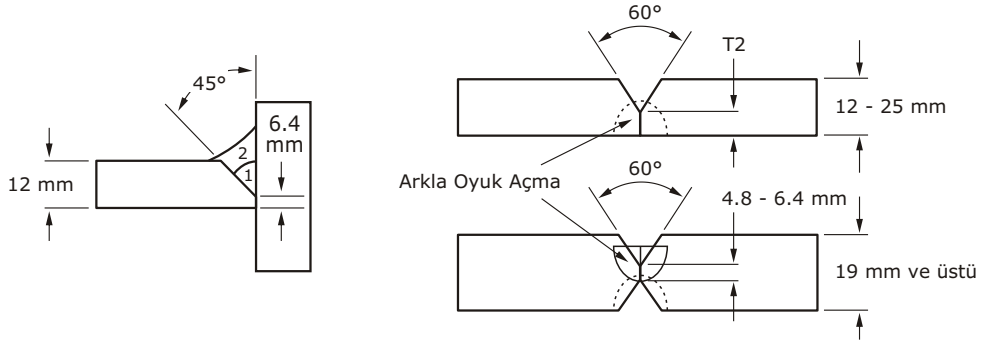
Levha Kalınlığı (mm)	7.9	7.9	9.5	9.5
Ayak Uzunluğu (mm)	6.4	6.4	7.9	7.9
Elektrod Çapı (mm)	0.9	1.1	0.9	1.1
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)	5.7	3.8	6.4	3.8
Akım (A) (DAEP)	160	165	175	165
Gerilim (V)	18	19	20	19
Kaynak Hızı (m/dak)	0.13 - 0.15	0.10 - 0.13	0.10 - 0.11	0.10 - 0.11
Gaz Debisi (lt/dak)	12 - 17			
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	6 - 12			

Tablo-11 Alaşimsız ve Düşük Alaşımlı Çeliklerin % 90 Ar + % 10 CO₂ Koruması ile Sprey İletiminde Oluk ve Yatay İçköşe Kaynakları İçin Kaynak DeğişkenleriTeknik :
Sola Kaynak Kullan

Levha Kalınlığı (mm)	4.8	6.4	6.4	7.9	7.9	7.9	7.9	9.5	9.5	9.5	12	12
Ayak Uzunluğu (mm)	4.0	4.8	4.8	6.4	6.4	6.4	6.4	7.9	7.9	7.9	9.5	9.5
Elektrod Çapı (mm)	0.9	0.9	1.1	0.9	1.1	1.3	1.6	0.9**	1.1	1.6	1.3	1.6
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)	9.5*	10*	8.9	12.7	9.5	8.1	6.0	15.2	12	6.0	12.3	6.0
Akım (A) (DAEP)	195	200	285	230	300	320	350	275	335	350	430	350
Gerilim (V)	23	24	27	29	28	29	27	30	30	27	32	27
Kaynak Hızı (m/dak)	0.6	0.48	0.63	0.35	0.45	0.45	0.48	0.25	0.33	0.30	0.33	0.23
Gaz Debisi (lt/dak)	17 - 21											
Yığıma Hızı (kg/saat)	2.7	2.9	4.2	3.6	4.5	5.2	5.4	4.4	5.7	5.4	7.8	5.4
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	19 - 25											

*) Gerçek sprej iletim değildir.

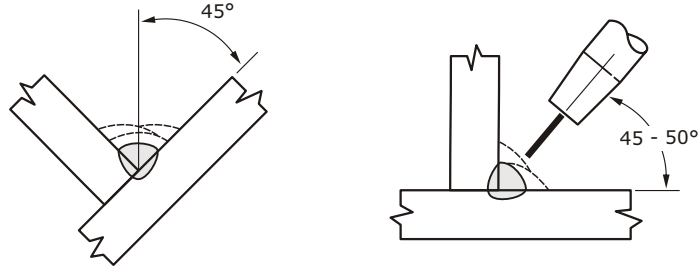
**) Sadece oluk pozisyonu içindir.

Tablo-12 Alaşimsız ve Düşük Alaşımlı Çeliklerin % 90 Ar + % 10 CO₂ Koruması ile Sprey İletiminde Oluk-Alın Kaynakları İçin Kaynak DeğişkenleriTeknik :
Sola Kaynak Kullan

Elektrod Çapı (mm)	0.9	1.1	1.3	1.6
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)	12.7 - 15.2	9.5 - 12.7	7.6 - 12.3	5.3 - 7.4
Akım (A) (DAEP)	230 - 275	300 - 340	300 - 430	325 - 430
Gerilim (V)	29 - 30	29 - 30	30 - 32	25 - 28
Kaynak Hızı (m/dak)	0.25 - 0.38	0.30 - 0.45	0.35 - 0.60	0.35 - 0.58
Gaz Debisi (lt/dak)	19 - 21			
Yığıma Hızı (kg/saat)	3.6 - 4.4	4.5 - 6.0	4.8 - 7.8	4.8 - 6.7
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	19 - 25			

Tablo-13 Alaşimsız ve Düşük Alaşımlı Çeliklerin Darbeli Sprey İletiminde Oluk ve Yatay İçköşe Kaynakları İçin Kaynak Değişkenleri (Idealarc Pulse Power 500 ile)

Teknik :
Sola Kaynak Kullan

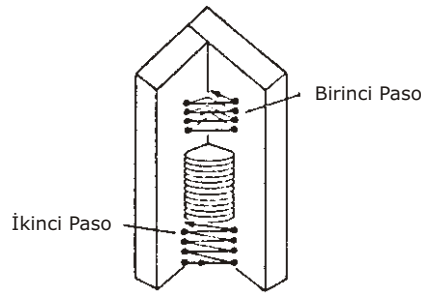


Levha Kalınlığı (mm)	6.4	7.9	9.5
Ayak Uzunluğu (mm)	4.8	6.4	7.9
Elektrod Çapı (mm)	1.1	1.1	1.1
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)	7.6	8.3	9.5
Gerilim (V) DAEP	Ar + % 5 CO ₂ *	23 - 24	24 - 25
	Ar + % 10 CO ₂ *	24.5 - 25.5	25.5 - 26.5
	Ar + % 20-25 CO ₂	28 - 29	28.5 - 30
Gaz Debisi (lt/dak)	17 - 19		
Kaynak Hızı (m/dak)	0.33 - 0.36	0.35 - 0.38	0.25 - 0.28
Yığıma Hızı (kg/saat)	3.6	4.0	4.5
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	19 - 25		

*) Sadece yüzeyi talaştan arındırılmış parçalarda kullanın.

Tablo-14 Alaşimsız ve Düşük Alaşımlı Çeliklerin Darbeli Sprey İletiminde Düşey-Yukarı İçköşe Kaynakları İçin Kaynak Değişkenleri (PowerWave 455 ile)

Teknik :
Sola Kaynak Kullan



Levha Kalınlığı (mm)	9.5	12.5 ve yukarısı
Ayak Uzunluğu (mm)	7.9	2 paso ve daha fazla
Elektrod Çapı (mm)	1.1	1.1
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)	3.2	3.3 - 3.7
Gaz Debisi (lt/dak)	17 - 19	
Yığıma Hızı (kg/saat)	1.5	1.6 - 1.8
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	13 - 19	

5.2 PASLANMAZ ÇELİKLERİN KAYNAĞI

Paslanmaz çelikler hem spreylere iletim, hem kısa devre iletim, hem de darbeli iletim tekniğiyle kaynak edilebilir. 1.6 mm kalınlığa kadar paslanmaz çeliklerin kaynağında bakır altlık kullanmak gereklidir. Altlık 6.4 mm ve daha kalın levhaların tek taraftan kaynağı için de gereklidir. Kaynak banyosunun katılaşması sırasında havanın kaynağın diğer tarafına girmesine izin verilmemelidir. Oksijen ve azot katılan ve soğuyan paslanmaz çeliğe zarar verir. Takım ve tertibat elemanları kaynağın arka yüzeyinden çok miktarda hava girişine izin veriyorsa arka taraftan argon altlık kullanılmalıdır.

5.2.1 Sprey İletimi

Sprey iletim oluşturmak için göreceli olarak yüksek akımlarla 2.4 mm kadar büyük çaplı elektrod, ancak sık kullanılan 1.6 mm elektrod çapı için 300-350 amperlik kaynak akımı gerekir. Sıçrama miktarı, koruyucu gazın bileşimine ve debisine, elektrod besleme hızına ve kaynak güç ünitesinin karakteristiğine bağlıdır.

Birçok paslanmaz çeliğin kaynağında doğru akım elektrod pozitif kutuplama kullanılır. Birçok paslanmaz çelik için ayrıca % 1-2 oranında oksijenle karıştırılmış Argon + Oksijen karışımı tavsiye edilir.

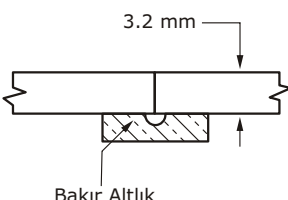
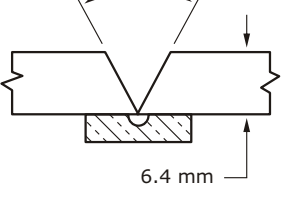
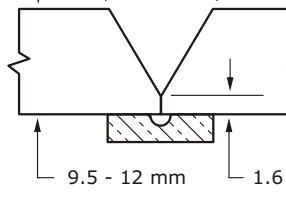
Düz alın kaynaklarında kaynak metalinin alttan sarkmasını önlemek için bir altlık lama gereklidir. Levhaların hizalanması başarılı değilse veya bakır altlık kullanılmıyorsa, ilk pasoyu kısa devre iletimiyle çekerek sarkma en az düzeye indirilebilir.

Kaynağı sola kaynak tekniğiyle yapmak yararlıdır. Kaynakçının eli daha fazla ısıya maruz kalmakla birlikte (kaynakçının eli çekilmiş dikişin üzerinden geçerek) bu yöntem arkın daha iyi görülmesini sağlar.

6.4 mm ve daha büyük kalınlığa sahip levhaların kaynağında torç bağlantı yönünde ileri geri aynı zamanda hafifçe bir yandan diğer yana doğru hareket ettirilmelidir. İnce metallerde ise sadece ileri-geri hareket yeterlidir.

Tablo-15 ve **16**'da paslanmaz çeliklerin spreylere iletimle kaynağında kullanılan kaynak değişkenleri verilmiştir.

