



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ ENSTİTÜSÜ

**SİNERJİK DARBELİ AKIM ÜRETEÇLİ
GAZALTI KAYNAK MAKİNALARINDA
FARKLI KAYNAK PARAMETRELERİ İLE
ELDE EDİLEN KAYNAKLI
BAĞLANTILARIN MİKROYAPI VE
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Yavuz Selim CERAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eylül-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Yavuz Selim CERAN tarafından hazırlanan ‘‘Sinerjik Darbeli Akım Üreteçli Gazaltı Kaynak Makinalarında Farklı Kaynak Parametreleri ile Elde Edilen Kaynaklı Bağlantıların Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi’’ adlı tez çalışması 09/09/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliğı / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Mühendisliğı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. Mustafa Serdar KARAKAŞ

Danışman

Prof. Dr. Mustafa ACARER

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YILDIRIM

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
LEE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Yavuz Selim CERAN

Tarih: 09.09.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİNERJİK DARBELİ AKIM ÜRETEÇLİ GAZALTI KAYNAK MAKİNALARINDA FARKLI KAYNAK PARAMETRELERİ İLE ELDE EDİLEN KAYNAKLI BAĞLANTILARIN MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Yavuz Selim CERAN

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ACARER

2019, 50 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Mustafa ACARER
Doç. Dr. Mustafa Serdar KARAKAŞ
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YILDIRIM

Günümüz sanayisinde sinerjik kontrollü gazaltı kaynak makinaları oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu makinalar; otomotiv, inşaat, beyaz eşya olmak üzere hemen hemen bütün sektörlerde yer almıştır. Üretimde verimlilik ve istenilen kalite standartlarının yakalanması için özellikle kaynaklı üretim sırasında hız, nüfuziyet ve kaynak dikişinin kalitesinin artması büyük önem arz etmektedir. Yüksek tel besleme hızı yakalayabilmek amacıyla yüksek amperlerde metal transferi gerçekleştirilmesi gerekir. Bu durum yüksek ısı girdisine neden olduğu için bazı malzemeler için belirli kalınlıkların altında kısıtlayıcı bir faktör oluşturur. Metal transfer yöntemlerini anlayabilmek ve hangi parametrelerde optimum mekanik özellikler yakalandığını tespit etmek sinerjik kontrollü gazaltı kaynak makinalarında önem ihtiva eder. Sinerjik kontrollü Gazaltı kaynak makinalarının parametrelerindeki değişiklikler ile elde edilen kaynak dikişlerinin geometrisi ve mekanik özelliklerinin mukayesesi bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu çalışmada, farklı ark boyları ve farklı voltajlarda elde edilen kaynaklı bağlantıların makro yapı ve mekanik özellikleri karakterize edilmiştir. Yapılan makro incelemelerde ark boyunun artması ile ergiyik bölgenin genişliğinin ve yüksekliğinin arttığını ve kaynak voltajının değiştirilmesiyle de yine ergiyik bölgenin genişliğinin arttığı ve yanma oluklarının oluştuğu gözlenmiştir. ITAB olarak adlandırılan ısı tesiri altında kalan bölgenin ark boyu ve kaynak voltajına göre değiştiği görülmüştür. Voltajın artması ile birlikte nüfuziyette artış aynı zamanda kaynak dikişi geometrisinin değiştiği göze çarpmıştır. Ark boyu arttıkça kaynak işlemi sırasında sıçramaların arttığı gözlemlenmiştir. Sertlik incelemelerinde kaynak dikişi çizgisine yakın bölgelerdeki sertlik değerlerinin esas metalin sertlik değerlerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çekme testi sonuçları mekanik özelliklerinin seçilen voltaj ve ark uzunluğu parametrelerine göre değişmediğini göstermiştir. Charpy V-çentik darbe deneylerinde oda sıcaklığında ortalama 26 Joule darbe enerjisi tespit edilen numuneler sünek kırılma göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Gazaltı kaynak makinesi, Kaynak parametreleri, Kaynak dikişi, Mekanik özellikler

ABSTRACT

MS THESIS

EFFECT OF DIFFERENT WELDING PARAMETERS ON WELD BEAD GEOMETRY AND MECHANICAL PROPERTIES OF SYNERGIC CONTROLLED MIG/MAG WELDING

Yavuz Selim CERAN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Metallurgy and Materials Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Mustafa ACARER

2019, 50 Pages

Jury

**Prof. Dr. Mustafa ACARER
Assoc. Prof. Dr. Mustafa Serdar KARAKAŞ
Asst. Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM**

In today's industry, synergistic controlled MIG/MAG welding machines are widely used. These machines using; automotive, construction, white goods, almost all sectors. In order to achieve efficiency in production and the desired quality standards, it is of great importance to increase the speed, penetration and quality of the welded seam especially during welded production. Increasing the speed, penetration and quality of the weld seam is of great importance, especially during welded production, in order to achieve production efficiency and desired quality standards. In order to achieve a high wire feed rate, metal transfer must be performed at high amps. This creates a limiting factor below certain thicknesses for some materials as it causes high heat input. Understanding the metal transfer methods and determining which parameters have optimum mechanical properties are important in synergistic controlled gas welding machines. The subject of this study is to compare the geometry and mechanical properties of the welded seams with the changes in the parameters of the synergistic controlled arc welding machines. In this study, macro structure and mechanical properties of welded joints obtained at different arc lengths and different voltages were characterized. In the macro investigations, it was observed that the width and height of the melt region increased with the increase of the arc length and that the width of the melt region increased and the combustion grooves formed by changing the welding voltage. It was found that the area under the influence of heat called HAZ (Heat Affected Zone) changed according to arc length and welding voltage. As the voltage increases, the increase in penetration also changes the weld seam geometry. As the arc length increases, it is observed that the spatter increases during the welding process. In the hardness studies, it was found that the hardness values near the weld seam line were higher than the hardness values of the base metal. The tensile test results showed that the mechanical properties did not change according to the selected voltage and arc length parameters. In the Charpy V-notch impact tests, it was found that the samples with an average of 26 Joule impact energy at room temperature were in the ductile fracture zone.

Keywords: Mechanical properties, MIG/MAG welding, Weld beads, Welding Parameter

ÖNSÖZ

Sanayi sitelerinde kaynaklı üretim konusunda büyük bir kullanım alanına sahip olan gazaltı kaynak makinelerinde çağın teknolojisine uygun birçok yenilik meydana gelmiştir. Sinerjik kaynak makinelerinde oluşan ark karakterinin kaynak geometrisi üzerindeki etkileri üzerine mekanik test ve mikroyapısal gözlemler bu çalışmada kaleme alınmıştır.

Çalışmalarım sürecinde yardımlarını ve deneyimlerini benden esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Mustafa ACARER' e ve yardımlarını, deneyimlerini esirgmeden bana her zaman yardımcı olan Dr. Gökhan ARICI' ya çok teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında görev yapmakta olduğum HÜRSAN HİDROLİK PRES firmasına ve çok değerli çalışma arkadaşlarıma yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Akademik hayatımdaki başarılarıma ışık tutan ve bana yol gösteren merhum babam Dr. Ahmet Şeref CERAN'a, sabır ve sevgisiyle benden desteğini esirgemeyen sevgili annem Fatma CERAN'a ve bana çalışmalarım konusunda maddi, manevi desteğini hiç esirgemeyen kıymetli ağabeyim Mahmut Hüdayi CERAN'a ve tez sırasında manevi desteğini hiç bir zaman eksik etmeyen çok değerli Merve ÇETİN'e tüm kalbimle teşekkür ederim.

Yavuz Selim CERAN

KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Amaç	1
1.2. Literatür Araştırması.....	1
2. GAZALTI ARK KAYNAĞI.....	3
2.1. Gazaltı Kaynak Yöntemlerinin Tarihçesi	3
2.2. Gazaltı Ark Kaynak Yöntemlerinin Sınıflandırılması	6
2.3. MIG/MAG Kaynağı.....	8
2.3.1. MIG/MAG yönteminin çalışma prensibi	9
2.3.2. MIG/MAG kaynak makineleri donanımı	13
2.3.3. MIG/MAG Kaynak Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları.....	17
3. MIG/MAG KAYNAK METODUNDA OLUŞAN TRANSFER TÜRLERİ	18
3.1. Küresel Damlacık Metal Transferi	18
3.2. Kısa Devre Metal Transfer Yöntemi	19
3.3. Eksenel Sprey Metal Transferi	21
3.4. Darbeli (Pulse) Sprey Metal Transferi.....	24
4. ARK KAYNAĞI YÖNTEMLERİNDE KULLANILAN AKIM ÜRETEÇLERİ	26
4.1. Doğru Akım Jeneratörleri	26
4.2. Alternatif Akım Jeneratörleri.....	26
4.3. Sinerjik Darbeli Akım Üreteçleri.....	27
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	28
5.1. Donanım ve Deneyin Yapılışı.....	28
5.1.1. Kaynaklı Numunelerin Hazırlanışı	29
5.1.2. Makroyapı ve mikroyapı numunelerinin hazırlanması	29
5.2 Brinell Sertlik Ölçümleri	30
5.3 Çekme Testleri	30
5.4. Charpy-V Çentikli darbe testleri.....	31
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	32

6.1. Makro ve Mikro Yapı Görüntüleri.....	32
6.2 Çekme Testi Sonuçları.....	36
6.3 Charpy-V Çentikli Darbe Testi Sonuçları	37
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	38
KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	41



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	: Santigrad Derece
O ₂	: Oksijen
CO ₂	: Karbondioksit
Cr-Ni	: Krom Nikel
Ar	: Argon
C	: Karbon
Mn	: Mangan
Si	: Silisyum
P	: Fosfor
S	: Sülfür
Cu	: Bakır
Al	: Alüminyum
Fe	: Demir
V	: Voltaj
J	: Joule
W	: Kaynak dikişi genişliği
d	: Kaynak dikişi uzunluğu
α_a	: Asiküler ferrit
α_w	: Widmanstatten ferrit
Hv	: Vickers sertlik birimi
HB	: Brinel sertlik birimi
HRC	: Rockwell sertlik birimi

Kısaltmalar

MIG/MAG	: Gazaltı Ark Kaynağı
ITAB	: Isı Tesiri Altındaki Bölge
TIG	: Argon Kaynağı
mm	: Milimetre
kg	: Kilogram
kN	: Kilonewton

1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Amaç

Demir ihtiva eden ve demir-dışı malzemelerin kaynağında yaygın şekilde kullanılan MIG/MAG kaynakları akım yüklü dolgu telinin iş parçası ile kontağı esasında oluşan ark sonucu ergiyerek kaynak banyosunu oluşturur ve esas malzeme ile dolgu metalinin birleşmesini sağlar. Elektrottan kaynak banyosuna metal transferi farklı yollarla gerçekleşir. Akım şiddeti elektrotun ucunda oluşan damlacıkların geometrik şekline etki etmektedir. Yüksek akımlarda sprej iletim oluşmaktadır. Sprej iletim ile daha yüksek tel yığıma oranları elde edilerek kaynak iş süresinin azalması ve üretimde verimin artması sağlanır. Ancak çoğu malzemenin yüksek amperlerde oluşan yüksek ısı girdisine karşı toleransı düşük olduğu için uygun kaynak elde edilememektedir. Isı girdisini azaltıp yüksek tel besleme hızını sabit tutmak amacıyla 1960lı yılların ortalarında küresel damlacık transfer ile sprej transfer pozitif özelliklerini birleştiren sinerjik kontrole sahip darbeli akım gazaltı ark kaynağı geliştirilmiştir (Tülbentçi, 1990a). Bu çalışmada sinerjik darbeli akım üreteçli gazaltı kaynak makinelerinde farklı kaynak parametreleri ile elde edilen kaynaklı bağlantıların mikroyapı ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, sanayide kullanılan gazaltı kaynak makinelerinde seçilen parametrelerin istenilen nüfuziyete uygunluğu tartışılarak yüksek kalite değerlerine sahip kaynak dikişlerinin elde edilmesidir.

1.2. Literatür Araştırması

Ueguri ve arkadaşları kaynakta en sık rastlanan hatalardan biri olan sıçrama hatasını engellemek amacıyla en uygun darbe akımı ve darbe süresi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Darbeli akım üreteçli MIG/MAG kaynağında elektrod ucundaki damlanın şekli ve buna etkileyen kuvvetler bu çalışmada temel alınmıştır (Ueguri ve ark., 1985).

French ve Bosworth geleneksel akım üreteçlerine sahip MIG/MAG kaynakları ile darbeli akım üreteçlerine sahip MIG/MAG kaynakları arasında mukayesede bulunmuşlardır (French ve Bosworth, 1995).

Palani ve Murugan kaynak konusunda birçok eserden faydalanarak yapılan çalışmaları derleyerek ulaşılan sonuçları geniş bir yelpazede sunmuşlardır (Palani ve Murugan, 2006).

Praveen ve Yarlagadda alüminyum kaynağındaki hatalar ve karşılaşılan problemleri derlemiş, bunların giderilmesinde MIG/MAG kaynağının faydalarını anlatmışlardır (Praveen ve Yarlagadda, 2005).

Tülbentçi MIG/MAG kaynağının tarihçesi, uygulama alanları, teknik bilgilerini detaylı bir şekilde 1990 yılında kaleme almıştır. 'MIG/MAG Eriyen Elektrod İle Gazaltı Kaynağı' adı ile Gedik Vakfı tarafından derlenen bu kaynakta MIG/MAG kaynağının teorik bilgileri derlenmiştir (Tülbentçi, 1990a).

Rajasekaran ve arkadaşları metal transferi sırasında seçilen farklı parametrelere bağlı olarak değişen ısı girdisi ile erime hızının kopma üzerindeki etkisi üzerine çalışmışlardır (Rajasekaran, 1999).

Anık ve Vural TIG, MIG/MAG kaynaklarını diğer araştırmacıların çalışmalarını detaylı olarak derleyerek 'Gazaltı Ark Kaynağı' adı ile Gedik Eğitim Vakfı aracılığıyla yayımlamışlardır (Anık ve ark., 1993).

2. GAZALTI ARK KAYNAĞI

Gazaltı ark kaynağı; arkı korumakta olan gazın karışımı, türü ve kaynak makinesinin donanımına göre farklılıklar göstermektedir. Gazaltı ark kaynağında yanmakta olan arkı, oksijen ve diğer atomların negatif etkilerinden korumak için koruyucu bir gaz kullanılmaktadır. Koruyucu gazın özelliklerine göre yapılan kaynak teknikleri farklılık göstermektedir.