Tablo-15 AISI 200 ve 300 Serisi Paslanmaz Çeliklerin Sprey İletimiyle Kaynağında Kaynak Değişkenleri

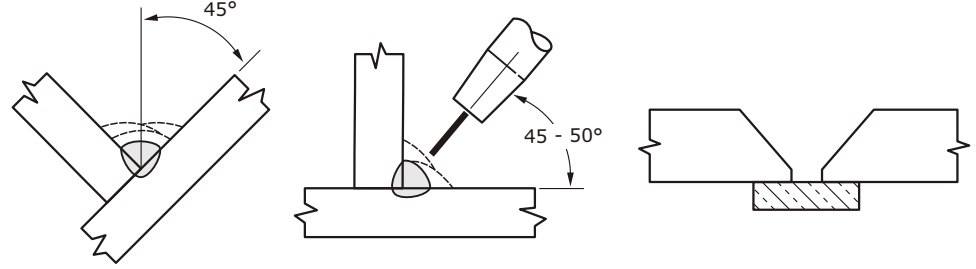
Koruyucu Gaz : Argon + % 1 Oksijen Gaz Debisi : 16.5 lt/dak.			
	Parça Kalınlığı (mm)	3.2	6.4
Paso Sayısı	1	2	2
Elektrod Çapı (mm)	1.6	1.6	1.6
Akım (amp) DC (+)	225	275	300
El. Besleme Hızı (m/dak)	3.6	4.4	6.0
Kaynak Hızı (m/dak)	0.48 - 0.53	0.38	0.51
Tüketim (kg/100 m)	1.0	2.6	3.8

Tablo-16 Paslanmaz Çeliklerin Sprey İletiminde Yatay ve Oluk İçköşe ve Oluk Alın Kaynakları İçin Kaynak Değişkenleri

Koruyucu Gaz :
% 98 Argon + % 2 Oksijen

Teknik :
Sola Kaynak Kullan

Hareket Açısı :
5°



	0.9 mm Çaplı Elektrod			
Levha Kalınlığı (mm)	4.8	6.4	7.9 ve Üstü	
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)	10.2 - 10.8	11.4 - 12.1	12.1	
Gerilim (V)	23 - 24	24 - 25	25	
Akım (A) (DAEP)	180 - 190	200 - 210	210	
Kaynak Hızı (m/dak)	0.46 - 0.48	0.28 - 0.30	0.25 - 0.28	
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	13	13	13	
Gaz Debisi (lt/dak)	14	14	14	
	1.1 mm Çaplı Elektrod			
Levha Kalınlığı (mm)	4.8	6.4	7.9 ve Üstü	
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)	6.1 - 6.6	7.6 - 8.3	9.1	
Gerilim (V)	24 - 25	25 - 26	26	
Akım (A) (DAEP)	195 - 230	240 - 250	260	
Kaynak Hızı (m/dak)	0.43 - 0.48	0.38 - 0.46	0.36 - 0.38	
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	19	19	19	
Gaz Debisi (lt/dak)	19	19	19	
	1.6 mm Çaplı Elektrod			
Levha Kalınlığı (mm)	4.8	6.4	7.9	9.5
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)	4.4	5.1 - 6.4	7.0	7.6
Gerilim (V)	26	29	31	32
Akım (A) (DAEP)	260	310 - 330	360	390
Kaynak Hızı (m/dak)	0.48 - 0.58	0.58 - 0.64	0.41	0.41
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	19	19	19	19
Gaz Debisi (lt/dak)	19	19	19	19

5.2.2 Kısa Devre İletimi

Paslanmaz çeliklerin kısa devre iletimle kaynağında gerilim ve endüktans kontrolüne sahip güç ünitelerinin kullanılması tavsiye edilir. Özellikle endüktans uygun bir banyo akışkanlığı elde etmede önemli bir rol oynar.

Paslanmaz çeliklerin kısa devre iletimiyle kaynağında tavsiye edilen koruyucu gaz, % 90 Helyum, % 7.5 Argon ve % 2.5 Korbondiyoksit karışımıdır. Bu gaz karışımı bir taraftan CO₂ miktarını metalin korozyon direncini etkilemeyecek derecede düşük düzeyde tutarken bir taraftan da en iyi dikiş profilinin oluşmasını sağlar.

Bu gaz karışımı kullanılırken yüksek endüktans değerlerinde çalışmak gerekir. Tek pasolu kaynaklarda Argon + CO₂ karışım gazı kullanılabilir. Ancak bu gaz karışımı kısa devre iletimiyle gerçekleştirilen çok pasolu kaynak uygulamalarında kaynak metalinin korozyon direncini kötü yönde etkiler.

Serbest elektrod uzunluğu mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. İçköşe kaynaklarında sağa kaynak tekniği kullanma genellikle daha kolaydır. Alın kaynaklarında sola kaynak tekniği kullanılmalıdır. Dış köşe kaynakları elektrod salınımı olmaksızın düz bir şekilde çekilebilir. **Tablo-17, 18 ve 19**'da paslanmaz çeliklerin kısa devre iletimli kaynağında kullanılan değişkenler verilmiştir.

Tablo-17 AISI 200 ve 300 Serisi Paslanmaz Çeliklerin Kısa Devre İletimiyle Kaynağında Kaynak Değişkenleri

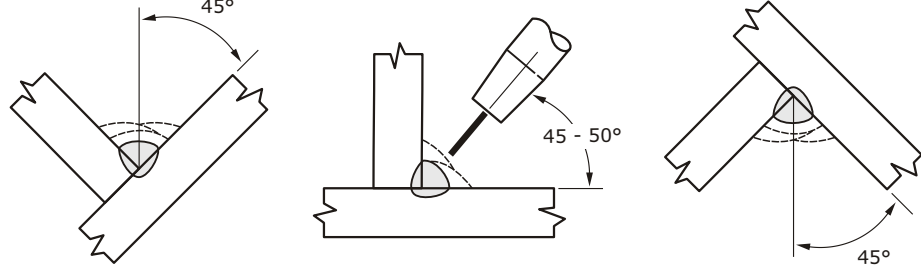
Koruyucu Gaz : Helyum + % 7.5 Argon + % 2.5 Karbondiyoksit	1.6 - 3.2 mm				1.6 - 2.0 mm	
	1.6	2.0	2.4	3.2	1.6	2.0
Levha Kalınlığı (mm)	1.6	2.0	2.4	3.2	1.6	2.0
Elektrod Çapı (mm)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Akım (A) DAEP	85	90	105	125	85	90
Gerilim (V)	21	22	23	23	22	22
El. Besleme Hızı (m/dak)	4.7	4.9	5.9	7.1	4.7	4.9
Kaynak Hızı (m/dak)	0.43 - 0.48	0.33 - 0.38	0.36 - 0.41	0.36 - 0.41	0.48 - 0.53	0.29 - 0.32
Tüketim (kg/100 m)	0.35	0.47	0.54	0.64	0.32	0.54
Gaz Debisi (lt/dak)	7.0 - 9.5					
Ar + % 2 O ₂ için gerilimi 6 V azalt. Ar + % 25 CO ₂ için gerilimi 5 V azalt.						

Tablo-18 Paslanmaz Çeliklerin Kısa Devre İletiminde Yatay, Oluk ve Düşey-Aşağı İç Köşe Kaynakları İçin Kaynak Değişkenleri (Elektrod : MIG ER XXX LSi)

Koruyucu Gaz :
% 90 He + % 7.5 Argon
+ % 2.5 Karbondioksit

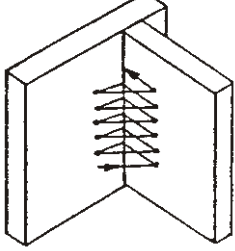
Teknik :
Sağa Kaynak Kullan

Hareket Açısı :
5° - 20°

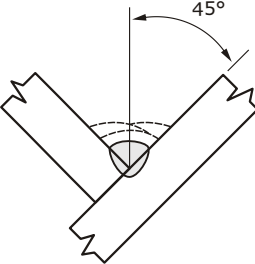
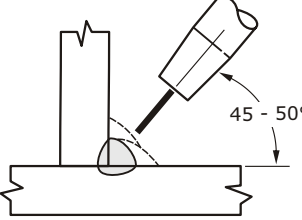
**0.9 mm Çaplı Elektrod**

	0.9 mm Çaplı Elektrod			
Levha Kalınlığı (mm)	1.2	1.5	1.9	
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)	3.0 - 3.8	4.6 - 5.2	5.8 - 7.0	
Gerilim (V)	19 - 20	19 - 20	20 - 21	
Akım (A) (DAEP)	55 - 75	85 - 95	105 - 110	
Kaynak Hızı (m/dak)	0.25 - 0.41	0.38 - 0.56	0.46 - 0.53	
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	13	13	13	
Gaz Debisi (lt/dak)	14	14	14	
Levha Kalınlığı (mm)	2.7	3.5	4.8	6.4
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)	7.6 - 8.3	7.6 - 8.3	8.9 - 9.5	10.2 - 10.8
Gerilim (V)	20 - 21	20 - 21	21 - 22	22 - 23
Akım (A) (DAEP)	125 - 130	125 - 130	140 - 150	160 - 170
Kaynak Hızı (m/dak)	0.38 - 0.53	0.36 - 0.51	0.46 - 0.56	0.30 - 0.33
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	13	13	13	13
Gaz Debisi (lt/dak)	14	14	14	14
	1.1 mm Çaplı Elektrod			
Levha Kalınlığı (mm)	2.7	3.5	4.8	6.4
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)	2.5 - 3.2	3.8 - 4.4	5.6 - 6.4	6.4 - 7.0
Gerilim (V)	19 - 20	21	22	22 - 23
Akım (A) (DAEP)	100 - 120	135 - 140	170 - 175	175 - 185
Kaynak Hızı (m/dak)	0.36 - 0.53	0.48 - 0.51	0.51 - 0.53	0.33 - 0.36
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	13	13	13	13
Gaz Debisi (lt/dak)	14	14	14	14

Tablo-19 Paslanmaz Çeliklerin Kısa Devre İletiminde Aşağıdan Yukarıya İçköşe Kaynakları İçin Kaynak Değişkenleri (Elektrod : MIG ERXXX LSi)

<p>Koruyucu Gaz : % 90 He + % 7.5 Argon + % 2.5 Karbondioksit</p> <p>Teknik : Sağa Kaynak Kullan</p> <p>Hareket Açısı : 5° - 10°</p>			
Levha Kalınlığı (mm)		6.4	
Elektrod Çapı (mm)		0.9	
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)		4.4	
Gerilim (V)		21.5	
Akım (A) DAEP		90	
Gaz Debisi (lt/dak)		14	
Kaynak Hızı (m/dak)		0.10	
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)		13	

Tablo-20 Paslanmaz Çeliklerin Darbeli Sprey İletiminde Oluk ve Yatay İçköşe Kaynakları İçin Kaynak Değişkenleri (Elektrod : MIG ER XXX LSi)

<p>Koruyucu Gaz : Argon + % 2 Oksijen</p> <p>Teknik : Sola Kaynak Kullan</p>					
Levha Kalınlığı (mm)	1.9	2.6	4.8	6.4	7.9
Ayak Uzunluğu (mm)	-	-	-	4.8	6.4
Elektrod Çapı (mm)	1.1				
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)	3.8	4.6	5.0	7.0	7.6
Gerilim (V) (DAEP)	18.5	19.5	20.0	23.5	25.0
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	9.5 - 13				
Gaz Debisi (lt/dak)	12 - 19				
Hareket Açısı (derece)	0 - 5 (Sola Kaynak)				
Kaynak Hızı (m/dak)	1.9	2.3	2.5	3.4	3.8

Paslanmaz çeliklerin kısa devre iletimiyle kaynağında koruyucu gaz olarak % 90 He + % 7.5 Ar + % 2.5 CO₂'den oluşan gaz karışımı kullanılması halinde çok iyi bir korozyon direnci elde edilir.

5.2.3 Darbe İletimi

Darbeli iletimle kaynakta genellikle 0.9 ila 1.1 mm çapa sahip paslanmaz çelik elektrodlar kullanılır. Bu tür iletim için kullanılan koruyucu gaz, sprey iletimindekine benzer olup Argon ve % 2 O₂ karışımından meydana gelmiştir.

Tablo-20'de paslanmaz çeliklerin darbeli iletimde kaynağındaki kaynak değişkenleri verilmiştir.

5.3 ALÜMİNYUM ve ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ KAYNAĞI

Alüminyumun kaynağında gözönüne alınması gerekli olan faktörler; levha kalınlığı, alaşımın cinsi ve kulla-

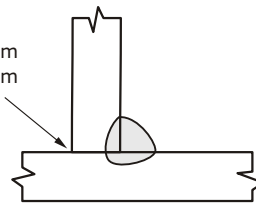
nılan kaynak donanımdır. Kaynak değişkenleriyle ilgili bilgiler **Tablo-21, 22, 23, 24** ve **25'**de verilmiştir. Bu tablolardaki veriler esas alınarak önce deneme kaynakları gerçekleştirmek ve başarılı olunması halinde bu değerlerle kaynakçıya benzer koşullarda pratik yaptırarak kaynakçının yetersizliği nedeniyle oluşabilecek hataları ortadan kaldırmak gerekir.

Alüminyum alaşımlarının ısıl iletkenliklerinin çok yüksek olması nedeniyle birim zamanda kaynak için gerekli ısı girdisi aynı kalınlıktaki çeliğe nazaran daha yüksek olmalıdır. Düşük kaynak hızlarından kaçınmak gerekir, aksi takdirde dikiş sarkması oluşabilir. Diğer bir husus da alüminyumun yüzeyinde oluşan oksit tabakasıdır. Kaynak öncesi bu tabakanın fırçalanarak temizlenmesi gerekir, aksi takdirde gözenekli bir kaynak dikişi oluşur. Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında genellikle doğru akım elektrod pozitif (DAEP) kutuplamada sprey tipi iletim tercih edilir. Oluşan oksit tabakasının temizlenmesi için ise genelde sola kaynak yöntemi kullanılır.

Tablo-21 Alüminyumun Kaynağı İçin Kaynak Değişkenleri (ER5356 - Yatay İçköşe)

Elektrod : 5356
Bağlantı Tipi : İçköşe
Kaynak Boyutu : 3.2 - 12 mm
Pozisyon : Yatay
Kutuplama : DAEP

Kök Açıklığı : max 1.6 mm
3.2 mm Kalınlık İçin : max. 0.8 mm

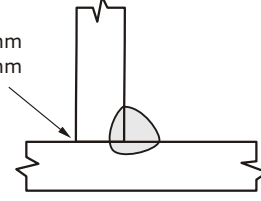


Levha Kalınlığı (mm)	3.2	4.8	6.4	7.9	7.9	9.5	12
Ayak Uzunluğu (mm)	3.2	4.8	6.4	7.9	7.9	9.5	12
Paso Sayısı	1	1	1	1	1	1	1 - 3
Elektrod Çapı (mm)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.6	1.6	1.6
Akım (A) (DAEP)	145	190	215	240	240	260	270
Gerilim (V)	19	21	22	24	23	24	24
Kaynak Hızı (m/dak)	0.86	0.76	0.58	0.46	0.43	0.38	0.43 - 0.76
Gaz Debisi (lt/dak)	17	19	19	19	19	19	19
Gaz Memesi Boyutu (mm)	12	12	12	12	16	16	16

Tablo-22 Alüminyumun Kaynağı İçin Kaynak Değişkenleri (ER4043 - Yatay İçköşe)

Elektrod : 4043
Bağlantı Tipi : İçköşe
Kaynak Boyutu : 3.2 - 12 mm
Pozisyon : Yatay
Kutuplama : DAEP

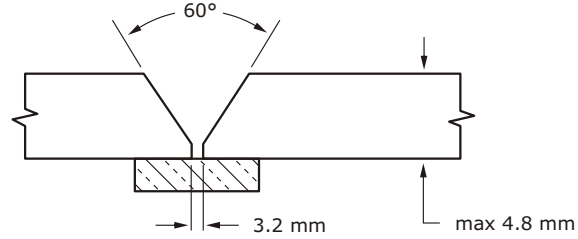
Kök Açıklığı : max 1.6 mm
3.2 mm Kalınlık İçin : max. 0.8 mm



Levha Kalınlığı (mm)	3.2	4.8	6.4	7.9	7.9	9.5	12
Ayak Uzunluğu (mm)	3.2	4.8	6.4	7.9	7.9	9.5	12
Paso Sayısı	1	1	1	1	1	1 - 2	1 - 3
Elektrod Çapı (mm)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.6	1.6	1.6
Akım (A) (DAEP)	140	190	215	230	230	255 - 260	270 - 280
Gerilim (V)	20	23	24	24	24	24 - 25	23 - 24
Kaynak Hızı (m/dak)	0.91	0.69	0.51	0.41	0.41	0.51	0.41 - 0.51
Gaz Debisi (lt/dak)	14	17	17	17	17	19	19
Gaz Memesi Boyutu (mm)	12	12	12	12	16	16	16

Tablo-23 Alüminyumun Kaynağı İçin Kaynak Değişkenleri (ER5356 - Oluk Alın)

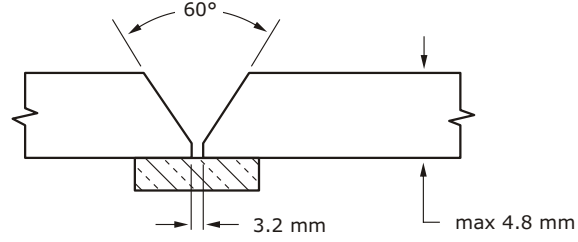
Elektrod : 5356
Bağlantı Tipi : Alın
Pozisyon : Oluk
Kutuplama : DAEP



Levha Kalınlığı (mm)	3.2	4.8	6.4	7.9	7.9	9.5	12
Paso Sayısı	1	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 3	1 - 3
Elektrod Çapı (mm)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.6	1.6	1.6
Akım (A) (DAEP)	180 - 185	215 - 220	240	250 - 255	250 - 255	265 - 270	270 - 275
Gerilim (V)	20 - 21	21 - 23	23 - 24	24 - 25	23 - 24	22 - 24	22 - 23
Kaynak Hızı (m/dak)	1.2	0.89 - 1.2	0.66 - 0.76	0.60	0.46 - 0.48	0.56 - 0.81	0.41 - 0.60
Gaz Debisi (lt/dak)	17	19	19	19	19	19	19
Gaz Memesi Boyutu (mm)	12	12	12	12	16	16	16

Tablo-24 Alüminyumun Kaynağı İçin Kaynak Değişkenleri (ER4043 - Oluk Alın)

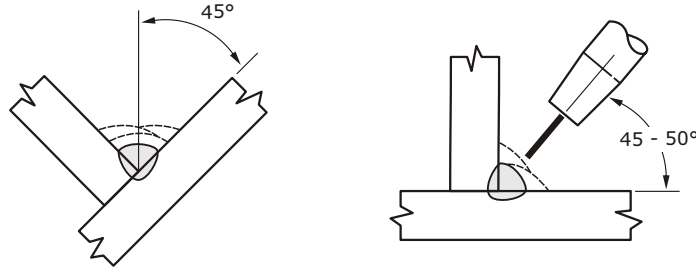
Elektrod : 4043
Bağlantı Tipi : Alın
Pozisyon : Oluk
Kutuplama : DAEP



Levha Kalınlığı (mm)	4.8	6.4	7.9	9.5	12
Paso Sayısı	1 - 2	1 - 2	1 - 3	1 - 3	1 - 3
Elektrod Çapı (mm)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Akım (A) (DAEP)	230	250	260	270	270
Gerilim (V)	22 - 23	22 - 23	23 - 25	23 - 25	23 - 25
Kaynak Hızı (m/dak)	0.61 - 0.91	0.61	0.76	0.51 - 0.76	0.30 - 0.51
Gaz Debisi (lt/dak)	17	19	19	19	19
Gaz Memesi Boyutu (mm)	12	16	16	16	16

Tablo-25 Alüminyumun Darbeli Sprey İletimiyle Oluk ve Yatay Pozisyondaki İçköşe Kaynakları İçin Kaynak Değişkenleri (ER5356)

Elektrod : 5356
Koruyucu Gaz : Saf Argon



Levha Kalınlığı (mm)	2.4	3.2	4.8	6.4	12.7
Ayak Uzunluğu (mm)	-	-	-	4.8	4.8 - 6.4
Elektrod Çapı (mm)	1.2				
Elektrod Besleme Hızı (m/dak)	2.5	5.0	7.6	10.0	14.0
Gerilim (V) (DAEP)	17.0	17.0	18.5	24.5	25.5
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	13 - 19				
Gaz Debisi (lt/dak)	12 - 21				
Yığıma Hızı (kg/saat)	0.45	0.95	1.4	1.9	2.6

BÖLÜM 6.0

ÖZEL UYGULAMALAR

6.1

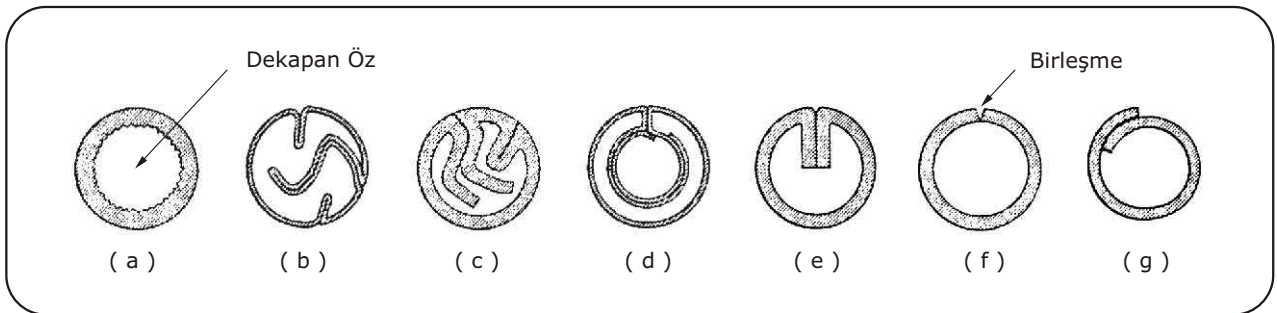
ÖZLÜ ELEKTRODLARLA KAYNAK

Örtülü elektrodların tersine, gazaltı kaynak tellerindeki alaşım elemanları sadece bu tellerin üretiminde başlangıç malzemesi olarak kullanılan ingotların imalatı sırasında ilave edilebilir. Bu durum, alüminyum ve diğer demir dışı metallerde önemli bir sorun oluşturmaz, ancak çelik elektrodlarda çok yüksek maliyet artışlarına neden olur. Çelik üretimi büyük tonajlarda imalat yapılması halinde ekonomiktir. Buna karşılık gazaltı kaynağında kullanılan tellerin üreticileri çok daha düşük miktarlarda çeliğe ihtiyaç duyarlar. Tellerin bileşim; levha, sac ve benzeri ürünler için kullanılan genel çelik bileşimine nazaran farklıdır. Çelik üreticileri bu nedenlerle tel imalatı için çok az miktarda çelik üretmek zorunda kalır. Bu da maliyetlerin artmasına neden olur. Ayrıca, gazaltı kaynağında kullanılan bazı çelik tellerin küçük çaplara çekilebilmesi zordur. Özlü elektrodlar bazı uygulamalarda bu probleme bir çözüm getirmek amacıyla kullanıma sokulmuştur. Özlü elektrodlar gerçekte içlerine dekapanın ve alaşım elemanlarının doldurulduğu ince tüplerdir (Şekil-33).