Gazaltı ark kaynak tekniğinde hem asal hem de aktif gazlar kullanılabilir. Bu sebepten ötürü gazaltı ark kaynağı, Metal Inert (asal) Gaz (MIG) kaynağı ve Metal Aktif Gaz (MAG) kaynağı olarak sınıflandırılır. Nüfuziyet şekli, kaynak dikişinin görünüşü ve sıçrantı hatası oluşumu, kullanılan aktif gaz türünden kaynaklı ergitme kuvvetine bağlı olan Aktif Gaz korumalı metal ark kaynağı, koruyucu gazın türüne göre isimlendirilir. Eğer aktif gaz (CO₂ ve O₂) bileşenleri ihtiva eden argon içeren koruyucu gaz kullanılıyor ise MAG-M kaynağı ve kaynak karbondioksiti olarak adlandırılan CO₂ kullanılıyorsa MAG-C kaynağı ifadeleri ile iki farklı gruba ayrılır (Anık ve ark., 1993).

MIG/MAG ve TIG (Tungsten Inert Gas – Argon Kaynağı) kaynakları, kaynak donanımları ve kaynak teknikleri olarak koruyucu gaz türü dışında kullanılan elektroda ve kaynak makinasına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Düşük alaşımlı çeliklerde ve/veya düşük karbonlu çeliklerde gaz olarak maliyetin düşmesinden dolayı MIG/MAG tercih edilirken yüksek alaşımlı çeliklerde ve ısı girdisinin önem arz ettiği çalışmalarda TIG kaynağı kullanılmaktadır. Günümüzde akım üreteçlerinde gözlemlenen teknolojik gelişmeler ile gazaltı kaynak makinalarında kontrol edilebilen kaynak parametreleri artmıştır. Bu durum yapılacak kaynak işinin uygun, daha kaliteli ve verimli olmasını sağlamıştır.

2.1. Gazaltı Kaynak Yöntemlerinin Tarihçesi

Kaynak bölgesinde oluşan ark ve ergimiş dolgu malzemesini havanın olumsuz etkilerinden korumak amacıyla gazın kullanıldığı kaynak yöntemine gazaltı kaynağı denir. Kaynak işleminin koruyucu bir gaz ile yapılması fikri 1900'lü yıllarda başlamıştır. İlk olarak 1926 senesinde "Alexander" yöntemi ile kaynak banyosu ve kaynak arkı metanol gazı yardımı ile korunmuştur. 1926 senesinde Amerika'da

Weinmann ve Langmuir; hidrojenin koruyucu gaz olarak kullanıp “ark atom” kaynağını bulmuştur.

1928 senesinde oksii-asetilen alevi vasıtasıyla korunan “Arcogen” yöntemi üzerinde çalışılarak geliştirilmiştir. Alexander ve Arcogen kaynak teknikleri şuan kullanılmamaktadır (ANIK ve TÖLBENTÇİ, 1980; Anık, 1991).

1930 yıllarından sonra yapılmış çalışmalar sonucu atmosferin kaynak arkındaki olumsuz etkilerini önlemek için ortam etkilerinden korumak için gaz olarak helyum ve argon benzeri asal gazların, karbondioksit gibi aktif gazların koruyucu olarak kullanılması başlamıştır (ANIK ve TÖLBENTÇİ, 1980).

Yine 1930 senesinde Amerika Birleşik Devletleri’nde Hobart ve Devers ikilisi asal gazların koruyucu gaz olarak kullanılması konusunda fikri ve sınai mülkiyet hakkı almış 1940 senesinde de “Norttop Aircraft Company Inc.” firması, havacılık ve uzay sanayisinde magnezyum ve magnezyum alaşımlarının kaynağında asal gazları koruyucu gaz olarak kullanmıştır. Burada, ilk olarak helyum gazı kullanılmış, 1942 senesinde “Linde Air Products Company Union Carbide and Carbon Corporation” laboratuvarlarında helyum ve argon gazları koruyucu gaz olarak görevi üstlenerek ısı toleransı düşük metallerin ve yüksek alaşımlı metallerin kaynak işlemi yapılmıştır (Anık, 1991).

Tungsten Inert Gas (TIG) kaynağında uç olarak erimeyen tungsten elektrod kullanılır ve tel el ile oluşan arka manuel olarak sürölür. Sanayide bu yöntemin hızlanması ve iş süresinin azalması amacıyla telin otomatik beslenmesi ile MIG/MAG kaynağı geliştirilmiştir. TIG kaynağında manuel olarak tel beslemesi yapılan kaynak işinin yavaş olmasına neden olmaktadır. Bu durumun avantajı ise kaynak yapılacak iş parçasının daha az ısı girdisine maruz kalmasıdır. İnce parçalarda genellikle TIG kaynağı kullanılmaktadır. Kalın iş parçalarında ise kaynak hızının artırılması için MIG/MAG yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde tel otomatik olarak beslenmekte fakat ısı girdisi kaynak banyosuna sürülen telin daha fazla olmasından dolayı yükselmektedir (Muzafferoğlu, 2008).

İlk zamanlarında MIG/MAG kaynağı yüksek amper ile otomatik olarak tel beslenen ince çaplara sahip alüminyum tellerin asal gaz ile korunmasıyla yapılmıştır. Asal koruma gazı kullanılması nedeniyle bu ark kaynağına İngilizce’de ‘Metal Inert Gas’ kaynağı adı verilmiş olup MIG olarak kısaltılarak ifade edilse de bu adlandırma çok doğru sayılmamaktadır. Bu çalışmalar ışığında asal koruma gazlarının karbon

çeliklerinde kullanılması, gaz korumalı metal ark kaynağı veya eriyen elektrotla gazaltı kaynak tekniklerinin oluşmasında altyapı oluşturmuştur (Muzafferoğlu, 2008).

Sanayide kullanılması ve üzerinde yapılan sayısız çalışma ile MIG/MAG kaynağı teknik olarak her geçen gün daha çok gelişmektedir.

Bu çalışmalar arasında güç kaynaklarındaki teknik ilerlemeler ve yükseliş ile tel elektrod ve koruyucu gazlar üzerinde yapılan çalışmalara paralel olarak tel sürme teknolojisindeki gelişmeler de bulunmaktadır (Muzafferoğlu, 2008).

Asal gazların yerine karbondioksit gibi aktif gazların ark kaynak tekniğinde koruyucu gaz olarak kullanılması 1950'lerde başlamıştır (Anık, 1991). 1950'lerin başında Lyubavshkii ve Novoshilov'un çalışması metal ark kaynak teniğinin aktif bir gaz olan karbondioksitle korunması ile çelik dolgu malzemeli elektrotlarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmış, asal gazların yerine düşük karbonlu çeliklerde tercih edilmeye başlanmıştır. Fakat sıçrantı hatası ve yüksek ısı girdisi nedeniyle bu tercih hızlı bir ivme kazanamamıştır (Muzafferoğlu, 2008).

1950'lerin sonlarından itibaren güç kaynaklarında yapılan gelişmeler ve 0,9 mm ile 1,6 mm çapları arasındaki elektrotların ortaya çıkışından sonra kısa devre metal transferi olarak tanımlanan yeni bir seçimin kullanılmasına ortam oluşturmuştur. Bu gelişme ince metallerde ısı girdisinin azalması ve her pozisyona uygun kaynak yapılmasına imkan tanımıştır (Muzafferoğlu, 2008).

1960 senesinden itibaren güç kaynaklarındaki teknolojik ilerlemeler sayesinde MIG/MAG kaynak makinalarında darbeli sprej olarak adlandırılan mod ortaya çıkmıştır. Darbeli sprej transferi fikri 1950 senesinde ortaya çıkmış ve yüksek enerjiye sahip pik akımından düşük enerjiye sahip temel akımına yüksek hızla geçişi sağlaması gereken bir transfer düşüncesi idi. Bu düşüncenin ortaya çıkış nedeni sıçrantı hatasının azaltılması ve tam olmayan ergime hatalarını önlemektir. Darbeli ark kaynağı, eksenel sprej transferinin temiz, sıçrama hatası daha az, yüksek ergimeli kaynak dikişleri ile düşük ısı girdisinin birleşmiş halidir. MIG/MAG kaynak türünde kullanılan darbeli akım ile sağlanan düşük akım ile pozisyondan bağımsız kısa devre transfer türüne göre yüksek kaynak kalitesi elde edilmiştir (Muzafferoğlu, 2008).

1970 senelerinde güç kaynakları üzerine yapılan denemeler sonucunda MIG/MAG kaynak yapılma süresinin özellikle de darbeli akımla MIG/MAG kaynağının teknolojik gelişimi hızlandırmıştır. Aynı yıllarda ilk tristör güç üniteleri impulsu akımla gazaltı kaynağı ile birleşmesi sağlanmıştır. Birleşik Krallık Kaynak Enstitüsü (TWI),

darbe frekansı ve tel sürme hızı arasında doğru orantılı olarak ilişkinin kurulmasına olanak sağlamıştır. Bu matematiksel ilişkinin temelinde ortaya çıkan sistem, yeni nesil Sinerjik kontrollü güç üniteleri için çok önemli bir zemin oluşturmuştur. Teknolojik olarak geliştirilen yüksek hıza sahip elektronik işlem gücü kaynak teorisi ile sahadaki kaynak işleminin paralellliğini arttırmıştır. Bu gelişmeleri anlatan yeni bir kavram olan “Sinerjik” kavramıdır. Sinerjik, tek tuş ile tüm değişkenlerin kontrolü anlamına gelir, yani kaynakçı tel sürme hızını yükseltir veya düşürürse önceden belirlenen impulsu enerji otomatik olarak arkta değişikliği sağlar. Sinerjik güç üniteleri impulsu akımla gazaltı kaynak tekniğini kullanılabilir hale getirmiştir. Optimum kaynak nüfuziyeti, optimum tel yığıma hızı, optimum kaynak dikişi yüksekliği daha kolay bir şekilde ayarlanabilir, ayarlanan bir parametre, ilişkili olduğu diğer parametreleri optimum duruma getirmektedir. Bu yüzden işe başlarken kaynakçının verimi artmış, yani bun bağlı olarak kaynak işinin kalitesi de artmıştır. 1990 senelerinde kaynak makinalarında kullanılan güç kaynaklarındaki teknolojik gelişmelere bağlı çalışmalar ise artmıştır (Muzafferoglu, 2008).

Günümüzde, farklı asal gazların karışımları ile aktif gazların harmanlanması ile oluşturulan karışım gazların kullanıldığı donanımları aynı, fakat koruyucu gaz olarak kullanılan gaz karışımları farklı olan çok çeşitli kaynak teknikleri bulunmaktadır.

2.2. Gazaltı Ark Kaynak Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Gazaltı ark kaynak yöntemlerini farklı parametrelere göre kategorilendirmek mümkündür. Elektrod türü, koruyucu gaz türü ve oluşan ark türüne göre kategorilendirme yapılmıştır. İlk kategori, elektrod sınıfı baz alınarak hazırlanmıştır. Burada elektrod türleri, eriyen ve erimeyen elektrod olarak sınıflandırılabilir. Erimeyen elektrodlar tungstentten yapıldığı için bu yönteme ‘Gazaltı Tungsten Ark Kaynağı (GTAK)’ şeklinde isimlendirilmiştir. Eriyen elektrodlar ise hem dolgu metali hem ark taşıyıcı olarak görev yaptıklarından dolayı bu tür kaynaklara ‘Gazaltı Metal Ark Kaynağı (GMAK)’ şeklinde isim verilmiştir (Anık ve ark., 1993).

GTAK ve GMAK olarak isimlendirilen bu iki ana başlığın alt kategorileri, koruyucu olarak kullanılan gaz türüne göre belirlenmiştir. Gazaltı Tungsten Ark Kaynağında yapılan kaynak işine göre bazen Argon-Hidrojen gaz karışımları, ancak çoğunlukla da asal gazlar kullanılabilir. İnert kelimesi Grekçede ‘reaksiyon

vermeyen' anlamına gelmektedir. Bütün asal gazlar bu grubun üyesidir. Yüksek sıcaklık değerlerinde diğer maddelerle reaksiyon vermezler aynı zamanda, kaynak esnasında da bu özelliklerini korurlar. Bahsi geçen inert gazların tamamı, Plazma Kaynak yönteminde kullanılırken, Tungsten Inert Gaz korumalı kaynak metodunda bunlardan sadece helyum, argon veya ikisinin belirli oranlarda karışımından oluşan bir karışım gaz kullanılmaktadır. Hidrojen gaz korumalı tungsten kaynağında (THK) ise kaynak işlemi sırasında arkın atmosfer ortamından korunması için hidrojen gazı kullanılabilir. Ark türlerine göre sınıflandırıldığında plazma ark, plazma ark kaynağı (PAK) plazma huzme kaynağı (PHK), ve iki türün karışımı olan plazma huzme-plazma ark kaynağı (PHAK) olarak alt gruplar oluşturulabilir (Anık ve ark., 1993).

Gazaltı metal ark kaynak yönteminde asal ve aktif gazlar kullanılmaktadır. Bu yüzden gazaltı metal ark kaynağı yönteminde, Metal Inert Gaz kaynak yöntemi ve Metal Aktif Gaz kaynağı yöntemi olarak sınıflandırılır. Metal Aktif Gaz kaynağı nüfuziyet özellikleri, sıçranta hatası oluşumu ve dikiş geometrisi yönünden koruyucu gazın ergitme gücüne bağlıdır. Koruyucu olarak kullanılan gazın türüne göre, eğer aktif gaz bileşenlerinden oluşan ve yüksek oranda argon içeren bir koruyucu gaz kullanılmaktaysa MAG-M kaynağı ismini alır. Eğer Metal Aktif Gaz kaynağı koruyucu olarak karbondioksit kullanılıyorsa MAG-C kaynağı kısaltması ile alt sınıflara ayrılır (Anık ve ark., 1993).

Ark türüne göre de sınıflandırma yapılabilmektedir. Arkın yanma türü, kısa devre yapma eğilimine ve malzeme transfer seçimi baz alınarak belirlenebilmektedir. Ancak bazı ark türleri kaynak türünden bağlıdır. Malzeme geçiş biçimleri, bütün gaz korumalı metal ark kaynak yöntemlerinde, optimum akım gücü ve buna bağlı ark gerilimi ile ayarlanır. Bu da sonuç olarak koruyucu gazın türüne göre kısa devre frekansı ve damlacık büyüklüğü değerleri ile belirlenir (Anık ve ark., 1993).

Puls ark türü, puls kaynak makinalarında, puls yüksekliği ve puls frekansı ile ayarlanabilmektedir. Ama istenen etkinin görülmesi için uygun koruyucu gaz kullanılması gerekmektedir. Bu durumdan dolayı puls ark türü sadece asal gazların kullanıldığı gaz altı metal ark yöntemlerinde kullanılabilir. Akım pulsu başka bir teknik olaydır. Tungsten inert gaz kaynak metodunda ve spesifik durumlarda plazma ark kaynak yönteminde de uygulanabilmektedir (Anık ve ark., 1993).

Sprey ark ve uzun ark parametreleri, yalnızca koruyucu gazın cinsine bağlıdır. MIG kaynak metodunda ve argon oranı yüksek karışım gazlarının koruyucu olarak

kullanıldığı asal gazla yapılan kaynaklarda, yüksek akım şiddeti içeren bir sprej ark elde edilirken, karbondioksit veya karbondioksit oranı yüksek aktif gaz karışımlarında bu tekniğin kullanılması halinde uzun ark oluşumu gözlemlenmiştir.

Uygulamada karışık olarak adlandırılan mix ark veya ara ark olarak adlandırılan bir ark türü daha vardır. Orta boy olarak da bilinen bu ark, aslında kaynak makinesi üzerindeki ayar parametrelerine bağlı olarak değişir ve damlacık büyüklüğü anlamında kısa devreye meyilli olduğu için kısa ark ve sprej ark arasında yer almaktadır (Anık ve ark., 1993).

2.3. MIG/MAG Kaynağı

MIG kaynağının gelişim şeması, 1947 senesinde ABD'de ilk satın alınabilir kaynak makinalarının üretilip piyasaya sürülmesiyle birlikte başlamıştır. O senelerde yöntem Inert Gaz korumalı Metal Ark Kaynağı İngilizce adı ile S.I.G.M.A (Shielded Inert Gas Metal Arc) olarak adlandırılmaktadır. Bugünkü MIG kaynak metodu ile aynı anlamda kullanılmakta idi. Karbondioksitin arkı koruması için koruyucu gaz görevi ilk olarak Rusya'da 1952 senesinde denenmiş ve bugünkü MAG kaynağının temelleri atılmıştır. Argon gazı o sıralarda çok maliyetli bir gaz olduğu için bu yöntem ilk defa alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılmıştır.

Karbondioksit altında kaynaktaki sıçrama oluşumu engellemesi için kaynaktaki kısa ark tekniği geliştirilmiştir. Gazaltı Metal Ark Kaynağında daha sonra gelişen kısa ark tekniği, karbondioksit altında da hemen hemen hiç sıçrama hatası olmayacak şekilde kaynak yapılmasını sağlamıştır. Özellikle ince malzemelerin kaynaklanması, kök kaynağındaki kaynak dikişlerinin kaynağı ve zor kaynak pozisyonlardaki kaynak dikişleri için kullanılabilir hale getirilmiştir.

Argon gazı satış fiyatlarının 1960 senelerinde düşmesi ile birlikte koruyucu karışım gazları ilk defa sanayi alanında kullanılmaya başlanmıştır. Saf karbondioksit gazına oranla yüksek maliyetli olmasına rağmen karışım gazlar teknik anlamda çok geliştirilmiş ve şuan itibari ile MAG kaynak yönteminde kullanılmakta olan koruyucu gazların neredeyse %80'i karışım gaz haline gelmiştir (Anık ve ark., 1993).

Bilinmekte olan bütün ergitme kaynak metotları kullanılarak birleştirilmiş olan kaynak dikişleri arasında gazaltı metal ark kaynak tekniği ile yapılan kaynak işi,

tamamın % 70'lik bölümünü oluşturmaktadır ve teknik gelişimini bu şekilde sürdürmektedir (Anık ve ark., 1993).

2.3.1. MIG/MAG yönteminin çalışma prensibi

MIG/MAG Kaynak yönteminde ark, sürekli beslenen dolgu teli ile iş parçası arasında oluşur. Arkı koruyan gaz asal bir gaz olursa MIG kaynağı, koruyucu gaz aktif bir gaz olarak seçilirse MAG kaynağı oluşur (Anık ve ark., 1993).

MIG kaynağının yapılışı kolaydır, operatör asla zorlukla yaşamaz; şase kablosu kaynak yapılacak iş parçasına bağlanır, torç ucundaki tel elektrodu kaynak yapılacak iş parçasına dokunmasıyla ark oluşur, sistem için gerekli ark boyunu otomatik şekilde sabit tutmaktadır.

Uygulama kolaylığı ve parametrelerinin kolay ayarlanmasından dolayı bütün metal ve alaşımlarının kaynağında en çok tercih edilen aranılan bir kaynak yöntemi halini alan gazaltı kaynak yönteminin alaşımsız ve az alaşımlı çelikler için kullanım alanı bulamamasına asal gazın pahalılığı neden olmuştur (Tülbentçi, 1990b).

Düşük karbon oranına sahip ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında örtülü elektrodla kaynak yapılırken örtülü elektrodun yanması ile oluşan karbondioksitin arkı koruması mantığı ile karbondioksitin koruyucu gaz olarak kullanılması düşünülmüştür. Fakat bu denemeler neticesinde kaynakta çok fazla sıçrıntı ve porozite hatası görülmüştür. Araştırmalar bu sorunun nedeninin kullanılan karbondioksitin safsızlığının ve içerdiği nemin neden olduğunu göstermektedir (Tülbentçi, 1990b).

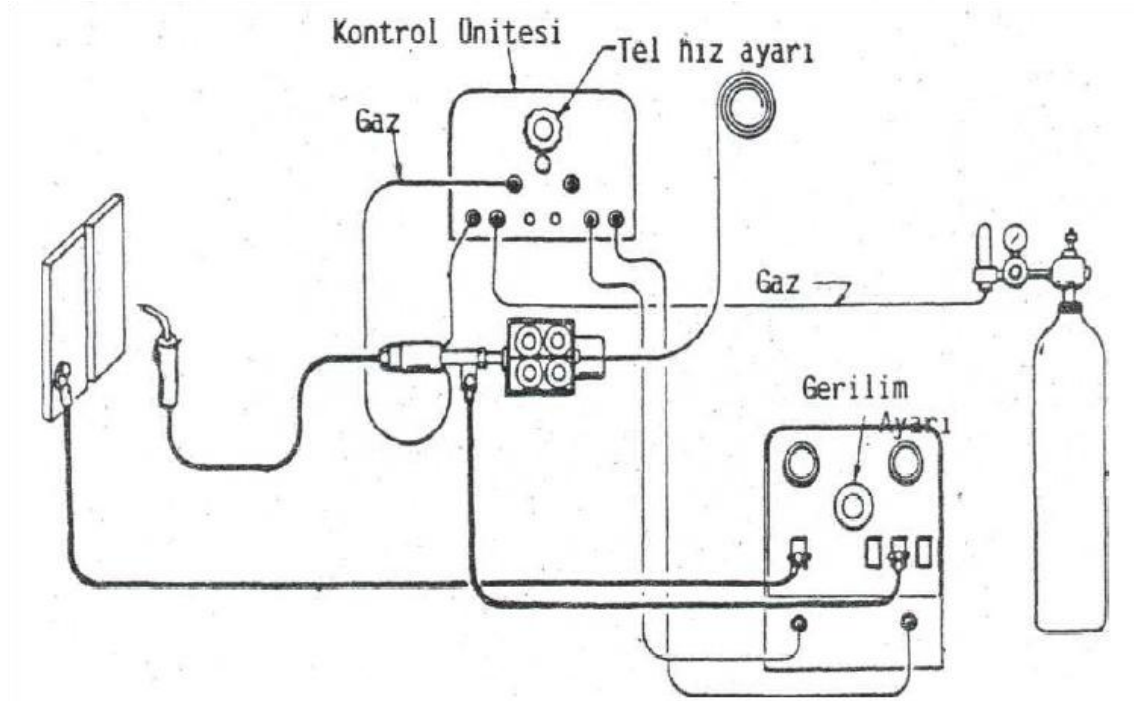
Kısa devre durumuna alınmış bir makinede, akımı belirli sınırlarda tutan reaktans içeren akım üreteçleri üzerinde çalışılarak, ark boyu kısa olan kaynak parametreleri ile yapılan kaynak dikişlerinde sıçrıntı en aza indirgenmiştir; bir diğer önemli gelişme ise çapı ince elektrod kullanma fırsatı sağlamıştır. Elektrodun akım yoğunluğu arttırılmış ama açığa çıkan ısı azaltılmıştır. Akım yoğunluğunun yükselmesi, arkı kararlı bir şekilde istenilen doğrultuda kontrollü olarak doğrultulabilir hale getirmiş ve bu nedenle de tüm kaynak pozisyonlarında kaynak yapabilme avantajı sağlamıştır.

Günümüzde gereken durumlarda, arkı stabilize etmek, sıçrama hatasını azaltmak için karbondioksite argon ilave edilerek kullanılmaktadır; gazların karışım oranı % 75'i argon olacak şekilde yükseklenmektedir. Bu yöntemdeki diğer gelişme ise farklı oranlarda karışıma sahip koruyucu gazlar kullanılmasına izin veren sprey ark yönteminin bulunuyor olmasıdır. Argon içine düşük oranlarda oksijen gazı ekleyerek

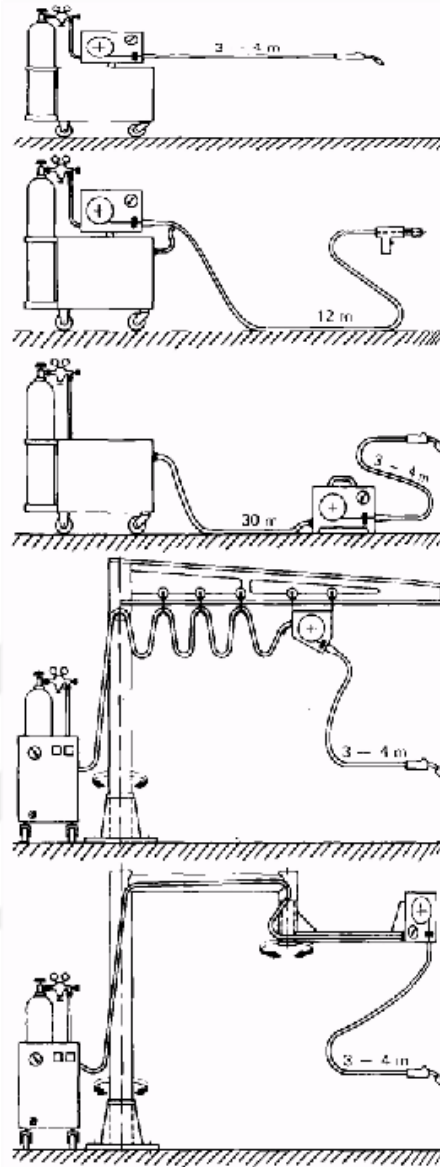
çelik kaynağında spray ark yönteminin uygulanması ile kalın çaplardaki elektrodlarla bütün kaynak pozisyonlarında çalışılabilmekte ve düzgün kaynak dikişleri elde edilmektedir (ANIK ve TÛLBENTÇİ, 1980).

Son zamanlarda teknik olarak geliştirilen, darbeli akım ile gazaltı kaynak yönteminde, kaynak akımı, ayarlanabilir frekansta alt ve üst değerler arasında değiştirilerek iş parçasında oluşan ısı girdisi minimumda tutularak, özellikle ince cidarlı iş parçalarında çarpılmanın önüne geçilmiştir.

Yapılan araştırmalar ve teknolojik gelişmeler sonucunda MIG/MAG kaynak teknikleri her pozisyonda ve istenilen parametrelerde kaynak yapabilme avantajı sağlayarak sanayi alanında çok geniş yelpazede kullanım sahasına yayılmıştır.



Şekil 2.1 MIG/MAG Kaynak Donanımı Blok Şeması (Cary, 1989; Tülbentçi, Kaluç, 2004)



Şekil 2.2 Çeşitli MIG/MAG Kaynak Donanımları (Tülbentçi, 1990a)

Bir MIG kaynak donanımı şu kısımlardan oluşur:

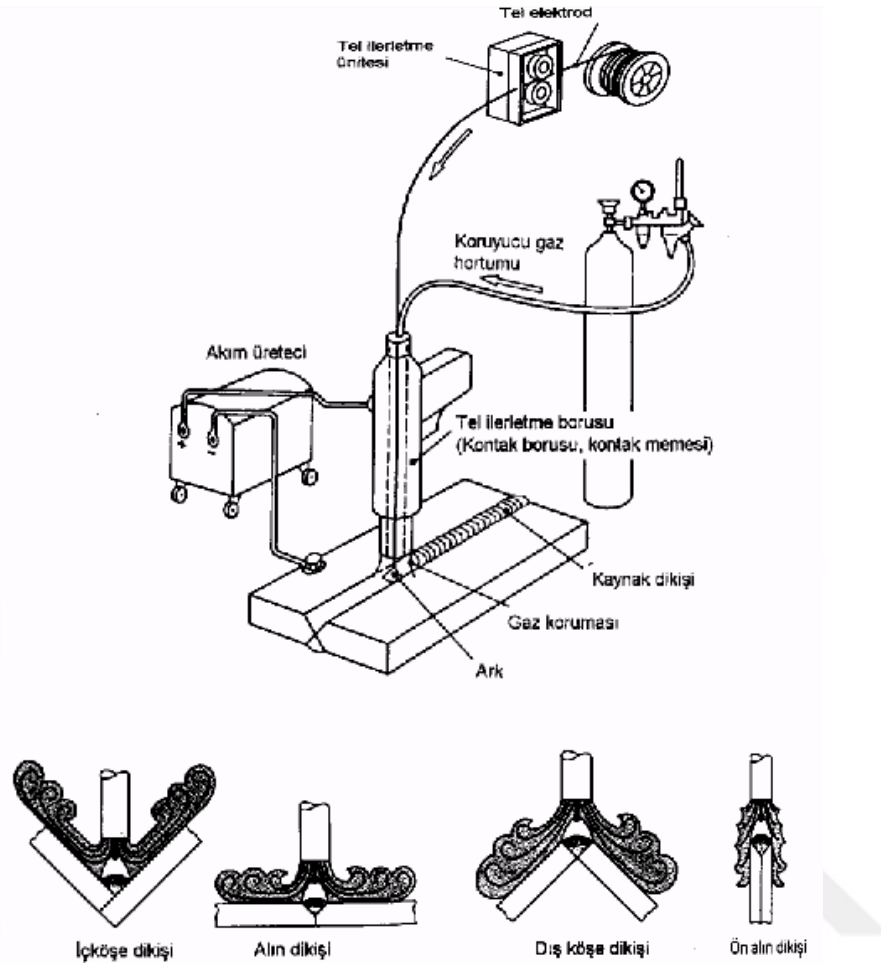
- 1- Sürekli sürülen telin iş parçasına dokunarak ark oluşmasını sağlayan kaynak torcu.
- 2- Torcun soğutma sıvılarını taşıyan hortumları, koruyucu gazı nozula ileten horumu, tel elektrodu torca taşıyan spirali, kaynak şalter kablosunu bir arada tutan torç bağlantı paketi.
- 3- Elektrodu ileri süren, hareket sağlayan tertibat.
- 4- Tel sürme ünitesi.
- 5- Kaynak akım üretici ve üretici koruyucu tertibat.

6- Basınç düşürme ventiline sahip, gaz debisini ölçen tertibatı bulunan koruyucu gaz tüpü bulunmaktadır (ANIK ve TÜLBENTÇİ, 1980).