Özlü elektrodlar basit bir tüp olabilir veya enine kesitteki metal miktarını arttırmak için kenetlenmiş şeritlerden üretilir. Elektrodların dış çapları 0.9 mm ile 3.2 mm arasında değişebilir. Özdeki katkı maddeleri oksit gidericilerle alaşım elemanları sağlamaya ek olarak, yatay içköşe kaynakların profillerinin şekillenmesine yardımcı olan bir cüruf da oluşturabilir.

Özde bulunan bileşiklerin görevleri örtülü elektrodların örtüsündeki bileşiklerin görevlerine benzer olup bunlar aşağıda sıralanmıştır :

- Kaynak metalini yabancı maddelerden temizlemek ve böylece güvenilir bir dikiş elde etmek için oksit giderici olarak görev yapmak.
- Ergimiş kaynak banyosunun üzerinde yüzen ve katılaşma sırasında banyoyu atmosferin zararlı etkilerinden koruyan bir cüruf oluşturmak.



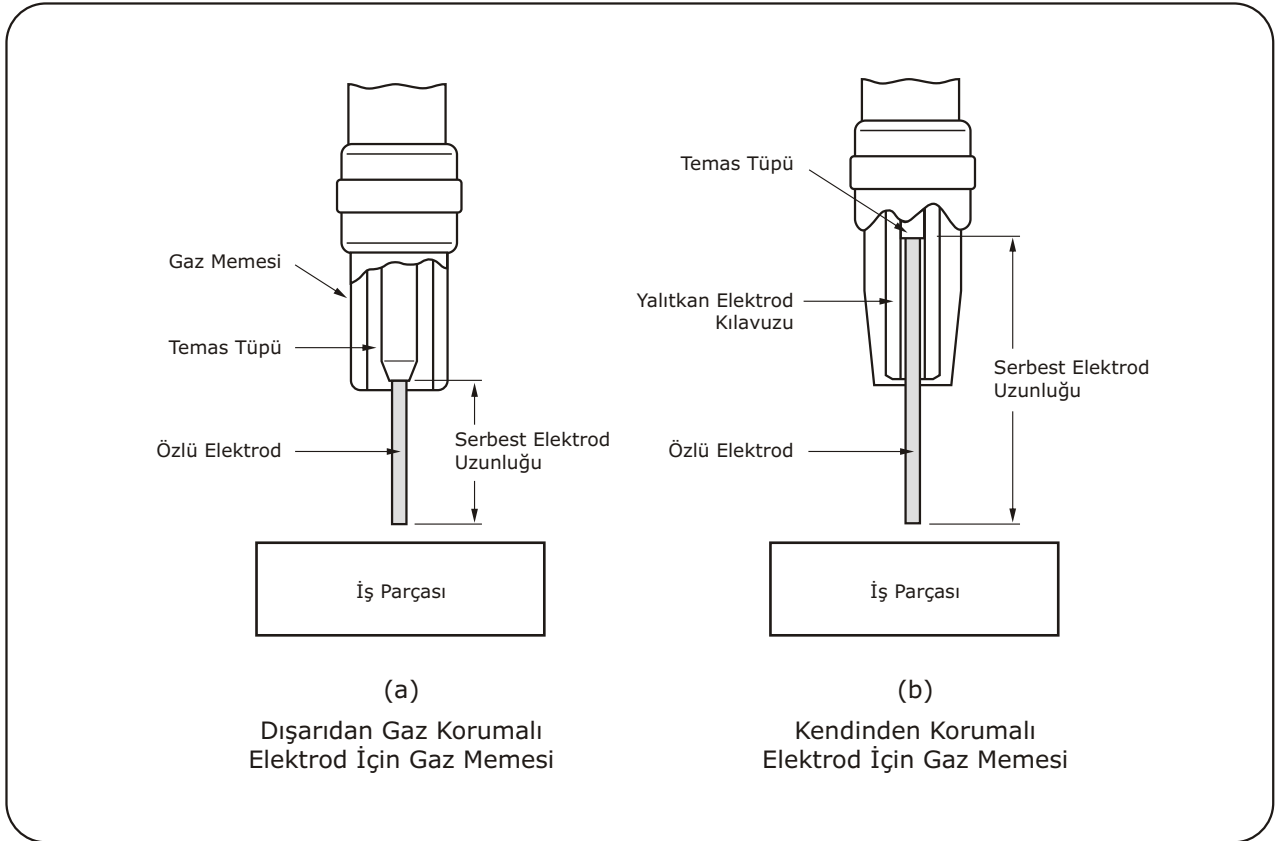
Şekil-33 Özlü Elektrodların Enine Kesitleri

- c) Yumuşak bir kaynak arkı oluşturarak ve sıçramaları en az düzeye indirerek arkı kararlı kılmak.
- d) Kaynak mukavemetini arttırmak ve istenen diğer kaynak metali özelliklerini elde etmek için alaşım elemanları katılmasına sağlamak.
- e) Koruyucu gaz oluşturmak.

Özlu elektrodlar bazı Cr-Mo çelikleri, paslanmaz çelikler ve aşınmaya dayanıklı çelikler de dahil olmak üzere bir grup çelikte kullanılmaya uygundur. Özlu elektrodla kaynakta saf CO₂ gazı geniş ölçüde kullanılır. Pozisyon kaynağında uygun bir ince çaplı elektrodla birlikte Argon + % 20 CO₂ gaz karışımının kullanılması daha iyi sonuçlar verir.

Kendinden gaz korumalı özlu elektrodlar da mevcuttur ve şantiye işlerinde özellikle yararlıdır. Elektrodların özü gaz üreten bileşikler içerir. Bu gazlar arkı koruyarak dışardan gaz koruması ihtiyacını ortadan kaldırırlar. Dışardan gaz korumalı özlu elektrod kaynağı ile kendinden gaz korumalı özlu elektrod kaynağı arasındaki temel farklılıklar temas tüpünün pozisyonunda ve serbest elektrod uzunluğunda ortaya çıkar (**Şekil-34**).

Şekil-34a'da gösterdiği gibi dışarıdan gaz korumalı kaynakta temas tüpünün ucu hemen hemen gaz memesinin ucunun hizasındadır. Kendinden korumalı özlu elektrodla kaynakta ise temas tüpü gaz memesinin çok içerisinde olup serbest elektrod uzunluğu da çok daha fazladır (**Şekil-34 b**).



Şekil-34 Dışarıdan Gaz Korumalı ve Kendinden Gaz Korumalı Özlu Elektrodlarla Kaynaktaki Farklılıklar

6.1.1 Özlü Elektrodların Sınıflandırılması

Hem kendinden korumalı hem de gaz korumalı özlü elektrodlar AWS A5.20-69'da sınıflandırılmıştır. Buna göre, örneğin E60T-7 elektrodunda "E" harfi elektrik ark kaynağı elektrodu olduğunu belirtir. "60" sayısı ise "ksi" olarak kaynak metalinin minimum çekme dayanımını verir. "T" harfi elektrodun tüp şeklinde olduğunu belirtir. Gösterimin sonundaki "7" sayısı, bir grup özelliği simgeler. Bunlar, yığılmış kaynak metalinin

kimyasal bileşimi, akım tipi, kutuplama şekli, elektrodun kendinden korumalı mı yoksa gaz korumalı mı olduğu ve bu gruba giren diğer özel bilgilerdir.

Yumuşak çeliklerin ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodların sağlaması gereken kimyasal bileşim değerleri **Tablo-26**'da verilmiştir.

Özlü elektrodların sağlaması gereken mekanik özellikler ise **Tablo-27**'de verilmiştir.

Tablo-26 Özlü Elektrodlar İçin Gerekli Kimyasal Bileşim Değerleri (maks %) (*)

AWS Sınıfı	Mn	Si	Ni	Cr **	Mo **	V **	Al
E60T-7	1.50	0.90	0.50	0.20	0.30	0.08	1.8
E60T-8	1.50	0.90	0.50	0.20	0.30	0.08	1.0
E70T-1	1.75	0.90	0.30 **	0.20	0.30	0.08	-
E70T-2	kimyasal bileşim serbest						
E70T-3	kimyasal bileşim serbest						
E70T-4	1.50	0.90	0.50	0.20	0.30	0.08	1.8
E70T-5	1.50	0.90	0.30 **	0.20	0.30	0.08	-
E70T-6	1.50	0.90	0.80	0.20	0.30	0.08	-
E70T-G	kimyasal bileşim serbest						

*) Yığılmış kaynak metalindeki değerlerdir.

**) Bu elementler mevcut olabilir. Ancak özellikle ilave edilmemiştir.

Tablo-27 Özlü Elektrodlarla Gerçekleştirilen Kaynak Dikişlerinden Beklenen Özellikler

AWS Sınıfı	Koruyucu Gaz	Akım ve Kutuplama	Çekme Dayanımı min (Mpa)	% 0.2 Akma Dayanımı min (MPa)	Uzama (L=5d) min (%)	Charpy-V Darbe Enerjisi min (J)
E60T-7	kk	DAEN	470	380	22	serbest
E60T-8	kk	DAEP	430	350	22	-18°C'da 27
E70T-1	CO ₂	DAEP	500	420	22	-18°C'da 27
E70T-2	CO ₂	DAEP	500	serbest	serbest	serbest
E70T-3	kk	DAEP	500	serbest	serbest	serbest
E70T-4	kk	DAEP	500	420	22	serbest
E70T-5	CO ₂ ve kk	DAEP	500	420	22	-30°C'da 27
E70T-6	kk	DAEP	500	420	22	-18°C'da 27
E70T-G	belirtilmemiş	belirtilmemiş	500 (a) 500 (b)	serbest 420	serbest 22	serbest

(kk) Kendinden Korumalı

(a) Tek pasolu kaynak için

(b) Çok pasolu kaynak için

Tablo-26 ve 27'de verilen özlü elektrodların özellikleri aşağıda açıklanmıştır :

E60T-7 Elektrodlar :

Kendinden korumalı özlü elektrodlardan olup tek ve çok pasolu kaynaklarda kullanılabilirler. Hızla katılma tipte elektrodlardan oldukları için tüm pozisyonlarda kullanılmaya uygundur. Düşük sıcaklıklardaki darbe özellikleri iyidir. Kaynak dikişleri yüksek çatlama direncine sahiptir.