Eriyen metal elektrodla karbondioksit gibi aktif bir gaz veya argon ve karbondioksit karışımı gazların koruması ile yapılan, gazaltı kaynak yöntemidir. MAG kısaltması “Metal Active Gas” İngilizce ifadesinin baş harflerinden oluşmuştur. MAG kaynak tekniğinin, MIG’ten tek farkı, kullanılan koruyucu gaz seçiminde karbondioksit gibi aktif gazların olduğu tüplerin kullanılmasıdır. Bu sebepten ötürü MIG kaynak donanım ve tertibatı ile MAG kaynak donanım ve tertibatı aynıdır (ANIK ve TÜLBENTÇİ, 1980).

Kaynak makinesinin donanımı ikisinde de aynı olmasına karşılık kullanılacak koruma gazı farklılığı nedeniyle gaz tüpleri ve bu tüplerdeki basınç kontrolleri değişiklik göstermektedir.

MAG kaynağında ters kutuplama ve doğru akım yapılır. Erime gücü, akım şiddetiyle orantılı olarak değişir. MAG kaynak tekniğinde, kısa ark boyu kullanılır. Ark boyu, 1 - 2 mm arasında değişmektedir. Kaynak torcu, parçaya dik olarak pozisyon alınır. Ark boyunun yüksek olması halinde, ark gerektiği kadar atmosferden korunamaz ve dikiş içerisine hava girerek gözeneklere sebep olur. Kaynak işlemi otomatik olarak veya el ile manuel olarak yapılabilir. El ile yapılması halinde, tüm pozisyonlarda kaynak işi yapılabilir. Otomatik olarak yapılan MAG kaynaklarında, nüfuziyeti derin ve hatasız kaynak dikişleri elde edilmektedir (ANIK ve TÜLBENTÇİ, 1980).



Şekil 2.3 MIG/MAG Kaynağının Prensip Şeması (Anık ve ark., 1993)

2.3.2. MIG/MAG kaynak makineleri donanımı

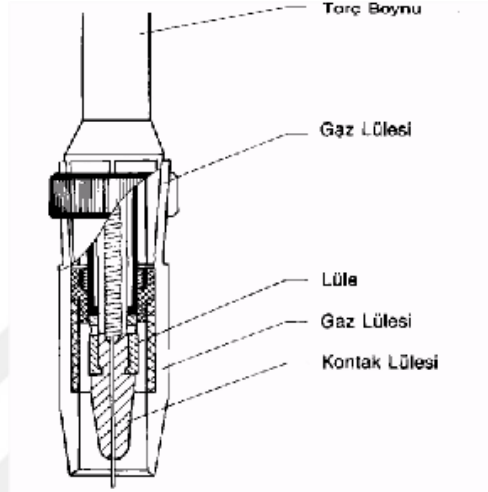
2.3.2.1. Kaynak torcu

MIG-MAG kaynak metodunda tel şeklindeki elektroda akımın aktarılması ve arkın yandığı bölgeye koruyucu gazların iletilmesi torcun en önemli görevidir (ANIK ve TÜLBENTÇİ, 1980). Kaynakçının kaynaktaki ısıdan minimum seviyede etkilenmesini düşünerek farklı torç tasarımları yapılmıştır. Kaynakçının zorlanmadan kullanabileceği tetik sistemleri ve dar açılarda çalışmalarını sağlayacağı boyun tipleri geliştirilmiştir.

MIG - MAG kaynak yönteminde tel şeklindeki elektrod sürekli olarak ilerlediğinden dolayı tel elektrota elektrik iletimi hareketli kontak ile sağlanır. Kaynak teli torcu terk etmeden önce bakır bir kontak lülesi içinden geçerek kaynak akımı ile yüklenir; kontak lülesine ek olarak, torcun uç kısmında nozul olarak adlandırılan bir gaz

lulesi bulunur ve bu lüle sayesinde, koruyucu gaz akımı kaynak bölgesine sevk edilir (ANIK ve TLBENTI, 1980).

Kontak lülesinin ısıdan daha az etkilenmesi için gaz nozulları sıvı ve hava soğutmalı olarak birbirinden farklı tiplerde tasarım yapılmıştır. Sinerjik makinelerde sıvı soğutmalı nozullarda, nozulun içerisindeki kanallar vasıtasıyla yüksek debili sıvı dolanmaktadır.



Şekil 2.4 Kaynak Torcu Şematiği (Tülbentçi, 1990a)

Ark sıcaklığından etkilenen torcun çalışma kararlılığını sağlayabilmek için belirli bir sıcaklığın üstüne ıkmmaması gerekmektedir. Düşük akımlarda gazın oluşturduğu akım torcun soğuması için yeterlidir. Ama kalın elektrodların, yani 250 amper ve üstü yüksek akım şiddetlerinin kullanılması su ile soğutma sistemine gerek duyulmaktadır. Düşük akım şiddetlerinde bile su ile soğutma çok daha iyi bir soğutma sağlasa da, uygulamada sıvı soğutmalı torların bakım ve tamir masraflarının yüksek olması nedeniyle tercih edilmemektedir.

Arkta oluşan yüksek ısıdan en fazla etkilenen torç parçaları gaz ve kontak llesidir. Arkın oluştuğu kısa mesafe içerisinde kontak alan tel ile birlikte kaynak dikişindeki kaynak banyosuna en yakın ve sıçramalara da maruz kalan kontak llesidir.

Yüksek sıcaklık aşınmayı arttırır tel elektrodun geçtiği kontak lülesi deliğinin büyümesine ve bundan dolayı tel elektroda elektrik iletiminin zorlanmasına neden olur. Uygulamada, akım şiddetinin üst seviye sınırlarında çalışılması halinde, kısa bir süre içerisinde tel ilerleme hızında düzensizlikler görülmeye başlar. Bu olay temastaki düzensizlik yüzünden meydana geldiği için, arkın kararlılığını kaybetmesine, kaynak dikişinin de kalitesinin azalmasına yol açmaktadır. Uygun akım şiddetlerinde de eğer

ısıyınma ortaya çıkıyor ise, kontak lülesinin montajına dikkat etmek önemlidir; lüledeki sıcaklığın geriye iletilmesi bağlantı soketinin tam yerine oturmaması veya temas yüzeylerinde yabancı madde ve kirlilik bulunması nedeni ile önlenmiş olabilir (ANIK ve TLBENTİ, 1980).

Genel olarak kontak lülesinin ısıyınmasının önüne geçilmesi, gaz nozulunun gaz ve sıvı kanallarının temiz olması, birbirine iyi montaj yapılmış gaz dağıtıcı ve kontak lülesi kararlı bir ark ve iyi korunan bir ark bölgesi oluşturarak kaynağın en verimli şekilde yapılmasını sağlamaktadır.

2.3.2.2. Tor bağlantı seti

Kaynak makinasından çıkararak iş parçasına kadar dolgu telinin ilerlemesini sağlayan spirali, soğutma sıvılarının geçtiği hortumları, gaz nozuluna kadar gazın ilerlemesini sağlayan hortumu içinde barındıran paket torç bağlantı seti veya paketi olarak isimlendirilir (ANIK ve TLBENTİ, 1980).

Kaynak dolgu malzemesi olarak kullanılan telin kırılmaması, belli bir doğrultuyla ilerlemesi amacıyla dizayn edilmiş olan bu paketin içindeki gaz koruma ve sıvı soğutma hortumlarını dış etkenlerden koruma amacı da aranmaktadır.

Kullanılan dolgu telinin malzemesine göre farklı türde kılavuzlar kullanılır; bunlara spiral adı verilir. Kılavuz, tel besleme ünitesinden kontak lülesine kadar tel elektrodun taşınmasını sağlar; alüminyum ve alaşımları, Cr-Ni paslanmaz çelikler için plastik hortum, alaşımsız ve alaşımlı elik elektrodlar için ise elik spiral şeklinde yapılmış kılavuzlar kullanılır. Kullanılan kılavuz hortumun çapı, elektrod çapına uygun olarak seçilir; uygulamada genellikle her kılavuz ile ancak iki birbirine yakın çaptaki teller için kullanılabilir (ANIK ve TLBENTİ, 1980).

Torch paketleri standart boylarda üretilmektedir. Çok uzun bağlantı paketlerinde istenilen akımın tam anlamıyla aktarılamaması ve akım kararlılığının bozulması gibi durumlar yaşanmaktadır.

2.3.3. MIG/MAG Kaynak Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

MIG/MAG kaynak metodu metal ve alaşımları için düşük maliyetle çok yüksek kalitede kaynak dikişi yapabilme özelliğine sahip olması, istenilen durumda kaynak yapılabilmesi gibi durumlardan dolayı çok geniş kullanım yelpazesine sahiptir. MIG/MAG kaynak tekniğinin birçok avantajı bulunmaktadır. Bu metot çok çeşitli malzemeleri yani demir esaslı veya demir dışı birçok malzemeyi kaynak edebilme potansiyeline sahiptir. Kolay erişilebilme özelliği ve donanımının ergonomik olması ile bütün pozisyonlarda kaynak yapabilme kabiliyeti sağlayarak yüksek verimliliği ile göz doldurmaktadır. Yığılan kaynak dolgu metalinin birim uzunluğu maliyeti düşük diğer yöntemlere göre daha az maliyet oluşturmaktadır. Kaynak dikişi görseli diğer yöntemler ile mukayese edildiğinde çok daha estetikdir ve kaynak işlemi sonrası kaynak dikişinin temizlik gerektirmemesi ve pasolar arası temizlik ihtiyacı olmadığı için ise maliyeti düşüren diğer bir faktör olarak görülmektedir. Diğer kaynak teknikleriyle mukayese edildiğinde çok daha düşük kaynak dumanı ve sıçranta, daha düşük bir ısı girdisi ve kaynakçıya daha kolay bir teknik olarak görüldüğü için en çok tercih nedenidir. Günümüzde robotlara çok kolay bir şekilde entegre edilebilen MIG/MAG kaynak metodu yüksek hızda otomatik kaynak işi yapabilmekte, yarı otomatik ve manuel olarak da kullanılabilir. Hidrojen çatlağına neden olabilecek hidrojen miktarı 100g metal için yaklaşık 5mL'dir. MIG/MAG kaynak metodu diğer metotlara göre bu konuda avantajlıdır (Muzafferoğlu, 2008).

Bütün kaynak metotlarında olduğu gibi Gazaltı kaynak metodunda da avantajların yanı sıra dezavantajlar bulunmaktadır. Bu dezavantajlar genellikle sprey transfer yöntemi sırasındaki yüksek ısı girdisi yüzünden ince metallerde kullanımın sınırlandırılması ve pozisyonun sadece yatay olmasına neden olur. Bir başka dezavantaj ise darbeli transfer modunda argon ihtiva eden korucu gazların karbondioksit gazından daha maliyetli olmasıdır (Muzafferoğlu, 2008).

3. MIG/MAG KAYNAK METODUNDA OLUŞAN TRANSFER TÜRLERİ

Ark kaynağı sırasında damlacık transfer türü nüfuziyet başta olmak üzere kaynak bölgesinin geometrisi ve istenilen makro yapının oluşması için çok büyük önem taşımaktadır.

MIG/MAG kaynak metodunda bulunan darbeli akımla damlacık transfer modu kaynak voltajı ve kaynak akımı dışında darbe parametrelerinden de etkilenmektedir (Subramaniam ve ark., 1998).

Ergiyen metalin ark üzerinden kaynak iş parçasına transferi sırasında almış olduğu geometrik yapı ve transfer türü kaynak banyosunun kararlılığı, kaynak hatalarının minimuma indirilebilmesi, istenilen nüfuziyet ve içyapı için büyük önem teşkil eder.

3.1. Küresel Damlacık Metal Transferi

Bu metal transfer yöntemi kısa devreler ile oluşan ergimiş metal damlacıklarının yerçekimi etkisi ile iri damlara şeklinde kaynak banyosuna yığılan bir transfer yöntemi olarak bilinmektedir. İri damlacıklar farklı boyutlarda ve düzensizdir. MIG/MAG kaynak metodunda kısa devrenin oluşturduğu transfer yerçekimi etkisiyle ergimiş metalin küreselleşerek küresel transferin başladığı bir geçiş bölgesine sahiptir. Damlacıkların yukarı doğru savrulma hareketi aslında katottaki kuvvetler tarafından oluşmaktadır. Bu harekete neden olan en önemli kuvvetler anot reaksiyon kuvveti ve elektromanyetik büzme kuvveti olarak kabul edilir. Ark ergimiş damla yüzeyinden metal iş parçasına doğru hareket etmektedir. Bunun sebebi ise anot reaksiyon kuvvetinin damlayı elektrottan ayrılmasını önleme gibi bir eğilim içerisindedir.

Sürekli beslenen elektrod teli, iş parçasına dokunup kısa devrene yapana kadar ya da yerçekimi etkisiyle telden ayrılacak büyüklüğe sahip bir damlacık oluşturana kadar elektrottan ayrılmaz. Bu olayın sebebi elektromanyetik büzme kuvvetlerinin hiçbir zaman tek başına başına anot reaksiyon kuvvetlerinden daha etkin hale gelememesidir. Transfer edilecek olan damlanın parçalanma olmadan elektrottan ayrılma durumu bulunmaktadır. Parçalanma olmadan elektrottan ayrılan damla sıçrantıya neden olur. Bu durum karbondioksit gazı ile yapılan kaynakların birçok ticari uygulamada kullanılmasını engeller (Eryürek, 1998).

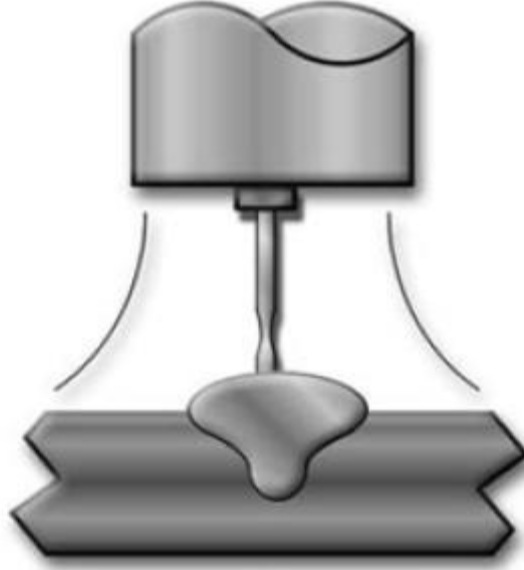


Şekil 3.1 Küresel transfer türünde damla geçişi (Muzafferoğlu, 2008)

3.2. Kısa Devre Metal Transfer Yöntemi

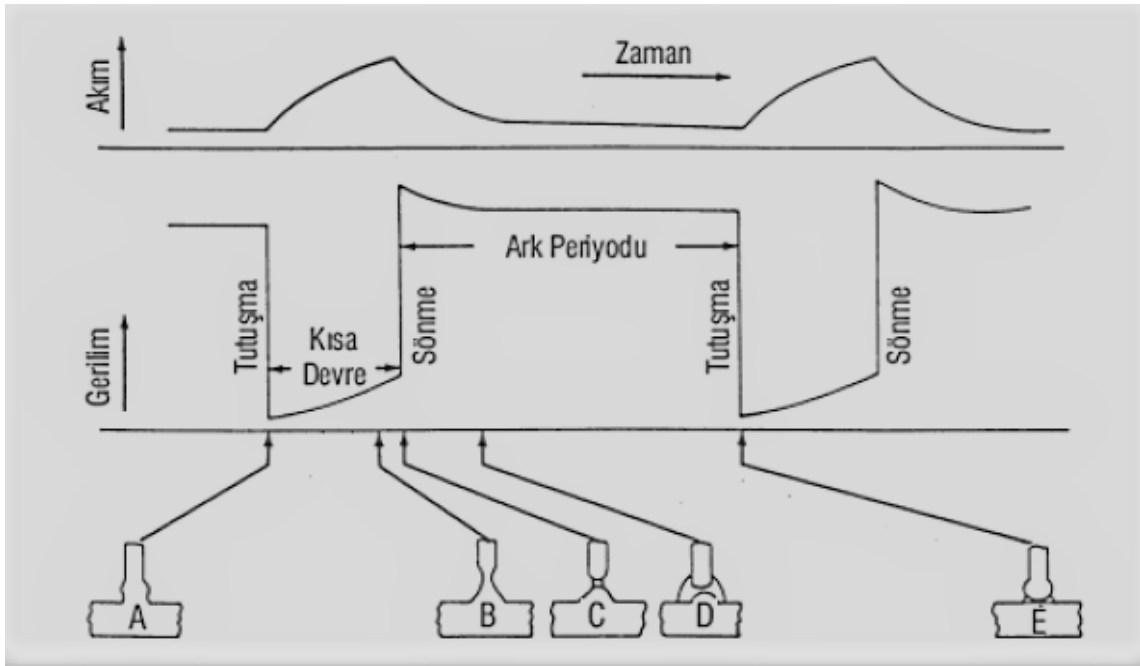
Elektriksel olarak sürekli oluşan kısa devreler sonucu tel elektrodun yığıldığı metal transfer yöntemidir. Gazaltı metal ark kaynağında düşük ısı girdisi sağlayan yöntemdir. Bu yüzden MIG/MAG kaynak metodunda düşük kaynak akımları ve çapı küçük elektrodlarla yapılmaktadır. Hızlı katılaşılan küçük bir kaynak banyosu için kullanılır.

Metal transferi sürekli beslenen kaynak dolgu telinin elektriksel olarak kısa devre yapması ya da kaynak banyosuna dokunmasıyla gerçekleşir. Bir damlacığın telden ayrılıp kaynak banyosuna ulaşması çevrimin kısa devre fazında gerçekleşir. Kısa devre sırasında güç ünitesinden yönlendirilen akım artarak elektrotun uç kısmına etki eden elektro manyetik kuvvetlerin yükselmesine neden olur. Manyetik alan etkisi altında elektrodun ucundaki erimiş damlacık iş parçasına transfer edilir (Eryürek, 1998).



Şekil 3.2 Kısa devre transfer türünde damla geçişi (Muzafferoğlu, 2008)

A ile gösterilen bölgede sürekli beslenen tel elektrod kaynak banyosu ile fiziksel temas halindedir. Arkın gerilimi ise sıfıra yakın bir değere sahiptir ve akım değeri artmıştır. Pik akıma çıkma hızı, uygulanan endüktansın miktarına bağlı olarak değişir. B ile gösterilen noktada elektromanyetik kuvvetlerin etkisi elektrod etrafında oluşur. Bu kuvvet sürekli beslenen tel elektrotun boyun vermesine ya da büzülmesine neden olur. Bu esnada voltaj çok yavaş olarak artmaya devam eder ve akım da pik değerine doğru artış gösterir. C noktasında ise ergimiş damlacık, sürekli beslenen tel elektrotun uç kısmından koparak iş metaline transferi gerçekleşir. Tam bu esnada akım pik değeri gösterir. Sürekli beslenen elektrotun uç kısmındaki ergimiş damla daralarak telden iş parçasına geçer. Akımın temel akım noktasına inmekte olduğu noktada (D noktası) damlacık yeniden oluşur. Daha sonra sürekli beslenen tel elektrod kaynak banyosuna temas ederek diğer bir damla için uygun transfer ortamı sağlar. E noktası bu uygun ortamı gösterir (Eryürek, 1998).



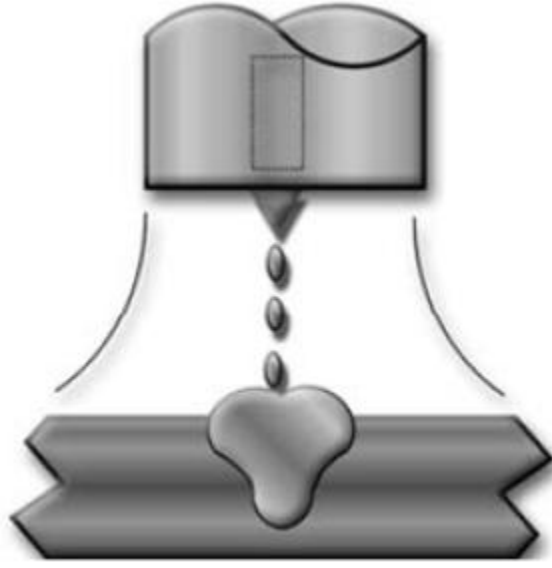
Şekil 3.3 Kısa devre transferinde akım ve gerilim değerleri (Muzafferoğlu, 2008)

Isı girdisinin düşük olması ile kaynak çarpılmasını minimuma indirir. Bu durum ince malzemelerde de kaynak için tercih edilmesini sağlar. Kısa devre transfer için kullanılacak malzeme cidar kalınlığı 0,6 – 5 mm arasındadır. Kalın plakalarda kaynak ağzı açılmış ise bu kaynak ağzı açılan iş parçalarının kök kaynağında da tercih edilmektedir. İş parçalarının düzgün olmayan şekilde yerleştirilmesi durumunda bile yüksek performans gösterebilir. Bu yüzden boru kaynaklarının kök pasoları sırasında bu transfer yöntemi seçilir.

Kaynak işlemi sırasında uygun parametrelerin seçilmemesi, işlem sırasında kontrolün tam olmaması gibi durumlarda soğuk yapışma, ergime noksanlığı, sıçranti gibi hatalar meydana gelmekte ve bu hatalar sonucu yapılan taşlama ve temizlik işlemleri maliyeti artırmaktadır (Muzafferoğlu, 2008).

3.3. Aksenal Sprey Metal Transferi

MIG/MAG kaynak metodunda argon koruyucu gaz kullanıldığında elektrotun ucunda oluşan damlacık ark tarafından sarılır. Bu damlacığın boyutu kaynak akımındaki eşik değerin üstendeyse çok küçük boyutlarda bir damlacık gözlenir. Bu transfer türü oluşan damlanın esas metale sıçrama hatasının minimum olduğu ve yanmakta olan arkın kararlılığından dolayı sprej metal transferi olarak adlandırılmıştır (Tülbentçi, 1990a).



Şekil 3.4 Eksenel sprej transfer türünde damla geçişi (Muzafferoğlu, 2008)

Sprej transfer metodu gazaltı metal ark kaynağında yüksek ısı girdisine sahip bir transfer metodudur. Sürekli beslenen tel elektrod yüksek enerji seviyesinde yığılarak erimiş küçük damlacıkların oluşturduğu yüksek ısı girdili bir akış sağlar. Oluşan küçük damlacıklar arkın içinden geçerler. Bu damlalar ark aralığında eksenel olarak hızlanırlar. Bu sprej metodunu kullanabilmek için koruyucu gaz olarak içerisinde argon bulunan karışım gazlar tercih edilir. Kullanılan koruyucu gaz karışımlarında en fazla %18 karbondioksit bulunur. Sprej metal transfer metodu karbon çeliği, nikel alaşımları, alüminyum, bakır alaşımları, magnezyum ile kullanılır. Hemen hemen bütün metal ve alaşımlarında argon gazının asal koruyuculuğu ile sprej metal transfer kullanılabilir. Fakat sprej ark oluşturabilmek için gerekli akımın ve buna bağlı olarak ısı girdisinin yüksek olması ince malzemelerde kullanımını kısıtlar. Sprej metal transfer metodunun uygulanabilmesi için sürekli beslenen elektrotun pozitif kutupta ve doğru akımla kullanılması gerekir. Ayrıca akım şiddetinin kritik bir değer olan geçiş akımı üzerinde olması lazımdır. Geçiş akımı altında kalan akım değerlerinde ise küresel transfer metodu gerçekleşir ve saniyede birkaç damla oluşur. Geçiş akımı üzerinde bulunan akım değerlerinde sürekli beslenen elektrot çapından küçük çaplarda damlalar oluşarak saniyede yüzlercesinin geçişi sağlanır. Elektrotun ucundan küçük küreler şeklinde oluşan bu küçük metal dolgu damlacıkları eksenel olarak sprej moduna özgü bir görüntü oluşturur. Kaynak banyosundaki yüksek akışkanlık yüzünden kaynak işi üzerinde kaynak pozisyonları sınırlanmıştır. Çünkü bu metot ile transfer edilen metalin

oluşturduğu yüksek ısı girdisi ve oluşan kaynak banyosu düşey ve tavan pozisyonunda yüzey gerilimi ile taşınamayacak kadar büyüktür. Karbon çeliklerinde aksel spray transfer kalın kesitli malzemelerde iç köşe kaynağı ve kaynak ağzı açılmış uygulamalarda kullanılır. Ark kuvvetlerinin etkisiyle ivmelenecek yerçekimini yenen damlacıklar derin nüfuziyet sağlayan kaynak dikişi oluştururlar. Bu nedenle belirli parametreleri sağlayan kaynak pozisyonlarında kullanılabilir. Argon oranı yüzde 95 ve oksijen miktarı yüzde 5 olan koruyucu gaz kullanıldığında derin nüfuziyet elde edilirken bu karışıma yüzde 10 ve üzeri karbondioksit eklendiğinde nüfuziyet azalır. Aksel spray transferin seçimi kaynak pozisyonu ve kaynaklanacak iş parçasındaki malzemenin seçimine bağlıdır. Yapılan kaynak dikişinin görüntüsü estetik ve kullanıcılar tarafından tercih sebebidir. Kaynak yapılacak iş parçası kir, tufal ve kirden tamamen arındırılırsa çok daha iyi sonuçlar alınır (Eryürek, 1998).

Sprey metal transfer yöntemi sayesinde yüksek elektrod verimliliği, farklı elektrod ve dolgu metali ile çalışabilme esnekliğinin yanı sıra yüksek yığıma hızları sağlanır, bu da en iyi ergime koşullarını sağlar. Kaynak dikişi görüntüsü çok estetik (Eryürek, 1998). Sıçrantısının az olması kolay kontrol edilmesi ile kaynakçılar tarafından tercih edilmektedir. Kaynaktan sonraki temizlik işlemi çok azdır. Yarı otomatik, katı otomasyon ve robotik sistemlere entegre edilebilir (Eryürek, 1998).

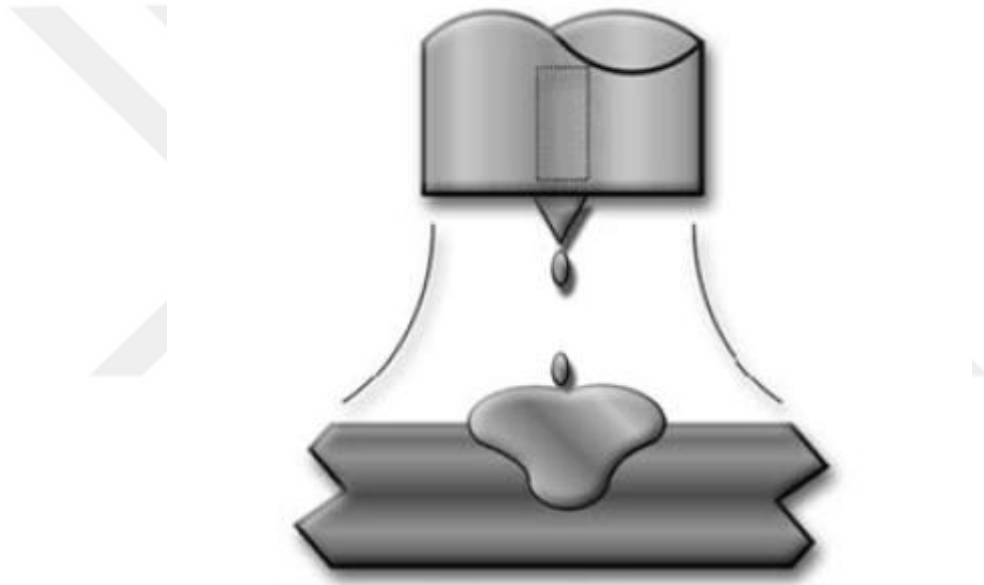
Kullanılan koruyucu gaz karışımından dolayı oluşan kaynak dumanının fazla olması, belirli pozisyonlarla sınırlandırılmış olması, yüksek ısı ve ışık yaymasından dolayı kaynakçı ve etrafındaki çalışanların özel koruma elbise ve ekipmana ihtiyaç duyması, Kullanılan gaz karışımlarının saf karbondioksitten daha pahalı olması yöntemin dezavantajlarıdır.

Sprey metal transfer metodunda ark iletiminin kaynak pozisyonu ve iş parçası kalınlığı konularındaki kısıtlamaları ortadan kaldırabilmek amacıyla özel olarak dizayn edilmiş güç üniteleri sayesinde bu kısıtlar önemli ölçüde azalmıştır. Hassas kontrole sahip dalga formları ve frekanslar oluşturarak istenilen darbeli akımı üretebilmektedirler.

3.4. Darbeli (Pulse) Sprey Metal Transferi

Eksenel sprey metal transferindeki kaynak akımının temel akım seviyesi ve yüksek pik akım seviyeleri arasında hassas kontrole sahip olan, bu seviyeler arasında çevrim yapan metal transfer yöntemidir (Eryürek, 1998).

Darbeli gazaltı metal ark kaynağında amaç sprej modunu kritik akım değerlerinin altında yani düşük ısı girdisi ile elde etmektir. Sürekli beslenen elektrotun ucunda her darbeye düzenli bir şekilde damlacığın kopmasını sağlayacak uygun değere sahip dalga belirlenir (Tülbentçi, 1990a).