E60T-8 Elektrodlar :

Kendinden korumalı özlü elektrodlardan olup oluk ve yatay pozisyonlardaki tek ve çok pasolu kaynaklara uygundur. Kaynak metali -18°C sıcaklıkta yüksek çentik darbe tokluğuna ve yüksek çatlama direncine sahiptir.

E70T-1 Elektrodlar :

CO_2 gazı ile kullanılan gaz korumalı özlü elektrodlar olup, oluk pozisyonundaki kaynak dikişlerinin tek veya çok pasolu kaynakları için uygundur.

E70T-2 Elektrodlar :

CO_2 gazı ile kullanılan gaz korumalı özlü elektrodlar olup özellikle, oluk pozisyonundaki kaynakların ve yatay içköşe kaynaklarının tek pasolu kaynağı için üretilmişlerdir. Bu elektrodlar E70T-1 grubu elektrod- lara nazaran daha kirli yüzeylerde kullanılabilirler.

E70T-3 Elektrodlar :

Bu elektrodlar kendinden korumalı olup yüksek kaynak hızlarında kullanılmaya uygundur. Genel olarak 6 mm'den daha ince saçların oluk ve yatay pozisyon- daki tek pasolu kaynağı için üretilmişlerdir. Daha kalın levhalarda ve çok pasolu kaynaklarda kullanmaya uygun değildir.

E70T-4 Elektrodlar :

Bu elektrodlar kendinden korumalı olup, çok yüksek serbest elektrod uzunluğunda bile kullanılabilirler. Bunun sonucunda yüksek yığıma hızı oluştururlar. Nüfuziyetleri azdır. Kaynak ağızlarındaki kaçıklık- larını büyük ölçüde tolere edebilirler. Yüksek kükürtlü çeliklerde yapılan kaynakta bile dolgu metali çok yüksek çatlama direncine sahiptir. Bu nedenle diğer elektrodların başarısız olduğu yerlerde kullanılabilirler. Yüksek yığıma hızı ve çok düşük sıçrama kaybı oluşturan bu elektrodların cürufu kolaylıkla kalkar.

E70T-5 Elektrodlar :

Bu elektrodlar kendinden korumalı veya gaz korumalı olarak kullanılabilirler. Temelde oluk alın ve oluk iç- köşe kaynakları için tasarlanmışlardır. Bu elektrodlar minimum yüzey hazırlığı ile tek pasolu kaynak uygula- malarında kullanılabilirler. Düşük nüfuziyete sahip- tirler. İnce ve kolay kalkan bir cüruf oluştururlar. Kay- nak dikişi -30°C 'da iyi bir çentik darbe tokluğuna sahiptir.

E70T-6 Elektrodlar :

E70T-5 elektrodlarına benzerdir. Ancak elektrod ken- dinden gaz korumalı olarak üretildiğinden kimyasal bileşimi biraz farklıdır.

E70T-G Elektrodlar :

Bu elektrodlar çok pasolu kaynaklar için tasarlanmıştır. Kimyasal bileşimleri, çentik darbe özellikleri, eğme özellikleri serbest bırakılmıştır. Ancak minimum çek- me dayanımları sınırlandırılmıştır. Bu elektrodlar aynı mekanik özelliklere sahip olmakla birlikte iki farklı çalışma karakteristiğine sahip olarak üretilirler.

- Her pozisyonundaki, özellikle düşey pozisyonundaki alın ve içköşe kaynakları gerçekleştirmeye uygun, hızla katılma tipi mevcuttur.
- Yüksek kaynak hızlarında kullanılabilen iyi bir nüfuziyete sahip olan diğer bir tip mevcuttur.

Düşük Alaşımlı Özlü Elektrodlar :

Bunlar standartta özel olarak sınıflandırılmamıştır. Ancak AWS A5.5'deki şartlara veya müşteri isteklerine göre üretilmektedirler.

6.1.2**Kaynak Değişkenleri**

Çeliklerin hem kendinden korumalı özlü elektrodlarla hem de CO₂ gazı korumalı özlü elektrodlarla kaynağına ait kaynak değişkenleri **Tablo-28, 29, 30 ve 31**'de verilmiştir.

Tablo-28 Kendinden Gaz Korumalı Özlü Elektrodlarla Kaynaktaki Değişkenler

Kaynak Pozisyonu : Oluk Kaynak Kalite Seviyesi : Ticari Çeliğin Kaynak Kabiliyeti : İyi veya orta			
	Levha Kalınlığı (mm)	3.4	4.8
Pasolar	1	1	1
Elektrod Sınıfı	E70T-4	E70T-4	E70T-4
Elektrod Çapı (mm)	2.4	2.4	2.4
Akım (A) (DAEP)	350	400	400
Gerilim	29 - 30	30 - 31	30 - 31
Kaynak Hızı (m/dak)	0.53 - 0.58	0.41 - 0.46	0.32 - 0.34
Gerekli Elektrod Miktarı (kg/100 m)	24	36	48
Toplam Kaynak Zamanı (dak/m)	1.8	2.4	0.05
Altık Kalınlığı (mm) - min.	3.4	4.8	3.0
Aralık (mm)	4.0	4.8	5.6
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	70	70	70

Tablo-29 Kendinden Gaz Korumalı Özlü Elektrodlarla Kaynaktaki Değişkenler

Kaynak Pozisyonu : Düşey Kaynak Kalite Seviyesi : Ticari Çeliğin Kaynak Kabiliyeti : İyi veya orta Tek Taraflı Kaynak					
	Levha Kalınlığı (mm)	9.5	13		
Pasolar	1	2	1	2	3
Elektrod Sınıfı *	E70T-G		E70T-G		
Elektrod Çapı (mm)	1.6		1.6		
Akım (A) (DAEP)	170		170		
Gerilim	19 - 20		19 - 20		
Kaynak Hızı (m/dak) **	0.12 - 0.13	0.04 - 0.05	0.12 - 0.13	0.06	0.04 - 0.05
Gerekli Elektrod Miktarı (kg/100 m)	110		165		
Toplam Kaynak Zamanı (dak/m)	30		42		
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	6.5 - 19.0		6.5 - 19.0		

*) Hızlı katılaştırıcı tip E70T-G

**) Birinci pasodan sonraki tüm pasolar için ortalama hız

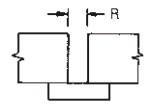
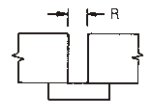
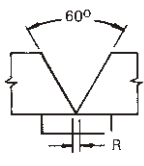
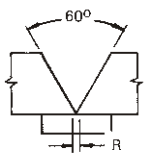
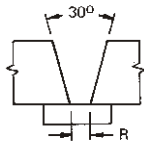
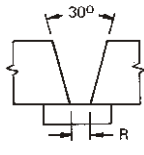
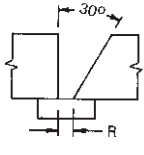
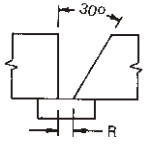
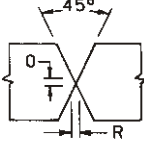
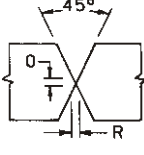
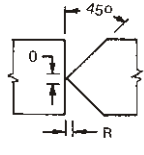
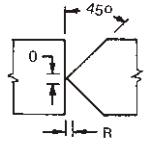
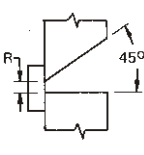
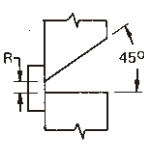
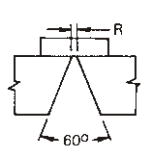
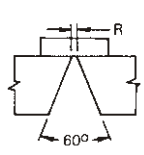
Tablo-30 Kendinden Gaz Korumalı Özlü Elektrodlarla Kaynaktaki Değişkenler

Kaynak Pozisyonu : Düşey Kaynak Kalite Seviyesi : Ticari Çeliğin Kaynak Kabiliyeti : İyi veya orta Tek Taraflı Kaynak				
	Levha Kalınlığı (mm)	19	25.4	
Pasolar	1	2 - 4	1	2 - 6
Elektrod Sınıfı *	E 70T-G		E 70T-G	
Elektrod Çapı (mm)	1.6		1.6	
Akım (A) (DAEP)	180		180	
Gerilim	19 - 20		19 - 20	
Kaynak Hızı (m/dak) **	0.10 - 0.11	0.05*	0.10 - 0.11	0.05*
Gerekli Elektrod Miktarı (kg/100 m)	289		359	
Toplam Kaynak Zamanı (dak/m)	66		108	
Serbest Elektrod Uzunluğu (mm)	6.5 - 19.0		6.5 - 19.0	

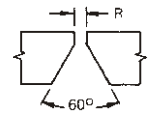
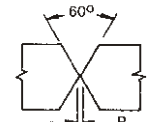
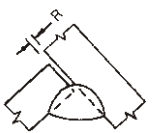
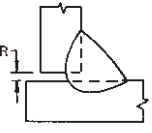
*) Hızlı katılaştırıcı tip E70T-G

**) Birinci pasodan sonraki tüm pasolar için ortalama hız

**Tablo-31 Alaşimsız ve Düşük Alaşımli Çeliklerin Dışarıdan Gaz Korumalı
Özlü Elektrodlarla Kaynağı İçin Kaynak Değişkenleri**
Elektrod : E70T-1 ; Koruyucu Gaz : CO₂

Parça Kalınlığı (mm)	Kök Aralığı (mm)	Paso Sayısı	Elektrod Çapı (mm)	Akım (DC+) (amp)	Gerilim (volt)	Ortalama Kaynak Hızı (m/dak)	Top. Kaynak Süresi (dak/m)	Bağlantı Şekli
3	1.5	1	2.0	325	28	1.00	1	
13	6.5	2	2.4	450	32	0.30	6	
13	0	2	2.4	480	30	0.36	6	
25.5	0	6	2.8	525	32	0.28	21	
16	5	3	2.8	525	32	0.36	8	
25.5	5	6	2.8	525	32	0.36	17	
16	3	3	2.8	525	32	0.41	7	
25.5	3	6	2.8	525	32	0.36	17	
25.5	0	6	2.8	525	32	0.80	7	
51	0	20	2.8	525	32	0.70	30	
25.5	0	4	2.8	500	32	0.43	9	
51	0	12	2.8	500	32	0.33	36	
13	3	6	2.0	350	28	0.51	12	
25.5	3	18	2.0	350	28	0.46	39	
9.5	0	2	1.2	180	22	0.20	10	
13	0	3	1.2	180	22	0.20	15	

Tablo-31 Alaşimsız ve Düşük Alaşımlı Çeliklerin Dışarıdan Gaz Korumalı Özlü Elektrodlarla Kaynağı İçin Kaynak Değişkenleri
Elektrod : E70T-1 ; Koruyucu Gaz : CO₂ (devam)