Şekil 3.5 Darbeli sprej transfer türünde damla geçişi (Muzafferoğlu, 2008)

Kısa devre ve küresel metal transfer metotlarındaki sıçırantı ve yetersiz ergime kusurunun önüne geçmek için darbeli sprej metal transfer metodu geliştirilmiştir. Daha düşük akımlarda gazaltı metal ark kaynağında metal transferi küresel formda gerçekleşmektedir. Akım yükseldiğinde sprej formunda transfer gerçekleşmektedir. Küresel transfer periyodik olarak sürekli beslenen tel elektrot ucunda büyük damlacıkların oluşması olarak tanımlanır. Oluşan damlacıklar yerçekimi ile kaynak banyosuna düşerler. Küresel metal ark kaynağı ergimiş metal damlacıklar üzerindeki kontrol eksikliği ve bu kontrol eksikliğinin sebep olduğu büyük damlacıkların oluşumuna bağla olarak arkın kararsız davranmasından dolayı kusurludur. Sprej metal transfer metodu yüksek tel yığıma oranı ve kullanılan telde yüksek verim sağlamasına

rağmen iş parçasında yüksek ısı girdisine sebep olur. Bununla birlikte kaynak banyosunun yüzey gerilim kuvvetlerinin etkisinden büyük olması tüm pozisyonlarda kaynak yapılmasını, yüksek ısı girdisi ise geniş kaynak dikişleri yapılmasını kısıtlar. Bu teknik sorunların giderilmesi için 1960'lı yıllarda yeni bir transfer metodu olarak gazaltı metal ark kaynaklarında kullanılabilen darbeli akım metodu ortaya çıkmıştır. Bu metal transfer metodu küresel metal transfer metodunun dezavantajlarını yok edip spreysel metal transfer metodunun avantajlarını kapsar. Çalışma prensibine bakılacak olursa temel akım seviyesi ile yüksek seviye pik akım arasındaki ortalama akımı her zaman spreysel transfer yapacak eşik değerinin altında tutacak şekilde akımın yükselip alçalmasıdır (ANIK ve TÜLBENTÇİ, 1980).

Sonuç olarak gazaltı metal ark kaynağında darbeli akım kullanıldığında damlacığın telden ayrılmasını kontrol eden belirli aralıklarla yükselip alçalma akım seviyeleri görülmektedir. Bu olay geleneksel gazaltı metal ark kaynaklarındakine göre daha eş yüzeye sahip damlacıklar daha kararlı frekansta spreysel tipi damlacıkların kopmasını sağlar. Darbeli akımla işlem yapmak daha küçük ve kolay kontrol edilebilen, daha az distorsiyonla ince malzemelerde tüm pozisyonlarda kaynak yapılmasına olanak tanıyan bir kaynak banyosu elde edilmesini sağlar (Praveen ve Yarlagadda, 2005).

4. ARK KAYNAĞI YÖNTEMLERİNDE KULLANILAN AKIM ÜRETEÇLERİ

Sabit bir manyetik alan içerisindeki telden elektrik akımı geçirildiğinde sabit tele etkiyen kuvvete motor prensibi denir ve bu kuvvet sonucu moment elde edilir.

Sabit manyetik alan içerisindeki tel tahrik edildiğinde ise bu telde elektromotor kuvvet yüklenir ve tel üzerinden akım geçer. Bu duruma generatör prensibi adı verilir.

Jeneratör ve motor prensipleri karşılaştırıldığında, motorda manyetik alan içerisindeki rotor iletkenlerinden elektrik akımı geçirilerek moment elde edilir, generatörlerde rotor iletkenleri, rotor döndürülerek manyetik alan içinde hareket ettirilerek, iletkenlerden akım alınır.

4.1. Doğru Akım Jeneratörleri

Doğru akım üreteçleri, bir kuvvet makinası tarafından tahrik ettirilerek, kaynak işi için gerekli elektrik akımını üretirler. Kaynak jeneratörleri tahrik biçimine göre elektrik motoru tahrikli veya şantiyelerde, elektrik akımının bulunmadığı yerlerde kullanılmak üzere geliştirilmiş, dizel veya benzin motoru tarafından tahrikli türler olarak geliştirilmişlerdir. Jeneratör ile üretilen akım doğru akımdır.

Genellikle yatay ve düşey karakteristik ile çalışabilecek şekilde tasarlanırlar ve bu şekilde genellikle boru hatlarının kaynağında hem örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı ve hem de gazaltı metal ark kaynağında kullanılabilirler. Bu özellik şantiyelerde büyük bir kolaylık sağlamaktadır.

Kaynak jeneratörlerinin bakım giderleri yüksek ve ömürleri kısadır. Maliyetlerinin pahalılığı, verimlerinin düşük olması (%45-65), boşa çalışma tüketimlerinin yüksekliği en önemli dezavantajlarını oluşturur. Buna karşın kaynakta doğru akım kullanımının bütün avantajlarına sahiptirler.

4.2. Alternatif Akım Jeneratörleri

Kaynak transformatörleri alternatif akımın, akım ve gerilimini değiştirdikleri için bunlara gerilim değiştiricisi denir. Transformatörler, kaynak jeneratörleri gibi yeni değerlerde bir akım üretmektedirler. Kaynak transformatörleri üç fazlı şebekenin yalnız iki fazın arasına veya bir faz ile nötr arasına bağlıdır ve şebeke akımını kaynak akımına

çevirirler. Kaynak devresindeki yani sekonder taraftaki akımın cinsi de alternatiftir. Transformatörü kaynağa hazır duruma getirmek için çalışma şalterini açmak yeterlidir. Transformatörlerde dönen parça bulunmaz, bu yüzden dolayı da herhangi bir aşınma söz konusu değildir.

Kaynak transformatörlerinin boşa çalışma gerilimi en çok 70 voltur. Alternatif akım, doğru akıma göre daha tehlikeli olduğu için, transformatörlerin boşa çalışma gerilimlerinin jeneratörlerinkine oranla daha küçük olmasına dikkat edilmektedir. Kaynak transformatörleri, örtülü elektrotlar ile TIG ve toz altı kaynak türlerinde uygulama alanı bulmaktadır.

4.3. Sinerjik Darbeli Akım Üreteçleri

Yüksek nüfuziyet istenen fakat ısı girdisinin düşük tutulması gereken kaynak işlemleri için darbeli sprey metal transfer yöntemi kullanılır.

Bu yöntemde 'pulsed direct current' olarak adlandırılan darbeli doğru akım görülür. Sistemin performansı ise sürekli beslenen tel elektrot ucunda pik akımı ile ergiyen damlacığın sprey halinde kaynak banyosuna ulaşması ve bu sırada elektrot ucundaki yeni oluşacak damlacığa kadar akımın temel akıma düşmesinden gelmektedir. Günümüzde, güç elektroniği yardımı ile frekans, temel akım şiddeti, darbe akım şiddeti ile bunların sürelerini birbirlerinden bağımsız olarak ayarlayabilen akım üreteçleri geliştirilmiştir. Günümüz endüstrisinde, her akım darbesinde kaynak banyosuna tek bir damla kaynak metali transfer eden gazaltı metal ark kaynağı donanımları uygulama alanına girmiştir (Tülbentçi ve Kaluç, 1998).

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Donanım ve Deneyin Yapılışı

Sinerjik darbeli akım üreteçli MIG/MAG kaynağındaki farklı parametreleri yakalayabilmek ve bu parametrelerde yapılan kaynak dikişlerinin makro yapılarının, mikro yapılarının, mekanik özelliklerinin incelenmesi için iş parçası olarak, kimyasal bileşimi Tablo 5.1’de verilen, S235JR malzemeye kaynak yapılmıştır. Tablo 5.1’e göre yapılan hesaplamalardan karbon eşdeğeri 0,251 bulunmuştur. Karbon eşdeğerinin 0,45 in altında olduğundan kaynak yapılacak parçalara ön tavlama uygulanmamıştır. 5mm kalınlığındaki düşük karbonlu çelik malzemede kaynak yapılmadan önce kaynak ağzı hazırlıkları yapılmıştır. Y kaynak ağzı açılan parçalar taşlanarak temizlenmiş, kaynağın çarpılmaması için gerekli noktalardan sabitlenmiştir. Kullanılacak kaynak makinesi olarak; Fronius marka TransSteel 5000 model sinerjik darbeli akım üreteçli gazaltı makinesinde 3 farklı kaynak voltaj ve bu değerlerde 3 farklı ark uzunluğu belirlenmiştir. Kaynak makinesinde koruyucu gaz olarak EN ISO 14175: M24 ($5 < CO_2 \leq 15$ $0,5 \leq O_2 \leq 3$ ve Ar karışımı) kullanılmıştır. Kaynak gerilimi olarak 16V, 18V ve 20V değerlerinde kaynak işlemi yapılmıştır. Ark uzunluğu olarak 1.6mm, 1.8mm ve 2 mm olarak seçilmiştir. Yapılan kaynaklar görsel muayeneden sonra deney numunesi olarak numaralandırılmıştır. Bu numuneler üzerinden makro yapı görselleri elde edilmiştir. Mekanik muayene olarak brinell sertlik ölçümü yapılmış, V çentikli darbe testleri yapılmış, çekme numuneleri hazırlatılarak çekme testleri yapılmıştır.

Çizelge 5.1 S235JR Malzeme Kimyasal Bileşimi

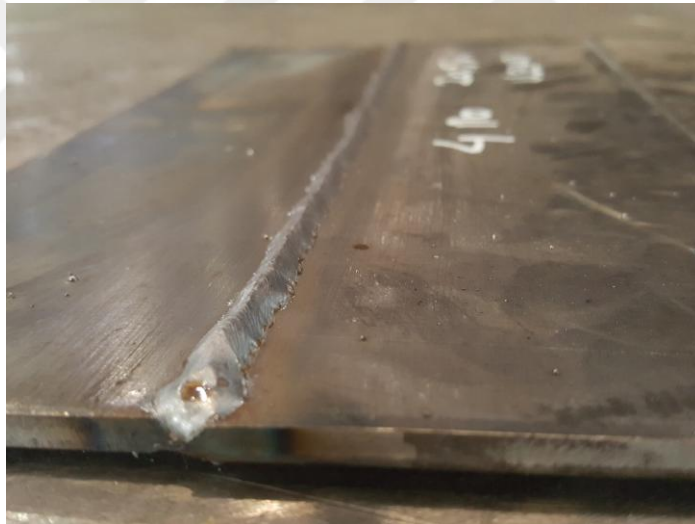
Malzeme	%C	%Mn	%Si	%P	%S	%Cu	%Al	%Fe
S235JR	0,13	0,72	0,207	0,021	0,0033	0,015	-	98,97

5.1.1. Kaynaklı Numunelerin Hazırlanışı

Y kaynak ağzı açılan S235JR düşük karbonlu çelik malzemeye 4.7 metre/dakika tel sürme hızı ile 16V, 18V ve 20V ark gerilimi parametrelerinde 14 litre/dakika koruyucu gaz debisi ve 1.6 mm, 1.8 mm, 2 mm ark boyları ile kaynak yapılmıştır.

Kaynaklı parçalarda kaynakçıdan dolayı oluşabilecek hataların engellenmesi amacıyla deney numuneleri 3 farklı kaynakçı tarafından hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler üzerinde yapılan görsel muayeneler ve penetrant muayeneleri sonucu en iyi kaynaklı numuneler diğer deneyler için seçilmiştir.

Kullanılan sinerjik kaynak makinesinde istenilen parametreler ayarlandıktan sonra kaynak ağzı açılmamış bir plaka üzerinde kaynak yükseklikleri ve genişliklerini görebilmek adına test kaynağı yapılmıştır. Tüm parametrelerde gerekli hazırlıklar tamamlandıktan sonra kaynaklı numuneler hazırlanmıştır.



Şekil 5.1 Hazırlanan numunelerden kaynak dikişi örneği

5.1.2. Makroyapı ve mikroyapı numunelerinin hazırlanması

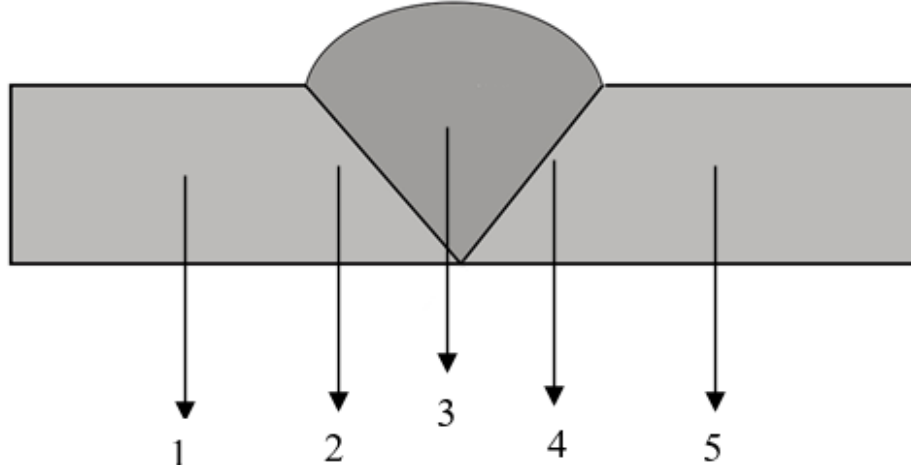
Kaynaklı numuneler istenilen ölçülerde kesilerek uygun boyutlara getirilmiştir. Metalografi laboratuvarında önce zımparalama daha sonra parlatma işlemleri uygulanmıştır. Elde edilen kaynak dikişleri %2 derişime sahip Nital ile dağlanarak Nikon marka SMZ800 model stereo mikroskop ile makro görüntüleri kaydedilmiştir.

Elde edilen makro yapılar sağı numuneler mikro yapı incelemesi yapılmak üzere numaralandırılarak aynı numuneler üzerinden mikro yapı görüntüleri alınmıştır.

Mikroyapı incelemeleri için numuneler kaynak kesitine dik olarak kesilen numuneler %2 Nital ile dağlanmıştır. Optik mikroskop görüntüleri Nikon Eclipse MR 100 ters metal mikroskobu ile alınmıştır.

5.2 Brinell Sertlik Ölçümleri

Makro ve mikro görüntüleri alınan numunelerde Brinell sertlik ölçümü Bulut Makina Digirock RBOV, 2.5 mm çapa sahip çelik bilye ve 187.5 kg yük ile yapılmıştır ASTM E10-18 standardına göre sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Her numune için esas malzeme üzerinden, kaynak geçiş bölgesinden ve kaynak dolgu malzemesinden olmak üzere aşağdaki Şekil 5.2’de verildiği gibi 5 farklı sertlik ölçümü alınmıştır.



Şekil 5.2 Brinell sertlik ölçümü alınan noktalar

5.3 Çekme Testleri

16 V, 18 V ve 20 V ark gerilimlerinde 1.6 mm, 1.8 mm, 2 mm kaynak arkı boylarında yapılan kaynak dikişlerinden elde edilmiş olan numunelerden standartlara uygun boyutlarda çekme çubukları hazırlanmış ve testler Shimadzu AG-Xplus model 100 kN’luk çekme cihazında oda sıcaklığında 2 mm/da çekme hızlarında her bir parametreden 3 adet çekme testi yapılmıştır.

5.4. Charpy-V Çentikli darbe testleri

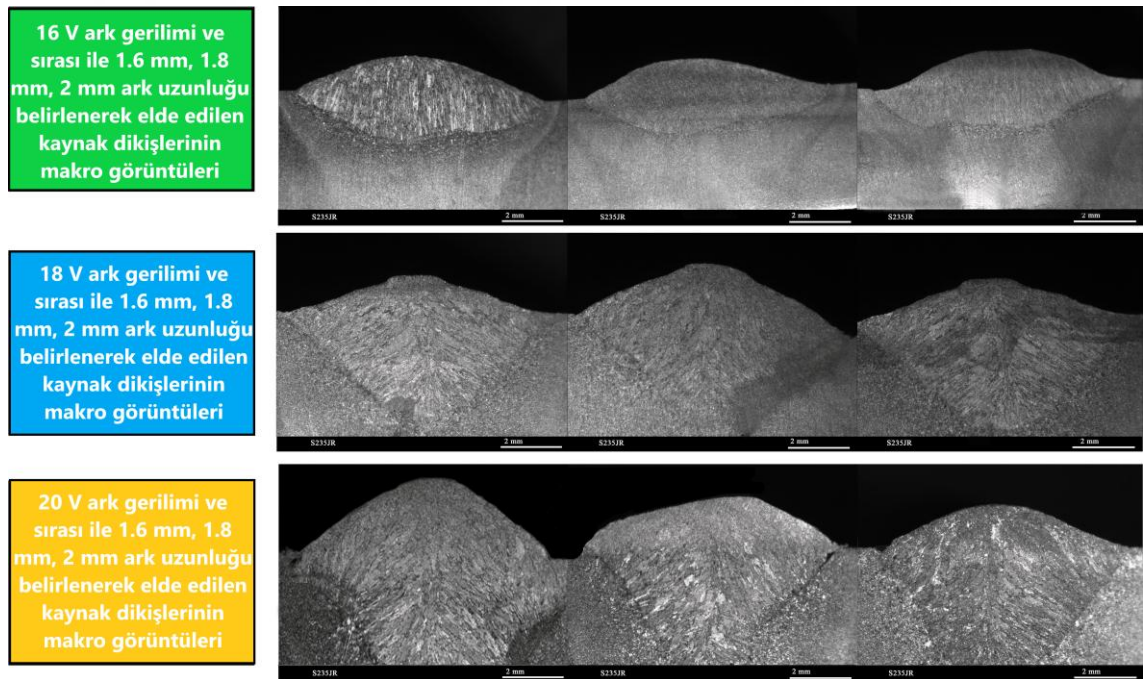
16 V, 18 V ve 20 V ark gerilimlerinde 1.6 mm, 1.8 mm, 2 mm kaynak arkı boylarında yapılan kaynak dikişlerinden elde edilmiş olan numunelerden Alşa ZBC 2000 model 300 J kapasiteli darbe test cihazı ile ASTM E23-16b standartları referans alınarak yapılmıştır.



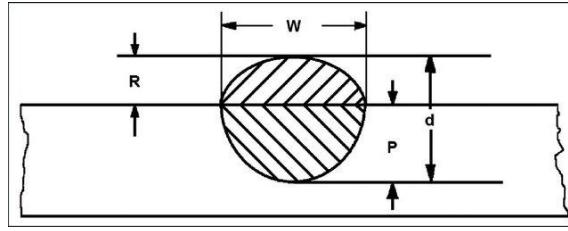
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

6.1. Makro ve Mikro Yapı Görüntüleri

Farklı voltaj değerleri ile yapılan kaynak dikişlerinin makro görüntüleri Şekil 6.1'de verilmiştir. Makroyapı görüntüleri incelendiğinde farklı kaynak dikişi geometrileri elde edilmiştir. Kaynak dikişi geometrilerindeki değişikliklerin ark geriliminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde (Shoeb ve ark., 2013a) bu durum yüksek gerilim ve yüksek amperin yani yüksek ısı girdisi olan kaynak operasyonlarında nüfuziyetin yüksek olduğu, düşük ısı girdisi düşük gerilim ve amper olan parametrelerde ise nüfuziyetin azaldığına rastlanılmıştır. Bu durum yapılan çalışma doğruluğunu göstermektedir. Kaynaklı numunelerin nüfuziyet konusundaki farkları incelenmiş ve 18 V ile yapılan kaynaklı numunelerin nüfuziyet konusunda yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Mikroyapı resimlerine bakıldığında kaynak dolgu malzemesi ile kaynak ağzı arasında istenilen birleşme 18 V ile yapılan kaynaklarda yetersiz kalmıştır.



Şekil 6.1 Farklı ark boyları ve gerilimler için kaynak dikişlerinin makro görüntüleri



Şekil 6.2 Kaynak dikişi ölçüm aralıkları (Jindal ve ark., 2013)

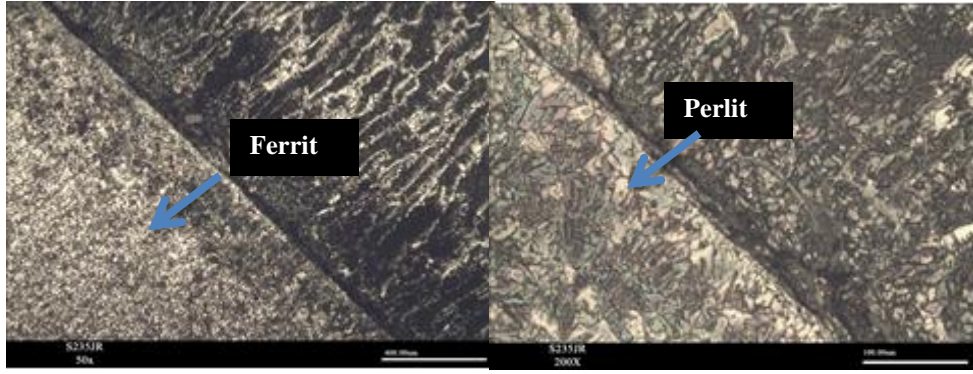
Çizelge 6.1 Ark boyları ve ark gerilimlerine göre kaynak yükseklik (d) ve genişlik (W) değerleri

Ark Boyları	16 V			18 V			20 V		
	1.6 mm	1.8 mm	2 mm	1.6 mm	1.8 mm	2 mm	1.6 mm	1.8 mm	2 mm
d	2.78	2.98	3.01	4.34	5.12	5.23	5.36	5.79	5.83
W	7.95	7.20	7.34	8.13	8.34	8.08	9.48	9.67	9.63

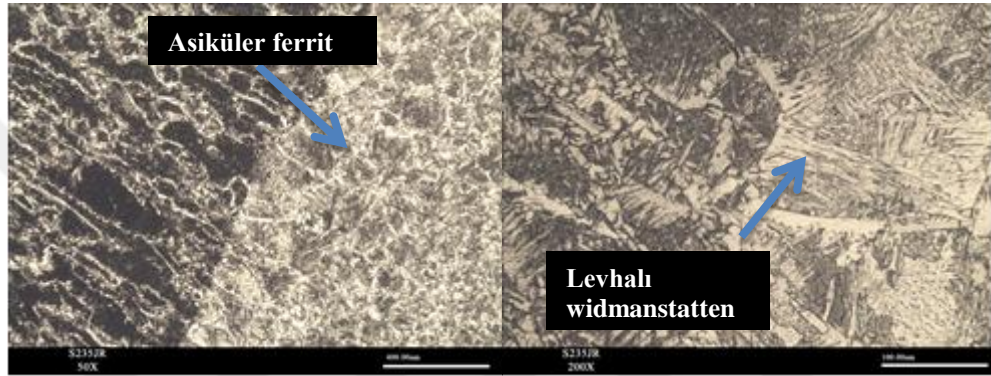
Yukarıda kaynak dikişlerinin farklı ark gerilimleri, aynı tel sürme hızı ve koruyucu gaz debilerinde alınmış makro yapı görüntüleri verilmiştir. Esas malzeme ile kaynak dolgu malzemesi arasındaki geçiş bölgeleri fotoğraflanmış tartışmalar bu görüntüler üzerinden yapılmıştır.

Esas malzeme ile kaynak bölgesi arasındaki mikro yapı geçişlerini görebilmek adına mikro yapı görüntüleri alınmıştır. %3 derişime sahip Nital ile tekrar dağlanarak aşağıdaki mikro yapı görüntüleri elde edilmiştir. 50X ve 200X büyütmeleme sahip görüntüler üzerinden tartışma yapılmıştır. Mikroyapıları incelendiğinde S235JR ITAB bölgesinde yer yer tane irileşmesi gözlemlenmiştir. Kaynak dolgu metalinde ve esas metalde asiküler ferrit ve perlit yapıları aynı zamanda levhalı widmanstatten göze çarpmaktadır. 1.6 mm, 1.8 mm ve 2 mm ark boyları mikroyapısal farklılıklara neden olmamıştır. Fakat farklı voltajlarda nüfuziyetin değıştığı gözlemlenmiştir.

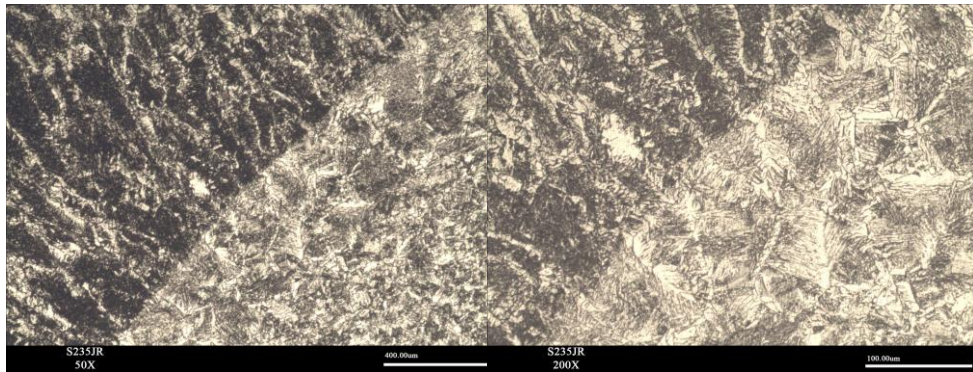
Kaynak parametrelerin değışmesiyle birlikte ısı girdisinin de değışmesi, nüfuziyette ve aynı zamanda hem makro hem mikro yapıda bir takım değışikliklere neden olmuştur. Birleşme noktasında oluşan mikroyapılar incelendiğinde ark gerilimi düşük olan numunelerin istenilen birleşme mikroyapısını vermediğı görülmüştür.



Şekil 6.2 16 Volt gerilim ile yapılan kaynak dikişi geçiş bölgesi 50X VE 200X büyütme



Şekil 6.3 18 Volt gerilim ile yapılan kaynak dikişi geçiş bölgesi 50X ve 200X büyütme



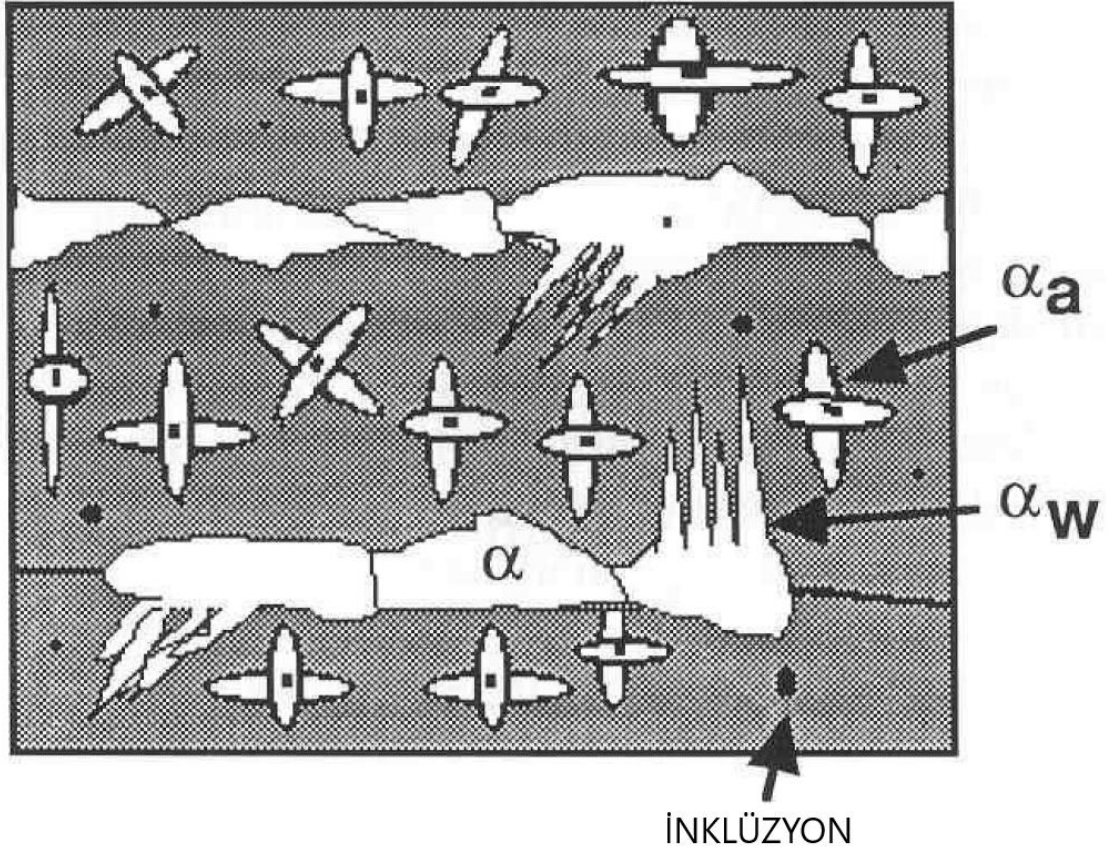
Şekil 6.4 20 Volt gerilim ile yapılan kaynak dikişi geçiş bölgesi 50X ve 200X büyütme

Çizelge 6.1 Bölgelere göre sertlik değerleri

Voltaj(V)	Bölge 1	Bölge 2	Bölge 3	Bölge 4	Bölge 5
16 V	126,2	171,5	192,1	168,7	126,3
18 V	124,7	177	188,8	178	127,7
20 V	124	175,1	177,7	179,2	124,7

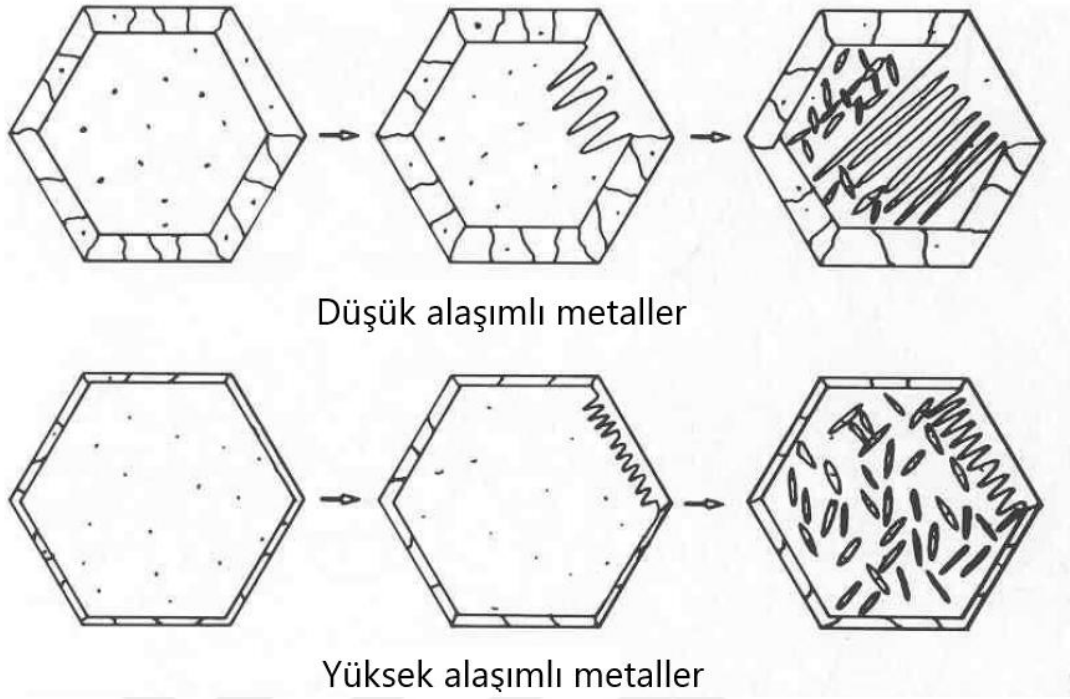
Sıvı fazdaki kaynak banyosu katılaştırırken farklı mikroyapılar gözlenmektedir. Bunlar poligonale ferrit, levhalı widmanstatten ferrit, asiküler ferrit olarak farklı morfolojiler oluşturabilir.