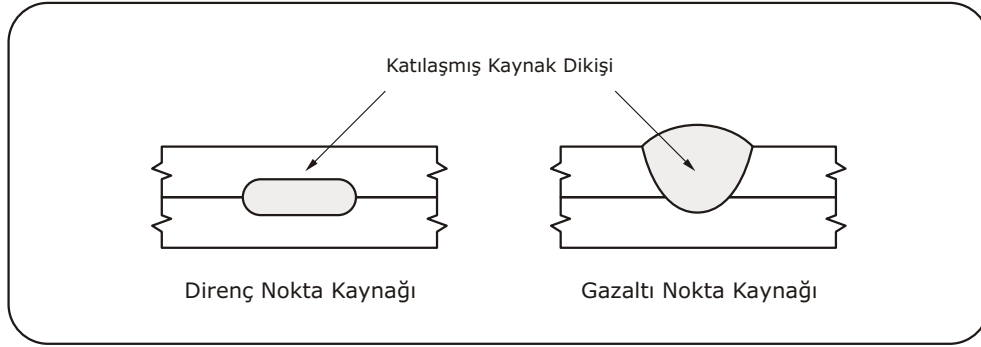
Parça Kalınlığı (mm)	Kök Aralığı (mm)	Paso Sayısı	Elektrod Çapı (mm)	Akım (DC+) (amp)	Gerilim (volt)	Ortalama Kaynak Hızı (m/dak)	Top. Kaynak Süresi (dak/m)	Bağlantı Şekli
13	2.5	4	1.2	180	22	0.21	20	* 
25.5	2.5	9	1.2	180	22	0.13	70	
25.5	1.5	6	1.2	180	22	0.21	29	* 
51	1.5	16	1.2	180	22	0.13	124	
3	0	1.2	180	21	1.00	1	* 	
13	0	2	1.2	180	21	0.13	16	
5	0	1	2.0	350	28	0.92	1	
13	0	3	2.8	450	20	0.46	7	

*) Düşey

6.2 NOKTA KAYNAĞI

Ergiyen elektrodla gazaltı nokta kaynağı, sürekli kaynağın değişik bir şekli olup, iki sac metalin bir noktadan ergiyerek birbirlerine tamamen nüfuz etmeleri sonucu oluşur. Yöntem, 5 mm kalınlığa kadar ince sacların kaynağında, genellikle otomobil gövdelerinin imalatında kullanılır. Bindirme alanlarının temizliği dışında herhangi bir bağlantı hazırlığı yapmaya gerek yoktur. Üstteki parça, matkapla veya zımbayla delinerek ve bu delik yoluyla alttaki parçaya kaynak arkını yönlendirerek, kalın parçaların da bu yöntemle nokta kaynağını gerçekleştirmek mümkündür. Gazaltı nokta kaynağı ile direnç nokta kaynağı arasındaki fark Şekil-35'de gösterilmiştir.

Direnç nokta kaynağı, elemanların birbirlerine temas eden yüzeylerinden ergimelerine ve karışmalarına neden olan direnç ısıtması ve uygulanan basınç yoluyla gerçekleştirilir. Gazaltı nokta kaynağında ise, ark üstteki sacın alt taraftaki saca doğru nüfuz ederek alttaki sacın ergiyip üstteki saca birleşmesine neden olur. Gazaltı nokta kaynağının en büyük avantajı bağlantının tek tarafından gerçekleştirilebilmesidir. Gazaltı nokta kaynağı üç husus dışında geleneksel gazaltı kaynağından pek farklı değildir. Birinci husus bu yöntemde torcun hareket ettirilmeyip, iş parçasına bastırılmasıdır. Diğer taraftan torç iş parçasına bastırıldığında koruyucu gazın çıkışına imkan vermek için üzerinde çıkış delikleri bulunan özel gaz memeleri kullanmak gerekir. Buna ek olarak sistemde kaynak zamanını ayarlayan zaman sayaçlarının ve elektrod



Şekil-35 Gazaltı Nokta Kaynağı İle Direnç Nokta Kaynağı Arasındaki Fark

besleme hızı kontrol elemanlarının bulunması gerekir. Bu yöntemle, çeliklerin, alüminyumun, magnezyumun, paslanmaz çeliğin ve bakır esaslı alaşımların bindirme kaynağı yapılabilir. Farklı kalınlıkta sacların bu yöntemle kaynağı da mümkündür. Ancak bu durumda daha ince olan sacın üstte olması gerekir.

Gazaltı nokta kaynağı genellikle oluk pozisyonunda gerçekleştirilir. Ancak meme tasarımında değişiklik yapılarak yatay pozisyondaki bindirme içköşe, ve köşe kaynaklarına da uygulanabilir. **Tablo-32**'de, çeliklerin gazaltı nokta kaynağında ön seçim olarak kullanılacak kaynak değişkenleri verilmiştir.

6.3

DAR ARALIK KAYNAĞI

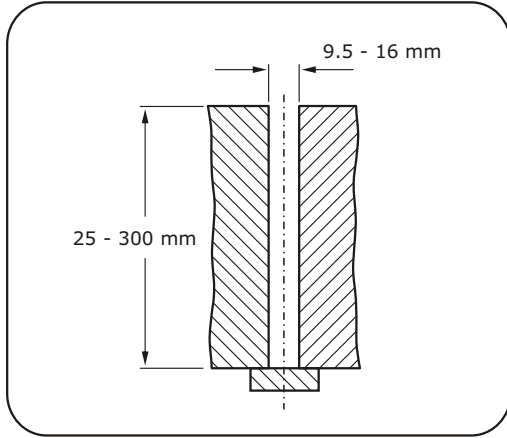
Dar aralık kaynağı, kalın kesitli malzemelere uygulanan ve kaynak birleştirmesinde dar bir ağız aralığının (yaklaşık 13 mm) mevcut olduğu düz alınlı çok pasolu bir kaynak tekniğidir. Dar aralık kaynağında kullanılan tipik bir bağlantı **Şekil-36**'da verilmiştir.

Bu teknik, ergiyen elektrodla gazaltı kaynağı da dahil olmak üzere birçok kaynak yöntemde kullanılır ve alaşımsız ve düşük alaşımlı çelikten üretilmiş kalın kesitli parçaların en az distorsiyon ile kaynağı için en

Tablo-32 Çeliklerde CO₂ Koruması Altında, Oluk Pozisyonunda 6.4 mm Çapında Dikiş Oluşturan Gazaltı Nokta Kaynağı Değişkenleri

Elektrod Çapı (mm)	Sac Kalınlığı (mm)	Kaynak Zamanı (saniye)	Akım (A)	Gerilim (V)
0.8	0.6	1	90	24
	0.8	1.2	120	27
	0.9	1.2	120	27
0.9	1.0	1	190	27
	1.5	2	190	28
	1.6	5	190	28
1.2	1.8	1.5	300	30
	2.8	3.5	300	30
	3.2	4.2	300	30
1.6	3.2	1	490	32
	4.0	1.5	490	32

etkili yöntemdir. Gazaltı kaynağı ile dar aralık kaynağı gerçekleştirilirken yan cidarlarda uygun bir ergime sağlayabilmek için elektrod ucunun uygun bir pozisyonda olması gerekir. Bunu gerçekleştirmek için çeşitli elektrod besleme yöntemleri geliştirilmiş olup, bunlara ait bazı örnekler **Şekil-37**'de verilmiştir.

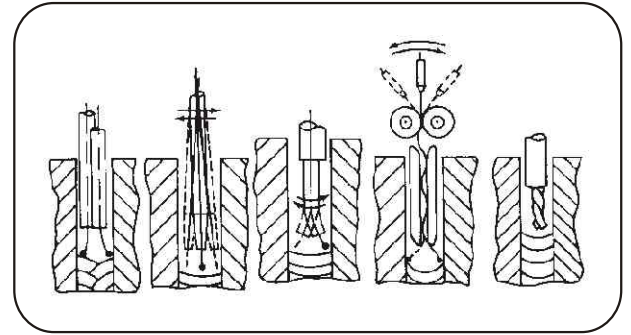


Şekil-36 Dar Aralık Kaynağında Kullanılan Bağlantı Şekli

Dar aralık kaynağında kullanılan kaynak parametreleri geleneksel gazaltı kaynağındakilere benzerdir. Bunlarla ilgili bazı değerler **Tablo-33**'de verilmiştir.

Dar aralık kaynağında kaynak kalitesi, özellikle gerilim başta olmak üzere, kaynak parametrelerindeki hafif bir değişmeden önemli ölçüde etkilenir. Aşırı ark

gerilimi (ark boyu) yan cidarlarda yanma olukları oluşturarak daha sonraki pasoda burada oksit birikintilerinin kalmasına veya ergime yetersizliğine neden olur. Yüksek gerilim ayrıca yan cidarlarda ark tırmanmasına, ark tırmanması ise temas tüpünün hasara uğramasına neden olur. Bu nedenle, darbeli güç üniteleri, bu uygulamada geniş ölçüde kullanılmaya başlanmıştır. Bu üniteler düşük ark gerilimlerinde kararlı bir spray ark sağlarlar. Geleneksel gazaltı kaynağında olduğu gibi dar aralık kaynağında da çeşitli koruyucu gazlar kullanılmıştır. Argon ve % 20-25 CO₂'den oluşan gaz karışımı iyi bir ark karakteristiği, dikiş profili ve yan cidar nüfuziyeti sağladığından geniş ölçüde kullanılmaktadır. Dar aralık kaynağında koruyucu gazın kaynak bölgesine iletilmesi zor olduğu için çeşitli meme tasarımları geliştirilmiştir.



Şekil-37 Dar Aralık Gazaltı Kaynağında Değişik Elektrod Besleme Teknikleri

Tablo-33 Dar Aralık Gazaltı Kaynağında Kaynak Değişkenleri

Kaynak Pozisyonu	Aralık Genişliği (mm)	Akım (A)	Gerilim (a) (V)	Kaynak Hızı (mm/sn)	Koruyucu Gaz
Yatay	9.5	260 - 270	25 - 26	17	Ar + CO ₂
Yatay	10 - 12	220 - 240	24 - 28 (b)	6	Ar + CO ₂
Oluk	9.5	280 - 300	29 (b)	4	Ar + CO ₂
Oluk	12.5	450	30 - 37.5	6	Ar + CO ₂
Oluk	12 - 14	450 - 550	38 - 42	8	Ar + CO ₂

(a) Doğru Akım Elektrod Pozitif Kutup (DAEP)

(b) 120 darbe/saniye'deki değerler

BÖLÜM 7.0

KAYNAKTA ORTAYA ÇIKAN PROBLEMLER ve KAYNAK HATALARI

Gazaltı kaynağında ortaya çıkan problemler ve kaynak hataları diğer kaynak yöntemlerindekiyle oldukça benzer olup aşağıda konuyla ilgili detaylı açıklamalar verilmiştir.

7.1 KAYNAKTA ORTAYA ÇIKAN PROBLEMLER

Kaynakta ortaya çıkan temel problemler şu şekilde sıralanabilir :

- Hidrojen gevrekleşmesi
- Oksijen ve azotla kirlenme
- Esas metalin kirliliği
- Yetersiz ergime

7.1.1 Hidrojen Gevrekleşmesi

Gazaltı kaynağında rutubet tutan bir dekapan veya örtünün bulunmaması nedeniyle, hidrojen gevrekliğin oluşma olasılığı düşük olmakla birlikte, böyle bir tehlikeyi gözardı etmemek gerekir. Bunun nedeni, diğer hidrojen kaynaklarının yarattığı tehlikelerdir. Örneğin, koruyucu gazın rutubet içeriği tehlike yaratmayacak ölçüde düşük olmalıdır. Bunun gaz satıcıları tarafından çok iyi bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir birlikte, kullanmadan önce, kullanıcı tarafından da kontrol edilmesi gerekir. Elektrod veya esas metal üzerindeki yağ, gres ve üretim artıkları

kaynak metaline hidrojen geçişini sağlayan tehlikeli faktörlerdir. Elektrod üreticileri temizlik gereğinin bilincinde olup, temiz elektrod sağlamak için gerekli tedbirleri alırlar. Kirlenme kullanma sırasında oluşabilir. Bu tür olasılıkların bilincinde olan kullanıcılar, özellikle sertleşebilen çeliklerin kaynağında, ciddi sorunlardan kaçınmak için gerekli tedbirleri alırlar. Bu bilinç alüminyumun kaynağı için de gereklidir. Burada problem hidrojen gevrekleşmesi olmamakla birlikte, katılaşmış alüminyumda hidrojenin çözüneme yeteneğinin düşük olması nedeniyle ortaya çıkan gözenekliliktir.

7.1.2 Oksijen ve Azotla Kirlenme

Gazaltı kaynağında oksijen ve azotla kirlenme riski hidrojen kirlenmesine nazaran daha yüksektir. Eğer koruyucu gaz tam anlamıyla soy değilse veya yeterli koruma sağlayamıyorsa, bu elementler derhal atmosferden kaynak banyosuna geçerler. Burada oluşan oksitler ve nitrürler kaynak dikişinin çentik darbe tokluğunu düşürür. Ancak, koruyucu gaza, kaynak kalitesini etkilemeyecek oranda % 5 kadar oksijen ilave edilebilir.

7.1.3 Esas Metalin Kirliliği

Gazaltı kaynağı sırasında esas metalin temizliği, tozaltı ve elektrik ark kaynağına nazaran daha önemlidir.

Bunun nedeni, elektrik ark kaynağında ve tozaltı kaynağında mevcut olan ve ergimiş kaynak metalindeki oksitleri ve gaz oluşturan bileşikleri temizleyen dekapan bileşiklerinin bulunmamasıdır. Bu durum doğal olarak hem kaynak öncesi, hem de pasolar arası temizliğe özen göstermeyi gerektirir. Bu husus özellikle alüminyum için geçerlidir. Burada metal oksitlerin giderilmesi için ya kimyasal veya mekanik oksit giderme işlemleri ya da her ikisi birden kullanılır.

7.1.4

Yetersiz Ergime

Gazaltı kaynağında "kısa devre metal iletimi" ile çalışılırken ısı girdisinde azalma meydana gelir. Bu azalma esas metalde ergime yetersizliğine neden olabilir. Düşük ısı girdisiyle çalışma ince saçların kaynağında ve pozisyon kaynağında yararlıdır. Ancak,

uygun olmayan kaynak teknikleri özellikle kök bölgelerinde veya kaynak ağzı yüzeylerinde yetersiz ergimeye neden olabilir.

7.2

KAYNAK HATALARI

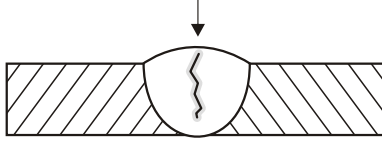
Gazaltı kaynağında oluşabilen kaynak hatalarından en çok rastlananları aşağıda açıklanmıştır (**Tablo-34, 35, 36, 37, 38, 39 ve 40**):

- Gözeneklilik
- Kaynak metali çatlakları
- Isı tesiri altındaki bölgede oluşan çatlaklar
- Ergime azlığı
- Yanma oluşu
- Yetersiz nüfuziyet
- Aşırı nüfuziyet (Kök taşması)


Tablo-34 Gözenek Oluşumu Hataları

Nedeni	Giderilmesi
<p>1 - Yetersiz gaz koruması.</p> <p>2 - Koruyucu gazın kirlenmesi.</p> <p>3 - Elektrodun kirlenmesi.</p> <p>4 - İş parçasının kirlenmesi.</p> <p>5 - Ark gerilimi çok yüksek.</p> <p>6 - Serbest elektrod uzunluğu fazla.</p>	<p>1 - Gaz akışını en uygun değere getir. Kaynak bölgesindeki havayı tamamen uzaklaştırmak için gaz akışını arttır. Türbülansın kaçınmak ve havanın kaynak bölgesinde hapsolmesini önlemek için aşırı gaz akımını azalt. Gaz hattındaki kaçaqları ortadan kaldır. Kaynak bölgesine doğru esen hava cereyanını (fanlar, açık kapılar vb.) durdur. CO₂ kaynağında ısıtıcıları kullanarak donmuş (tıkanmış) regülatörleri ısıt. Kaynak hızını azalt, meme ile iş parçası arasındaki mesafeyi azalt. Kaynağın sonunda, ergimiş metal katılaşmaya kadar torcu tutmaya devam et.</p> <p>2 - Kaynak için uygun kalitede koruyucu gaz kullan.</p> <p>3 - Sadece temiz ve kuru elektrod kullan.</p> <p>4 - Kaynak öncesi iş parçası yüzeyinden tüm gres, yağ, boya, rutubet, pas ve kiri temizle. Daha yüksek derecede deokside etme özelliğine sahip elektrod kullan.</p> <p>5 - Gerilimi azalt.</p> <p>6 - Serbest elektrod uzunluğunu azalt.</p>

Tablo-35 Kaynak Metalinde Oluşan Çatlaklar

Nedeni	Giderilmesi
 <p>1 - Yanlış bağlantı tasarımı.</p> <p>2 - Çok fazla dikiş genişliği/derinliği oranı.</p> <p>3 - Çok küçük bir kaynak dikişi. (özellikle içköşe ve kök dikişlerinde)</p> <p>4 - Isı girdisi aşırı çekme ve distorsiyona neden olacak kadar yüksek.</p> <p>5 - Sıcak çatlama.</p> <p>6 - Bağlantı elemanlarında yüksek zorlanma.</p> <p>7 - Bağlantının sonundaki kraterde hızlı soğuma.</p>	<p>1 - Zorlanma şartlarına dayanıklı şekilde yeterli dolgu metali yığmaya yani kaynak kesidini arttırmaya imkan verecek uygun kaynak ağzı hazırla.</p> <p>2 - Dikiş genişliğini arttırmak veya nüfuziyeti azaltmak için ya ark gerilimini arttır veya akımı azalt veya her ikisini de azalt.</p> <p>3 - Yığılan metal kesitini arttırmak için kaynak hızını azalt.</p> <p>4 - Ya akımı ya da gerilimi veya her ikisini birden azalt. Kaynak hızını arttır.</p> <p>5 - Yüksek manganez içeriğine sahip elektrod kullan (arktaki manganez kaybını en az düzeye indirmek için daha kısa ark boyu kullan). Ağzı açısını yeterli oranda dolgu metali ilavesi sağlamaya imkan verecek şekilde ayarla. Soğuma sırasında dikişe gelen zorlanmaları azaltmak için paso sırasını ayarla. İstenen özelliği sağlayan başka bir dolgu metali kullan.</p> <p>6 - İç gerilmelerin şiddetini azaltmak için ön tavlama yap. Zorlanma şartlarını azaltmak için kaynak sırasını ayarla.</p> <p>7 - Geri adım tekniği ile kraterleri ortadan kaldır.</p>

Tablo-36 Isı Tesiri Altındaki Bölgede Oluşan Çatlaklar

Nedeni	Giderilmesi
 <p>1 - Isı tesiri altındaki bölgede sertleşme.</p> <p>2 - İç gerilmeler çok yüksek.</p> <p>3 - Hidrojen gevrekleşmesi var.</p>	<p>1 - Ön tavlama yaparak soğuma hızını azalt.</p> <p>2 - Gerilme giderme ısıl işlemi kullan.</p> <p>3 - Temiz elektrod ve kuru koruyucu gaz kullan. Esas metaldeki kirleri temizle. Kaynağı soğumadan birkaç saat yüksek sıcaklıkta tut (hidrojenin yayınabilmesi için gerekli sıcaklık ve zaman esas metalin cinsine bağlı olarak değişir).</p>

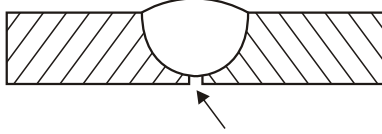
Tablo-37 Ergime Azlığı Hataları

Nedeni	Giderilmesi
<p>1- Kaynak bölgesindeki yüzeyler film veya aşırı oksitlerden arınmamış.</p> <p>2 - Yetersiz ısı girdisi.</p> <p>3 - Çok büyük bir kaynak banyosu.</p> <p>4 - Yanlış kaynak tekniği.</p> <p>5 - Yanlış bağlantı tasarımı.</p> <p>6 - Aşırı kaynak hızı.</p>	<p>1 - Kaynaktan önce tüm ağız yüzeylerindeki ve kaynak bölgesi yüzeylerindeki hadde sırasında oluşan tufal kalıntılarını temizle.</p> <p>2 - Elektrod besleme hızını ve ark gerilimini yükselt, serbest elektrod uzunluğunu azalt.</p> <p>3 - Daha denetlenebilir bir kaynak banyosu elde etmek için aşırı elektrod salınımından kaçın. Kaynak hızını arttır.</p> <p>4 - Salınım tekniği kullanırken kaynak ağzının yüzeylerinde kısa sürelerle kal. Bağlantının köküne ulaşılacak geçit sağla. Elektrodu kaynak banyosunun ön yüzüne doğru yönlendir.</p> <p>5 - Uygun bir serbest elektrod uzunluğu ile kaynak ağzının dibine ve yan cidarlarına ulaşmaya yetecek büyüklükte ağız açısı kullan veya "J" ya da "U" kaynak ağzı kullan.</p> <p>6 - Kaynak hızını azalt.</p>

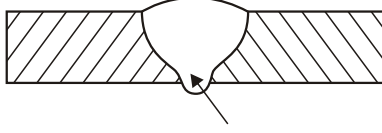
Tablo-38 Yanma Oluşu Hataları

Nedeni	Giderilmesi
<p>1 - Kaynak hızı çok yüksek.</p> <p>2 - Kaynak gerilimi çok yüksek.</p> <p>3 - Kaynak akımı çok yüksek.</p> <p>4 - Kalış zamanı yetersiz.</p> <p>5 - Torç açısı hatalı.</p>	<p>1 - Daha düşük kaynak hızı kullan.</p> <p>2 - Gerilimi azalt.</p> <p>3 - Elektrod besleme hızını düşür.</p> <p>4 - Ergimiş kaynak banyosunun kenarında kalış zamanını arttır.</p> <p>5 - Ark kuvvetlerinin metalin yerleşmesine yardımcı olmalarını sağlayacak biçimde torç açısını değiştir.</p>

Tablo-39 Yetersiz Nüfuziyet Sonrası Oluşan Hatalar

	
Nedeni	Giderilmesi
1 - Yanlış bağlantı hazırlığı. 2 - Yanlış kaynak tekniği. 3 - Yetersiz kaynak akımı.	1 - Bağlantı tasarımı, serbest elektrod uzunluğunda kaynak ağzının dibine ulaşabilecek bir geçit sağlamalıdır. Aşırı kök yüksekliğini azalt. Alın kaynağında kök açıklığını artırır ve arka taraftaki oyuğun derinliğini artırır. 2 - En yüksek nüfuziyete ulaşmak için elektrod açısının iş parçası yüzeyine dik olmasını sağla. 3 - Arkı kaynak banyosunun ön tarafına doğru tut. Elektrod besleme hızını (kaynak akımını) artırır.

Tablo-40 Aşırı Nüfuziyet Nedeniyle Oluşan Hatalar

	
Nedeni	Giderilmesi
1 - Aşırı ısı girdisi. 2 - Yanlış bağlantı hazırlığı.	1 - Elektrod besleme hızını (kaynak akımını) ve gerilimi azalt. Kaynak hızını artırır. 2 - Kök aralığını azalt. Kök yüzeyinin boyutlarını artırır.

7.3

AKSAKLIKLARIN GİDERİLMESİ

Herhangi bir yöntemle ilgili aksaklıkların giderilmesi için ekipmanın ve çeşitli elemanların işlevleri ve mevcut malzemelerin ve yöntemin kendisi hakkında yoğun bilgi sahibi olmak gerekir. TIG kaynağı ve elektrik ark kaynağı gibi elle gerçekleştirilen yöntemlere göre gazaltı kaynağında bu oldukça zor bir görevdir. Bunun nedeni, gazaltı kaynağındaki dona-

nımın karmaşık oluşu, çok sayıda değişken olması ve bu değişkenler arasında da ilişkiler bulunmasıdır. Bu aksaklıklar üç sınıfa ayrılabilir (**Tablo-41, 42 ve 43**):

- a) Mekanikle ilgili aksaklıklar
- b) Elektrikle ilgili aksaklıklar
- c) İşletmeyle ilgili aksaklıklar

Tablo-41 Mekanikle İlgili Aksaklıklar

Aksaklığın Tanımı	Nedeni	Giderilmesi
Düzensiz elektrod beslemesi ve geri ergime var.	Elektrod besleme makaralarının basıncı yetersiz.	Ayarla.
	Temas tüpü tıkanmış veya aşınmış.	Değiştir.
	Elektrod bükülmüş.	Düzeltil.
	Torç kablosu dolanmış.	Düzeltil.
	Kılavuz gömleği kirli veya aşınmış.	Değiştir.
	Kılavuz hortumu çok uzun.	Kısalt.
Elektrod, besleme makarasının etrafına dolanıyor.	Besleme makarasının basıncı çok yüksek. Kılavuz gömleği veya temas tüpü hatalı.	Kılavuz gömleğini veya temas tüpünü elektrod çapına göre seç kontrol et ve hizaya getir
	Elektrod veya elektrod kılavuzları besleme makaralarını hizasında değil. Torç içinde veya torç kablosu içinde bir engel var.	Engeli yok et.
Kaynak dikişi aşırı şekilde oksitlenmiş.	Kablolarda veya torçta hava / su sızıntısı	Sızıntıyı kontrol et varsa onar veya yenisiyle değiştir.
	Koruyucu gaz akışı engelleniyor.	Memeyi kontrol et gerekiyorsa temizle.
Kaynak sırasında elektrod beslemesi duruyor.	Besleme makaralarının basıncını kontrol et. Basıncı ya yüksek ya da çok düşük.	Ayarla.
	Elektrod besleme makaraları hizasında değil veya aşınmış.	Hizaya getir veya değiştir.
	Gömlek veya temas tüpü tıkanmış.	Temizle veya değiştir.
Elektrod besleniyor ancak gaz akışı yok.	Gaz silindiri boşalmış.	Değiştir ve kaynaktan önce gaz hattını gazla doldur.
	Gaz silindiri vanası kapalı.	Silindir vanasını aç.
	Gaz debisi ayarlanmamış.	Uygulama için belirtilen değeri ayarla.
	Gaz hattında veya memede bir engel var.	Kontrol et ve temizle.
Kaynak dikişinde gözenek var.	Gaz vana selenoidi çalışmıyor.	Tamir et veya değiştir.
	Gaz silindir vanası kapalı.	Vanayı aç.
	Yetersiz gaz akışı.	Gaz hattındaki ve memedeki engelleri kontrol et veya düzelt.
	Gaz besleme hattında torç dahil sızıntı var.	Özellikle bağlantılardaki koçağı kontrol et ve gider.
Besleme motoru çalışıyor ancak elektrod beslenmiyor.	Besleme makaralarının basıncı yetersiz.	Ayarla.
	Besleme makaraları yanlış seçilmiş.	Elektrod çapına ve tipine uygun makara tak.
	Elektrod makarasında aşırı fren basıncı var.	Fren basıncını azalt.
	Torçta veya kılavuz gömleğinde engel var.	Gömleği veya temas tüpünü temizle veya değiştir.
	Gömlek veya temas tüpü yanlış seçilmiş.	Kontrol et ve doğru boyuttak parçayla değiştir.
Torç aşırı ısınıyor.	Soğutma devresi tıkanmış.	Kontrol et ve düzelt.
	Pompadaki soğutucu seviyesi düşük.	Soğutucu ilave et.
	Su pompası düzgün bir şekilde çalışmıyor.	Kontrol et. Tamir et ya da değiştir.

Tablo-42 Elektrikle İlgili Aksaklıklar

Aksaklığın Tanımı	Nedeni	Giderilmesi
Ark zor tutuşturuluyor.	Yanlış kutuplama. İş parçasının kablo bağlantısı zayıf.	Kutuplamayı kontrol et gerekiyorsa değiştir. İş parçası kablo bağlantısını kuvvetlendir.
Tel beslenmesi düzensiz ve geri ergime var.	Güç devresinde düzensiz değişimler var.	Hat gerilimini kontrol et.
	Yanlış kutuplama.	Kutuplamayı kontrol et. Gerekiyorsa değiştir.
Kaynak kabloları aşırı ısınıyor.	Kablolar çok küçük veya çok uzun.	Akım taşıma kapasitelerini kontrol et gerekirse kabloyu değiştir veya kısalt.
	Kabloların bağlantıları gevşemiş.	Sıkıştır.
Tel besleme hızı kontrol dışı.	Kontrol devresinde kırılmış veya gevşemiş teller var.	Kontrol et ve sıkıştır. Gerekiyorsa tamir et.
	Kontrolördeki PC boardda sorun var.	PC bordu değiştir.
Kararsız ark oluşuyor.	Kablo bağlantıları gevşek.	Bağlantıları sıkıştır.
Elektrod beslenmiyor.	Kontrol devresindeki sigorta atmış.	Sigortayı değiştir.
	Güç ünitesindeki sigorta atmış.	Sigortayı değiştir.
	Torç tetiği hatalı veya eklemeli tellerinde kopma var.	Bağlantıları kontrol et, tetiği değiştir.
	Besleme motoru yanmış.	Kontrol et ve gerekiyorsa değiştir.
Elektrod besleniyor ancak gaz gelmiyor.	Gaz valfi selenoidinde hasar var.	Kontrol et ve gerekiyorsa tamir et.
	Gaz valfi selenodine giden teller gevşemiş veya kopmuş.	Kontrol et ve gerekiyorsa tamir et.
Elektrod besleniyor ancak ark oluşmuyor.	İş parçası elektrik bağlantısı gevşek.	Gevşekse sıkıştır. İş parçasını temizle.
	Kablo bağlantıları gevşek.	Sıkıştır
	Primer kontaktör sargısı veya kontaktör noktaları hatalı.	Tamir et veya değiştir.
	Kontaktörün kontrol bağlantıları kopmuş.	Tamir et veya değiştir.
Kaynak dikişinde gözenek oluşuyor.	Gaz selenoid valfine giden tellerde gevşeme ya da kopma var.	Tamir et veya değiştir.

Tablo-43 İşletmeyle İlgili Aksaklıklar

Aksaklığın Tanımı	Nedeni	Giderilmesi
Karasız ark ve aşırı oksitlenmiş kaynak dikişi	Birleştirme bölgesi kirli.	Temizle.
	Elektrod açısı hatalı.	15° hareket açısı kullan.
	Meme ile iş parçası arasındaki mesafe çok fazla.	Bu mesafe 12-20 mm arasında olmalı, azalt.
	Hava akımı var.	Kaynak alanını hava akımından koru.
	Temas tüpü gaz memesinin merkezinde değil.	Merkezle.
Kaynak dikişinde gözenek var.	Esas metal kirli.	Temizle.
	Elektrod besleme hızı çok yüksek.	Azalt.
	Koruyucu gaz rutubetli.	Gaz silindirini değiştir.
	Elektrod yüzeyi kirli.	Elektrodu temiz tut. Besleyiciye girmeden önce elektrodu temizle.
Elektrod iş parçasına yapıyor.	Elektrod besleme hızı çok yüksek.	Hızı azalt.
	Ark gerilim çok düşük.	Gerilimi arttır.
	Güç ünitesindeki eğim ayarı kısa devre iletimi için çok fazla.	Eğim ayarını yeniden yap.
Aşırı sıçrama var.	Ark gerilim çok yüksek.	Gerilimi azalt.
	Güç ünitesindeki eğim ayarı kısa devre iletimi için yetersiz.	Eğim ayarını arttırır.
	Temas tüpünün ucu memenin çok içerisinde.	Ayarla veya daha uzun bir tüple değiştir.
	Gaz akış hızı çok yüksek.	Azalt.
Kaynak torçu aşırı ısınıyor.	Akım şiddeti torç için çok fazla.	Akımı azalt veya daha yüksek kapasiteli torç kullan.

KAYNAKÇA

- 1) "MIG/MAG Welding Guide for Gas Metal Arc Welding"
Lincoln Electric, (1994)
- 2) "Kaynak Teknolojisinin Esasları"
Gourd, L. M. (çev.: B. Eryürek, O. Bodur, A. Dikicioğlu)
Birsen Yayınevi, (1996)
- 3) "Welding and Brazing"
Metals Handbook, Vol. 6, 8. Edition
ASM, (1971)
- 4) "Welding Processes"
Welding Handbook, Vol. 2, 8. Edition
AWS (1992)
- 5) "The Procedure Handbook of Arc Welding"
Lincoln Electric, (1973)



Kaynak Tekniği Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Yakacıkaltı, Ankara Asfaltı Üzeri, Yanyol, Mermer Sokak, No:16

34876 Kartal / İSTANBUL

Tel : (0216) 377 30 90 - pbx Faks : (0216) 377 00 00

www.askaynak.com.tr