Mikroyapıda bulunan inklüzyonlar katılaşma sırasında çekirdeklenme özelliği taşıyarak katılaşmanın inklüzyon etrafında başlamasını sağlarlar. Bu durum asiküler ferrit ve widmanstatten ferrit oluşumunu sağlar (Bhadeshia ve Svensson, 1993).



Şekil 6.5 Widmanstatten ferrit (α_w) ve asiküler ferrit (α_a) oluşumu (Bhadeshia ve Svensson, 1993)

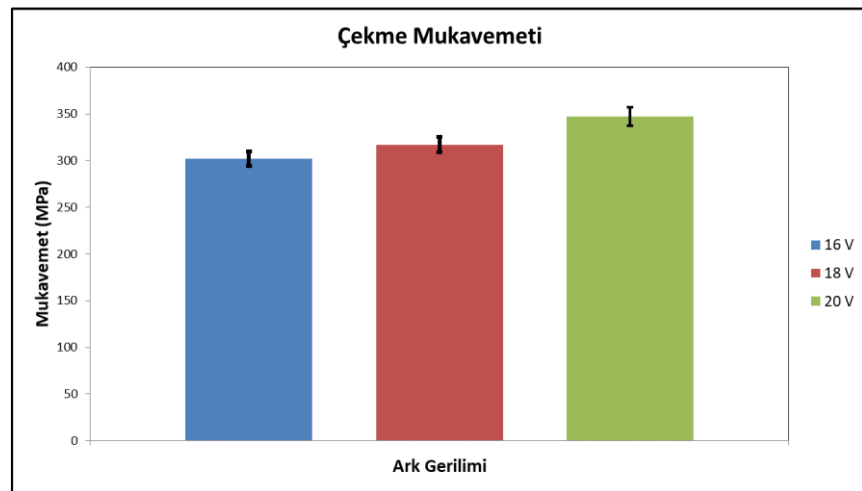
Asiküler ferritin oluşması kayda değer bir ticari öneme sahiptir çünkü güçlü bir mikroyapı sağlamaktadır. Düşük alaşımli metallerde görülen widmanstatten ferritler levha şeklinde tane sınırlarından tane içerisine doğru uzayarak devam eder. Yüksek alaşımli metallerde ise çekirdeklenme tane içerisinde de olduğu için bu levhalar daha kısa kalmaktadır (Bhadeshia ve Svensson, 1993).



Şekil 6.6 Alaşımlarına göre metallerde widmanstatten oluşumu (Bhadeshia ve Svensson, 1993)

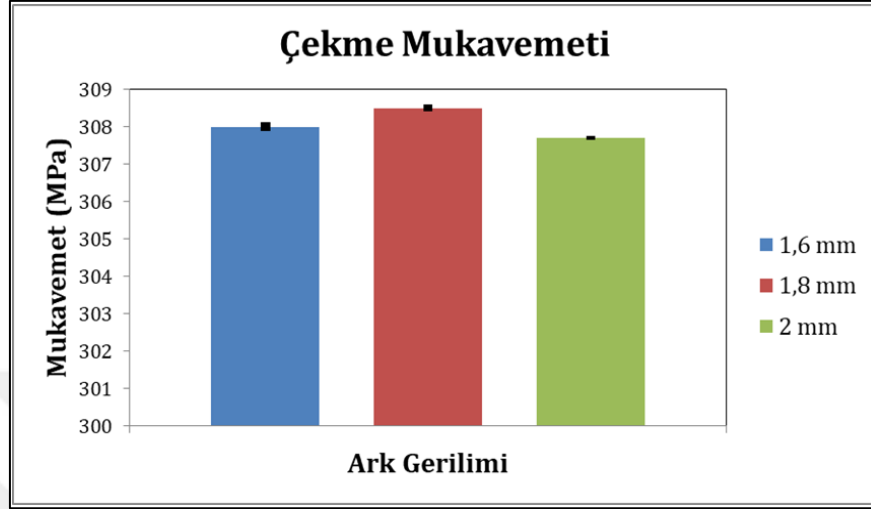
6.2 Çekme Testi Sonuçları

Kaynaklı bağlantılara yapılan çekme testlerinden elde edilen sonuçlar grafik halinde Şekil 6. 7’de verilmiştir. Grafikten de görüleceği gibi ark gerilimlerine göre numuneler arasında en yüksek çekme mukavemeti 20 V ark gerilimine sahip numunede 337 MPa görülmüştür.



Şekil 6.7 Farklı gerilmelerde elde edilen çekme mukavemeti değerleri

Şekil 6.8'e göre ark uzunlukları baz alınarak çekme testi yapılan numunelerde ise en yüksek çekme değeri 1.8 mm ark uzunluğunda 308 MPa olarak görülmüştür.



Şekil 6.8 Farklı ark boylarında elde edilen çekme mukavemeti değerleri

6.3 Charpy-V Çentikli Darbe Testi Sonuçları

Farklı kaynak gerilim ve ark boylarına göre en yüksek darbe enerjisine sahip numune 20 volt ark gerilimi 1.6 mm ark uzunluğuna sahip numunede görülmüştür. En düşük darbe enerjisine sahip numune ise 16 volt ark gerilimi ve 1.6 mm ark uzunluğuna sahip numunede görülmüştür.

Çizelge 6.2 Farklı ark boyları ve farklı voltaj değerlerinde V çentikli darbe testi sonuçları

20°C	1.6 mm	1.8 mm	2 mm
16 V	24 J	24 J	24 J
18 V	26 J	26 J	26 J
20 V	27 J	26 J	26 J

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kaynak dikişinin gerçek dayanımını görebilmek amacıyla çekme testi uygulanmıştır. Çekme sonuçları değerlendirildiğinde kaynaklı bağlantıların hepsinde birbirine yakın sonuçlar alınmıştır. Bu sonuçlara göre kaynak bağlantısı istenilen mekanik özelliklere sahip olarak doğru kaynatılmıştır. Hazırlanan çekme deney numunelerinin hepsi esas malzemenin kopmuştur. Bu durum kaynakların beklenen mekanik dayanıma sahip olduğunu göstermektedir.

Kaynak dikişi ile esas malzemenin birleşme noktasındaki gevrek kırılmaya yatkınlığının belirlenmesi için Charpy-V çentikli darbe testi uygulanmış olup darbe enerjileri yukarıda verilmiştir. Belirlenen kaynak parametrelerine göre elde edilen kaynaklı bağlantılardan elde edilen sonuca göre farklı ark uzunlukları darbe enerjisini değiştirmemiştir.

Sertlik değerleri incelendiğinde kaynak için kullanılan esas malzemenin, kaynak dikişinin ve ITAB'ın sertlik değerlerinin gevrek kırılmaya, soğuk kırılmaya karşı direncini belirlemek amaçlanmıştır. ITAB'ın gevrek kırılma durumu çatlak gözlenebilir. En ufak darbelerde kırılmalar ve kaynak bölgesinde hasar görülebilir. Bu yüzden ITAB bölgesindeki sertliğin problem oluşturmaması için Vickers sertliğinin 350 Hv, Brinell sertliğinin 330 HB, Rockwell sertliğinin 33.50 HRC değerlerinin geçmemesi önerilmektedir. Esas malzeme, ITAB ve kaynak dikişi üzerinde belirlenen 5 farklı bölgedeki sertlik değerlerine göre gevrek kırılma oluşturabilecek değerlere rastlanmamıştır.

16 V, 18 V, 20 V ark gerilimlerine sahip kaynak parametreleri ile 1,6 mm, 1,8 mm ve 2 mm ark boyları ile kaynaklı bağlantılar elde edilmiştir. Bu kaynak dikişleri incelendiği zaman ark gerilimlerinin kaynak banyosuna etki göstererek kaynak nüfuziyetinin artmasını sağlamıştır.

Kaynak geometrisinde dikkat edilen parametreler penetrasyon (nüfuziyet), kaynak dikişi yüksekliği ve kaynak dikişi genişliğidir. Nüfuziyet; kaynak akımı, ark gerilimi, ark uzunluğu, tel besleme hızı ve kaynak hızı ile değişmektedir. Kaynak yapılırken torçun açısının değiştirilmesi nüfuziyeti etkiler. Arkı korumak için kullanılan gazın debisi nüfuziyete etki etmemektedir (Shoeb ve ark., 2013b). Kaynak yüksekliği ise torçun açısına, kaynak ve tel besleme hızına, ark gerilimi ve uzunluğuna bağlı olarak değişmektedir.

Sprey metal transfer yönteminde voltaj arttıkça kaynak dikiş genişliği artmakta ve yükseklik azalmaktadır (Gurev ve Stout, 1963). Kaynak dikiş genişliği en çok ark geriliminden etkilenmektedir. Ark gerilimi arttıkça daha uzun ark boyu oluşmakta ve bu durum kaynak dikişinin genişliğinin artmasına sebep olmaktadır. Kaynak hızının artması ise kaynak dikiş genişliğini azaltır.

Elde edilen makroyapıların nüfuziyet derinliği ve kaynak dikiş genişliği incelendiğinde ark geriliminin artması ile nüfuziyetin arttığı gözlemlenmiştir. Ark boyunun artması ile birlikte kaynak dikiş genişliği artmıştır.



KAYNAKLAR

- ANIK, S. ve TÜLBENTÇİ, K., 1980, Kaynak Tekniği, *İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi* (960).
- Anık, S., 1991, Kaynak tekniği el kitabı: yöntemler ve donanımlar, Gedik Holding, p.
- Anık, S., Anık, E. S. ve Vural, M., 1993, 1000 soruda kaynak teknolojisi el kitabı, Birsen Yayınevi, p.
- Bhadeshia, H. ve Svensson, L. J. M. m. o. w. p., 1993, Modelling the evolution of microstructure in steel weld metal, 1, 109-182.
- Eryürek, İ. B., 1998, Gazaltı (MIG/MAG) kaynağı, Askaynak, p.
- French, I. ve Bosworth, M., 1995, A comparison of pulsed and conventional welding with basic flux cored and metal cored welding wires, *Welding Journal-Including Welding Research Supplement*, 74 (6), 197-205.
- Gurev, H. ve Stout, R. J. W. J., 1963, Solidification phenomena in inert gas metal arc welds, 42 (7).
- Jindal, S., Chhibber, R. ve Mehta, N., 2013, Investigation on flux design for submerged arc welding of high-strength low-alloy steel, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 227 (3), 383-395.
- Muzafferoğlu, H. F., 2008, Darbeli Akımla Mıg/mag Kaynağında Darbe Parametrelerinin Dikiş Geometrisine Etkisi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Palani, P. ve Murugan, N., 2006, Selection of parameters of pulsed current gas metal arc welding, *Journal of Materials Processing Technology*, 172 (1), 1-10.
- Praveen, P. ve Yarlagağa, P., 2005, Meeting challenges in welding of aluminum alloys through pulse gas metal arc welding, *Journal of Materials Processing Technology*, 164, 1106-1112.
- Rajasekaran, S., 1999, Weld Bead Characteristics in Pulsed GMA Welding of Al-Mg Alloys, *Weld. J*, 78, 12.
- Shoeb, M., Parvez, M. ve Kumari, P., 2013a, Effect of MIG welding input process parameters on weld bead geometry on HSLA steel, *Int. J. Eng. Sci. Technol*, 5 (1), 200-212.
- Shoeb, M., Parvez, M. ve Kumari, P. J. I. J. E. S. T., 2013b, Effect of MIG welding input process parameters on weld bead geometry on HSLA steel, 5 (1), 200-212.
- Subramaniam, S., White, D., Jones, J. ve Lyons, D., 1998, Droplet transfer in pulsed gas metal arc welding of aluminum, *WELDING JOURNAL-NEW YORK-*, 77, 458-s.
- Tülbentçi, K., 1990a, MIG/MAG Eriyen Elektrod ile Gazaltı Kaynağı, Gedik Eğitim Vakfı Kaynak Teknolojisi Eğitim Araştırma ve Muayene Enstitüsü, İstanbul.
- Tülbentçi, K., 1990b, MIG-MAG eriyen elektrod ile gazaltı kaynağı, Gedik Holding, p.
- Ueguri, S., Hara, K. ve Komura, H., 1985, Study of metal transfer in pulsed GMA welding, *Welding Journal*, 64 (8), 242-250.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yavuz Selim CERAN
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : KONYA / 1991
Telefon : 505 134 36 74
Faks :
E-Posta : yavuzsceran@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Hekimoğlu Anadolu	Selçuklu	KONYA	2009
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi	Selçuklu	KONYA	2015
Yüksek Lisans	:			
Doktora	:			

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2017	Hürsan Hidrolik Pres	Ar-Ge Müdürü

UZMANLIK ALANI

Uluslararası Kaynak Mühendisi

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR*

Effect of Different Welding Parameters on Weld Bead Geometry and Mechanical Properties of Synergic Controlled MIG/MAG Welding (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır)