

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ALIŞILMIŞ VE İNVERTER TİPİ MIG/MAG**  
**KAYNAK MAKİNALARI İLE YAPILAN**  
**KAYNAK DİKİŞLERİNİN ÇEŞİTLİ YÖNLERİ**  
**İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

**Hatice Nalan AKSOY**

**Nisan, 2010**  
**İZMİR**

**ALIŞILMIŞ VE İNVERTER TİPİ MIG/MAG  
KAYNAK MAKİNALARI İLE YAPILAN  
KAYNAK DİKİŞLERİNİN ÇEŞİTLİ YÖNLERİ  
İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
Makina Mühendisliği Bölümü, Mekanik Anabilim Dalı**

**Hatice Nalan AKSOY**

**Nisan, 2010  
İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**HATİCE NALAN AKSOY**, tarafından **PROF. DR. R. SAMİ AKSOY** yönetiminde hazırlanan “**ALIŞILMIŞ VE İNVERTER TİPİ MIG/MAG KAYNAK MAKİNALARI İLE YAPILAN KAYNAK DİKİŞLERİNİN ÇEŞİTLİ YÖNLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....  
**Prof. Dr. R. SAMİ AKSOY**

Danışman

.....  
\_\_\_\_\_  
Jüri Üyesi

.....  
\_\_\_\_\_  
Jüri Üyesi

\_\_\_\_\_  
Prof.Dr. Mustafa SABUNCU  
Müdür  
Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Bitirme projemin hazırlanması sırasında değerli yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof.Dr. R.Sami AKSOY'a, Prof. Dr. Süleyman KARADENİZ' e, kaynak teknikeri mesai arkadaşım Mehmet ÖNGÜÇ'e, manevi desteğini projem sırasında olduğu gibi tüm yüksek lisans eğitimim boyunca benden esirgemeyen eşim İlker AKSOY'a sonsuz teşekkür ederim.

Hatice Nalan AKSOY

# **ALİŞILMIŞ VE İNVERTER TİPİ MIG/MAG KAYNAK MAKİNALARI İLE YAPILAN KAYNAK DİKİŞLERİNİN ÇEŞİTLİ YÖNLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

## **ÖZ**

Bu tez çalışmasında Terbay Makina’da kullanılmakta olan alışılmış tipte kaynak makinası ve yeni nesil inverter tipte kaynak makinası ile mekanizasyon kullanılarak yapılan alın kaynağı ve köşe kaynağına ait kaynak dikişlerinin karşılaştırması yapılmıştır. Kaynak dikişleri üzerindeki operatör faktörünü ortadan kaldırabilmek için robot kullanılmıştır. Önce, inverter tipte kaynak makinası malzeme kalınlığı olan 10 mm ve malzeme tipi seçilerek ayarlanmıştır. Bu makinadaki parametreler kaynak esnasında makinanın kendi göstergelerinden tespit edilerek alışılmış tipte kaynak makinasına uygulanmıştır. Kaynak dikişlerini karşılaştırmak için tahribatsız muayene yöntemlerinden gözle muayene, penetrant testi, yapılmıştır. Her iki tipte makine ile yapılan kaynak dikişlerinin kaynak profilleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Hazırlanan numuneler TS 9913 EN 1043-1 standardına uygun olarak işaretlenerek mikro vickers sertlik ölçümleri yapılmıştır. Esas metal, ısı tesiri altında kalan bölge ve kaynak dolgusuna ait sertlik değerleri tespit edilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** MIG/MAG Kaynağı, kaynakta süreklilik, inverter

# **A COMPARISON OF DIFFERENT CHARACTERISTICS OF WELD BEATS PERFORMED BY USUAL AND INVERTER MIG/MAG WELDING MACHINES**

## **ABSTRACT**

The present study was conducted to compare weld beats of butt weld and fillet weld performed by using ordinary MIG/MAG welding machine and new generation inverter MIG/MAG welding machine with mechanization at Terbay Machinery. The mechanization was used in order to remove the effect of operator on weld beats. Firstly, the inverter welding machine was adjusted by selecting the types of materials and thickness of material as 10 mm. The parameters of this machine were detected from the display screen during the process of welding and used in the ordinary welding machine. In order to compare the weld beats, two types of nondestructive inspection methods, namely penetration test and eyes inspection were conducted. The profiles of weld beats performed by using both types of machines were examined in detail. The samples were marked with respect to TS 9913 EN 1043-1 Standard and micro vickers hardness of these samples were measured. The hardness values of the main metal, the region under the heat effect and welding batch were detected.

**Keywords:** MIG/MAG weld, continuity of weld, inverter,

## İÇİNDEKİLER

|                                           | Sayfa |
|-------------------------------------------|-------|
| YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU..... | ii    |
| TEŞEKKÜR.....                             | iii   |
| ÖZ.....                                   | iv    |
| ABSTRACT.....                             | v     |

## BÖLÜM BİR – GİRİŞ .....1

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 1.1 Kaynak İşleminin Tanımı ..... | 1 |
| 1.2 Kaynağın Önemi.....           | 2 |

## BÖLÜM İKİ – MIG/MAG GAZALTI KAYNAK YÖNTEMİ.....3

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Gazaltı kaynak yönteminin tanımı ve sınıflandırması.....                                                                              | 4  |
| 2.2 MIG/MAG Kaynağı yöntemi.....                                                                                                          | 4  |
| 2.2.1 MIG Kaynağı .....                                                                                                                   | 4  |
| 2.2.2 MAG Kaynağı .....                                                                                                                   | 5  |
| 2.3 MIG/MAG Kaynağı Donanımı .....                                                                                                        | 6  |
| 2.3.1 Kaynak Torcu .....                                                                                                                  | 7  |
| 2.3.2 Kaynak Akım Üretici .....                                                                                                           | 7  |
| 2.3.3 Kaynak Telinin Hareketini Sağlayan Tertibat .....                                                                                   | 11 |
| 2.3.4 Torç Bağlantı Paketi .....                                                                                                          | 12 |
| 2.3.5 Kaynak akımının geçişini, soğuma suyunun devreye girişini, argon gazının akışını ve telin hareketini sağlayan elektronik kart ..... | 13 |
| 2.3.6 Basınç düşürme manometresi ve ölçü aleti ile teçhiz edilmiş bir adet gaz tüpü.....                                                  | 13 |

## BÖLÜM ÜÇ –KAYNAK PARAMETRELERİ .....14

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1 Kaynak Parametrelerinin Seçimi.....                                           | 14        |
| 3.2 Önceden Tespit Edilen ve Kaynak Sırasında Değiştirilemeyen Parametreler ..... | 15        |
| 3.2.1 Kaynak Teli.....                                                            | 15        |
| 3.2.2 Koruyucu Gaz Türü .....                                                     | 17        |
| 3.2.2.1 Koruyucu Gazların Temel Özellikleri Türü .....                            | 19        |
| 3.2.2.2 Argon .....                                                               | 20        |
| 3.2.2.3 Karbondioksit .....                                                       | 21        |
| 3.2.2.4 Argon-Karbondioksit .....                                                 | 21        |
| 3.3 Birinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler.....                              | 22        |
| 3.3.1 Akım Şiddeti .....                                                          | 22        |
| 3.3.2 Ark Gerilimi .....                                                          | 24        |
| 3.3.3 Kaynak Hızı .....                                                           | 26        |
| 3.4 İkinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler .....                              | 27        |
| 3.4.1 Torç Açısı.....                                                             | 27        |
| 3.4.2 Serbest Tel Uzunluğu .....                                                  | 28        |
| <br><b>BÖLÜM DÖRT –ALİŞİLMİŞ ve İNVERTER TİPTE MIG-MAG .....</b>                  | <b>31</b> |
| <b>KAYNAK MAKİNALARI</b>                                                          |           |
| 4.1 Kaynak Makinaları .....                                                       | 31        |
| 4.2 Elektrik Kaynağı Yöntemlerinde Kullanılan Akım Üreteçleri .....               | 32        |
| 4.2.1 Motor -Generatör Türü Akım Üreteçleri (Doğru Akım Generatörleri) ...        | 33        |
| 4.2.2 Alternatif Akım Üreteçleri .....                                            | 33        |
| 4.2.3 Redresör Türü Akım Üreteçleri.....                                          | 34        |
| 4.2.4 Sinerjik Darbeli Akım Üreteçleri .....                                      | 35        |
| 4.3 Elektronik Kaynak Makinaları.....                                             | 36        |
| 4.3.1 İnverter Kaynak Makinaları .....                                            | 37        |
| 4.3.1.1 İnverterler .....                                                         | 37        |
| 4.3.1.2 İnverter Kaynak Makinalarının Genel Yapıları.....                         | 38        |
| 4.3.1.3 Alışılmış Kaynak Makinaları ile İnverterlerin Karşılaştırılması.....      | 39        |
| 4.3.1.4 İnverter Tipi Kaynak Makinalarının Özellikleri.....                       | 42        |

## **BÖLÜM BEŞ –KAYNAK DİKİŞLERİNİN İNCELENMESİ .....45**

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1 Deney Malzemeleri .....                                      | 47 |
| 5.1.1 Esas Metal .....                                           | 47 |
| 5.1.2 Tel Elektrod .....                                         | 48 |
| 5.1.3 Koruyucu Gaz .....                                         | 48 |
| 5.2 Alın ve Köşe Kaynaklarının Yapılışı.....                     | 48 |
| 5.3 Kaynak Dikişlerinin Karşılaştırılması .....                  | 52 |
| 5.3.1 Kaynakların Görsel Karşılaştırılması .....                 | 52 |
| 5.3.2 Penetrent Testi Neticesi .....                             | 56 |
| 5.3.3 Kaynak Profilinin İncelenmesi .....                        | 58 |
| 5.3.3.1 Numunelerin Hazırlanması .....                           | 58 |
| 5.3.3.2 Numune Kaynak Profillerinin İncelenmesi.....             | 59 |
| 5.3.4 Kaynak Bölgesinde Sertlik Taraması Karşılaştırılması ..... | 67 |

## **BÖLÜM ALTI –SONUÇLAR .....76**

## **KAYNAKÇA .....78**

## **BÖLÜM BİR**

### **GİRİŞ**

#### **1.1 Kaynak İşleminin Tanımı**

Kaynak işlemini makroskobik ve mikroskobik alanda olmak üzere iki şekilde tanımlamak mümkündür. Makroskobik olarak kaynak etmek, aralarında malzemenin sürekliliğini sağlayarak iki veya daha fazla parçayı birbirleri ile birleştirmek demektir. Kaynakta süreklilik, kaynak yeri malzemesi ve kaynağı yapılan parçaların malzemesinin mekanik özelliklerinin aynı olması demektir. Mikroskobik alanda kaynak etmek, birleştirilecek parçaların birleşme yüzeylerindeki atomların karşılıklı çekme bölgelerine getirilmesidir. Kaynak işlemi, dışarıdan kaynak yerine belirli bir enerji vermek suretiyle ve kaynak yöntemine göre bir katkı malzemesi ile veya katkı malzemesi olmaksızın yapılabilir....Bir malzemeyi koparmak, kopma yerindeki atomların çekme kuvvetlerini yenip, o atomları birbirinden uzaklaştırmak, dolayısıyla kopma bölgesindeki çekim kuvvetlerini ortadan kaldırmak demektir. Kaynak etmek ise tam tersi olup, iki parçayı birbirine o kadar yaklaştırmaktır ki, parçaların karşılıklı gelen yüzeylerindeki atomlar arasındaki mesafe kafes sabiti mesafesine gelsin. Yani atomlar karşılıklı çekme alanlarına gelmiş olsun. İşte bu durumda atomlar karşılıklı olarak birbirlerini çekmeye başlarlar ve bir daha ayrılamazlar. Böylece iki parça birleşmiş (kaynamış) olur. (Karadeniz, 1989).

American Welding Society'ye göre kaynak ve ilgili yöntemler sınıflandırılmış olup, birbirinden farklı enerji ve koruyucu gaz kullanılan 116 kaynak, termik kesme ve lehimleme yöntemi tanımlanmıştır.

Kaynak işlemi için gerekli olan enerjinin kaynak yerine verilmiş şekline göre kaynak yöntemlerini ergitme kaynağı yöntemi ve basınç kaynağı yöntemi olarak da ikiye ayırabiliriz:

##### **1- Ergitme Kaynağı Yöntemleri**

1-1. Elektrik ark kaynağı yöntemleri ve benzerleri (Benzerleri dediğimizde lazer kaynağı, plazma kaynağı, elektron ışını kaynağı, normal ışık kaynağı)

1-2. Gaz kaynağı yöntemleri - Yanıcı ve yakıcı gazların karıştırılıp yakılarak elde edilen alevle kaynak

2- Basınç kaynağı yöntemleri

2-1. Soğuk basınç kaynağı yöntemleri

2-2. Sıcak basınç kaynağı yöntemleri

2-2-1. Direnç kaynağı yöntemleri

2-2-2. Sürtünme kaynağı

MIG/MAG Kaynağı yöntemi yukarıdaki sınıflandırmada ülkemizde en çok kullanılan (%75) ergitme kaynağı yöntemidir.

## **1.2 Kaynağın Önemi**

Kaynak, hemen hemen bütün endüstride yaygın olarak kullanılır. Kaynaklı birleştirmelerin günlük yaşantımızdaki yeri büyüktür. Kullandığımız arabada, kolumuzdaki saatte, cebimizdeki telefonda hep kaynak vardır. Kaynak kalıcı bir birleştirme sağlar. Malzeme kullanımı ve fabrikasyon maliyetleri bakımından genellikle en ekonomik imal usulüdür. Kaynak pratikliği yüksek bir imalat yöntemi olup fabrika ortamı ile sınırlı değildir, sahada da yapılabilir.

## **BÖLÜM İKİ**

### **MIG/MAG KAYNAĞI YÖNTEMİ**

#### **2.1 Gazaltı Kaynak Yönteminin Tanımı ve Sınıflandırması**

Gazaltı ark kaynak yöntemi, kaynak bölgesini havanın ve çevrenin olumsuz etkilerinden korumak amacıyla çeşitli gazlar kullanılarak yapılan kaynak metodudur. Koruyucu gaz kaynak arkını ve kaynak yerini korumanın yanında aynı zamanda arkı stabilize de eder. Kaynak işleminde kullanılan gaz ve elektrot cinsi, kaynağa adını verir.

Metal koruyucu gaz kaynağı, koruyucu gaz atmosferi altında sonsuz ve eriyen tel elektrotla yapılan bir ark kaynağı yöntemidir. Doğru akım kullanılır, tel elektrot kural olarak artı kutuptadır.

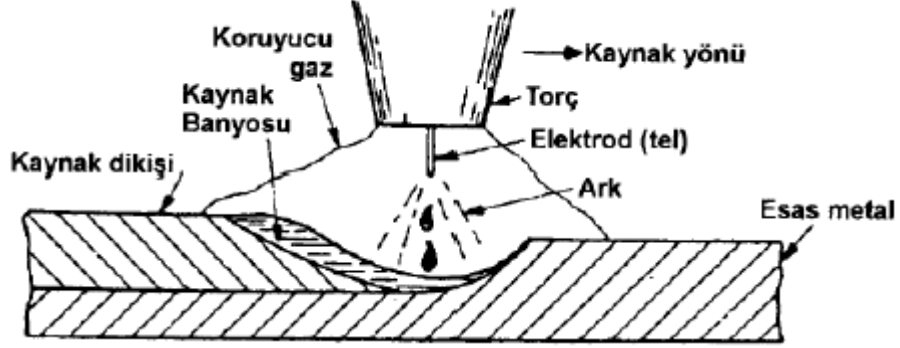
Koruyucu gazla kaynak olarak da bilinen bu kaynak usulü ilk defa 1926 yılında “Alexander” usulü olarak ortaya çıkmıştır. Bu usulde kaynak bölgesi, metanol gazı ile korunmakta idi. Bundan başka yine 1926 senesinde kaynak yerinin hidrojen gazı ile korunduğu, “ark atom” ve 1928’de oksii-asetilen aleviyle korunan “Arcogen” usulleri geliştirilmiştir. (Anık, 1991)

Daha sonraki senelerde yapılan çalışmalarda, koruyucu gaz olarak helyum ve argon gibi soy gazlar, karbondioksit gibi aktif gazların kullanılması uygulama alanına girmiştir. (Anık, 1991)

Gazaltı kaynağında arkın teşekkülü için kullanılan elektrod malzemesi ve koruyucu gazın cinsine göre, aşağıdaki gibi sınıflandırma yapılabilir:

- a-) Erimeyen elektrodla yapılan gazaltı kaynağı
  - a<sub>1</sub>-) Erimeyen iki elektrodla yapılan gazaltı kaynağı (ark atom kaynağı)
  - a<sub>2</sub>-) Erimeyen bir elektrodla yapılan gazaltı kaynağı (TIG)
- b-) Eriyen elektrodla yapılan gazaltı kaynağı
  - b<sub>1</sub>-) Çıplak elektrodla soygaz atmosferi altında yapılan gazaltı kaynağı (MIG)

b<sub>2</sub>-) Eriyen metal elektrod ile, karbondioksit atmosferi (aktif gaz) altında yapılan gazaltı kaynağı (MAG) (Anık, 1991)



Şekil 2.1. Gazaltı kaynak yönteminde ark bölgesi

## 2.2 MIG/MAG Kaynağı Yöntemi

### 2.2.1 MIG Kaynağı

MIG Kaynağı soy gaz atmosferi altında eriyen elektrodla yapılan bu kaynak türü SIGMA kaynağı olarak da bilinir. Soy gaz olarak, argon ve helyum gazı kullanılmaktadır. MIG sembolü, *Metal Inert Gas* ifadesinin baş harflerinin alınması ile oluşturulmuştur. Koruyucu gaz olarak argon, helyum ya da ikisinin karışımı kullanılır. Hafif metallerin MIG kaynağında kullanılan argon gazının yüksek saflıkta olması gerekir (%99,99). Paslanmaz çelik malzemelerin MIG kaynağında ise, argon gazına oksijen ve karbondioksit gazları karıştırılır. Bu karışımda oksijen %3 ila 6, karbondioksit %5 ila 13 arasındadır. Gaz karışımına bağlı olarak, dikişte elde edilen dikiş formları da değişmektedir. Karışımda oksijenin bulunması, arkın kararlılığını ve erimiş damlaların yüzeyde kolayca tutunmasını, banyonun akışkanlığını arttırarak, banyonun malzemeyi daha iyi sarmasını sağlar. Ayrıca gözenek teşekkülünü de önlemektedir. (Anık, 1991)

MIG kaynağında doğru akım kullanılır ve elektrod, genellikle pozitif kutuba bağlanır (ters kutuplama). Son dönemde geliştirilmiş AC MIG'de mevcuttur. Böylece, hem derin bir nufuziyet, hem de oksit tabakasının parçalanması sağlanmış

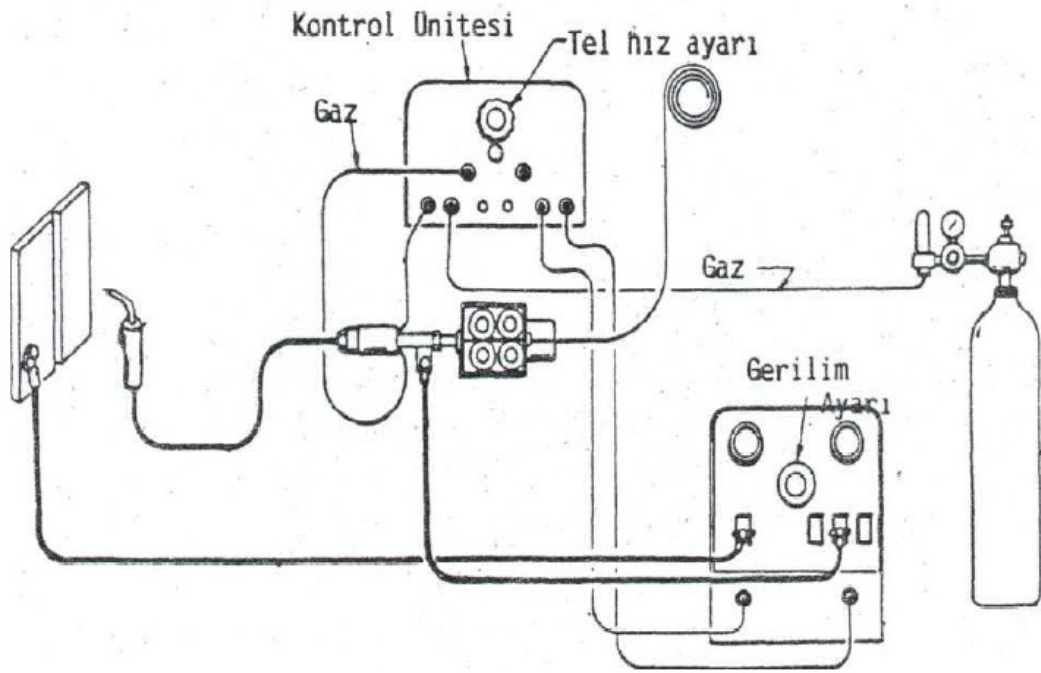
olur. Paslanmaz eliklerin i köşe kaynağında ve doldurma kaynaklarında, elektrod negatif kutba bağlanır.

MIG kaynağında yatay karakteristikli doğru akım kaynak makinaları kullanılır. Bu makinaların akım şiddeti ayarı, ark gerilimi ayarlanarak yapılır. Kaynak esnasında, kaynak telinin sabit hızda sevk edilmesi, ark boyunun otomatik olarak sabit tutulmasını temin eder. MIG kaynağı bilinen dikiş kaynak pozisyonlarının hepsine uygundur. Yatay pozisyonlarda hem el, hem de otomatik olarak kaynak yapılabilir. (Anık, 1991)

Kaynak dikişinin yüksekliği, genişliği ve nüfuziyeti aynı torç tutuşunda (açısında) kaynak gerilimini, kaynak akım şiddetini ve kaynak hızını değiştirerek ayarlanabilir. Kaynak sırasında kaynak torcu, kaynak yönüne ters istikamette en fazla 30<sup>0</sup> lik bir eğimle tutulur. Böylece kaynakçı, kaynak banyosuna ve elektrodun erime işlemine kolayca bakabilir. Eğer eğimi fazla olursa, nüfuziyet azalır ve dikiş inceler. Aynı zamanda fazla eğim gazın koruma kabiliyetini azaltır, dikişte gözenek ve kalıntıların meydana gelmesine sebep olur.(Anık,1991)

### **2.2.2 MAG Kaynağı**

Eriyen metal elektrodla karbondioksit veya argon+karbondioksit karışım atmosferi altında yapılan, gazaltı kaynak türüdür. MAG “Metal Activ Gas” ifadesinin baş harflerinden türetilmiştir. MAG kaynağının, MIG kaynağından tek farkı, koruyucu gaz olarak karbondioksit kullanılmasıdır. Bu sebeple MIG kaynak donanımı ile MAG kaynak donanımı aynıdır. Kaynak donanımı şekil 2.2.’de verilmiştir.



Şekil 2.2 MIG/MAG kaynak donanımı blok şeması

MAG kaynağı yapı çeliklerinin kaynağında kullanılır. Kaynak dikişinin özellikleri, kaynak telinin kalitesine, karbondioksit gazının safiyet derecesine ve kaynak esnasındaki miktarına bağlıdır.

MAG kaynağında doğru akım ve ters kutuplama kullanılır. Yatay karakteristikli kaynak makinalarıyla kaynak yapılır. Erime gücü, akım şiddetine bağlıdır. MAG kaynağında, kısa ark boyu ile çalışılır. Ark boyu, 1 ila 2 mm arasındadır. Kaynak torcu mümkün olduğu kadar, parçaya dik olarak tutulmalıdır. Ark boyunun büyük tutulması halinde, dikiş içerisine hava girer ve dikiş gözenekli olur. Kaynak otomatik olarak veya el ile yapılabilir. El ile yapılması durumunda, bütün pozisyonlarda kaynak yapılabilir. Otomatik MAG kaynaklarında, derin nüfuziyetli ve muntazam görünümlü dikişler elde edilir. (Anık, 1991)

### 2.3 MIG / MAG Kaynağı Donanımı

MIG /MAG kaynağı donanımı aşağıdaki kısımlardan oluşur:

a- Kaynak torcu

- b- Kaynak akım üretici
- c- Kaynak telinin hareketini sağlayan tel sürme mekanizması
- d- Çıplak elektrot teli, koruyucu gaz, kaynak akımı, suyun giriş ve çıkışını sağlayan hortum şeklinde iletkenler; torç bağlantı paketi
- e- Kaynak akımının geçişini, soğuma suyunun devreye girişini, gazın akışını ve telin hareketini sağlayan elektronik kart (beyin)
- f- Basınç düşürme manometresi ve ölçü aleti ile teçhiz edilmiş bir adet gaz tüpü

### **2.3.1 Kaynak (Kaynak Torcu)**

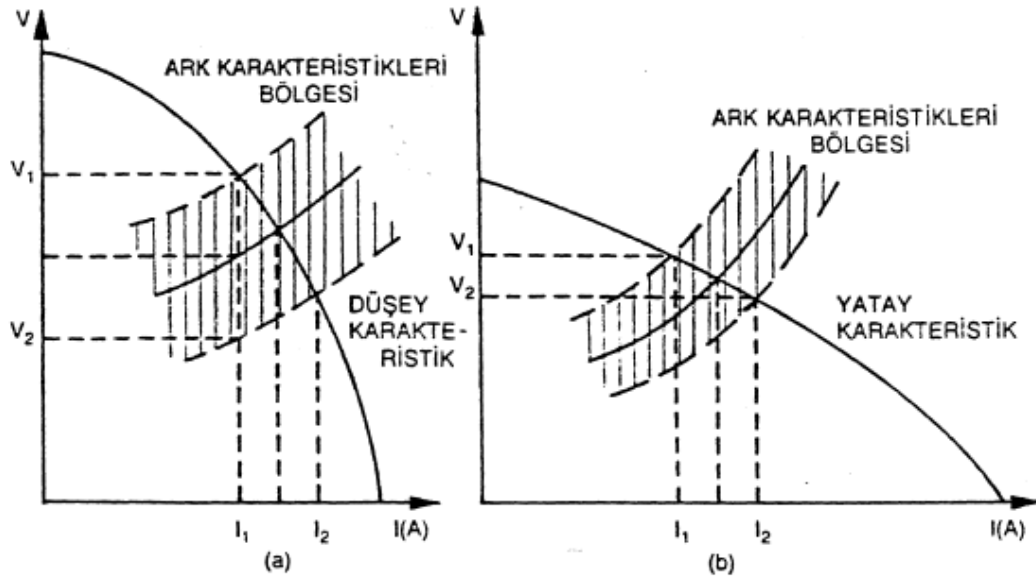
MIG/MAG kaynağında, elektroda akımın yüklenmesi, ark bölgesine koruyucu gazın gönderilmesi torcun görevidir. Arkın çok yakınında bulunması nedeni ile özellikle, yarı otomatik yöntemlerde operatörün sıcaklıktan mümkün olduğu kadar az etkilenmesi için çeşitli biçimlerde torçlar geliştirilmişse de günümüzde en yaygın olarak kullanılanı, oksii asetilen hamlacını andıran biçimde bükülmüş olan türüdür; tel elektrodun spiral içinde itilerek ilerletilmesi çok zor olan alüminyum gibi yumuşak malzemelerin kaynağında tel sürme motorunun torç üzerinde bulunduğu push pull torç adı verilen torçlar da kullanılmaktadır.

MIG/MAG yönteminde tel elektrod sürekli olarak ilerlediği için tele elektrik iletimi bir hareketli kontak ile sağlanır. Tel torcu terketmeden biraz evvel alaşımlı bakır esaslı bir akım memesi içinden geçerken kaynak akımı ile yüklenir; bu akım memesine konsantrik olarak, torcun ağız bölgesinde bir gaz lülesi (nozül) bulunur ve bu lüle sayesinde, koruyucu gaz akımı laminar olarak (girdapsız olarak) kaynak bölgesine sevk edilir. (Tülbentçi, 1993)

### **2.3.2 Kaynak Akım Üretici**

Kaynak güç üniteleri ark oluşturmak için, elektrik enerjisini elektroda ve iş parçasına iletir. MIG/MAG kaynağında elektrodun pozitif kutba bağlı olduğu doğru akım kullanılır. Bu nedenle güç ünitelerinin pozitif ucu torca, negatif ucu ise iş parçasına bağlanır.

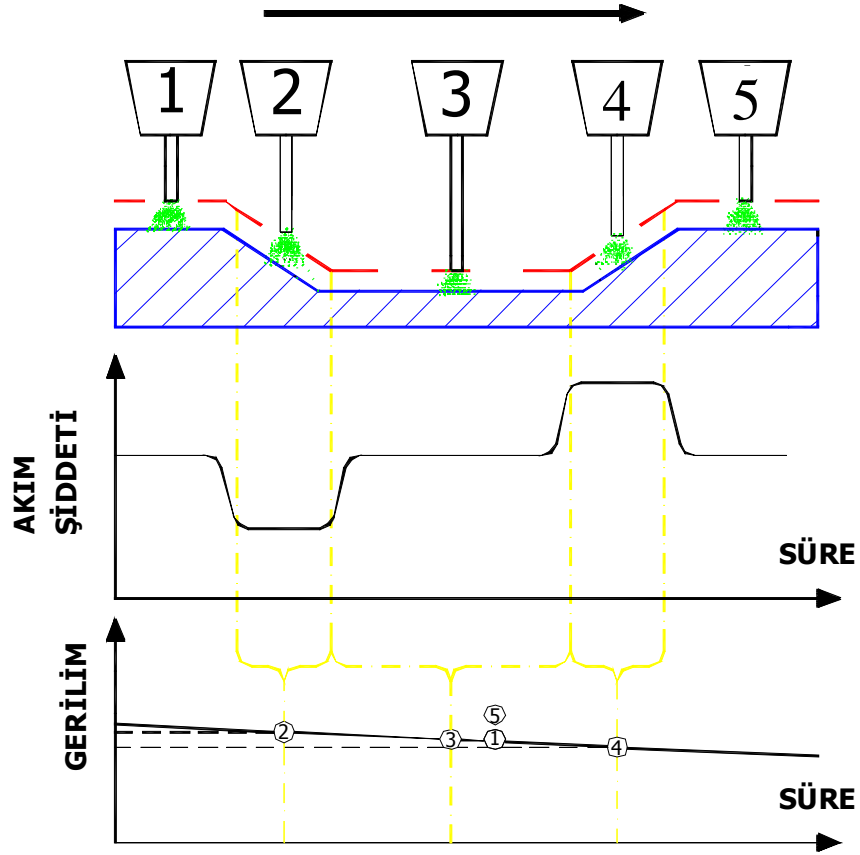
MIG / MAG kaynağında kullanılan kaynak akım üreteçlerinin V-I karakteristiği örtülü elektrod ile yapılan elektrik ark kaynağı ve TIG kaynağında kullanılan akım üreteçlerinden çok farklıdır. MIG / MAG kaynak yönteminde kullanılan akım üreteçleri yatay karakteristiktir; sabit gerilimli diye de adlandırılan bu kaynak akım üreteçlerinde, gerilimin tamamen sabit tutulması mümkün olmadığı gibi aynı zamanda mahzurludur. Zira böyle bir üreteçte elektrod iş parçasına temas ettiğinde gerilim düşecek ve akım şiddeti sonsuz yükselecektir ve bu da elektrod ucunda ani bir patlamaya ve şiddetli sıçramaya neden olur; bu bakımdan bu tür kaynak akım üreteçlerinde her 100 amper için azami 7 Volt kadar ark gerilimi düşümüne müsaade edilir; bu değer kaliteli üreteçlerde 2 ilâ 5 V arasındadır. (Tülbentçi, 1993)



Şekil 2.3 Kaynak akım üreteçlerinde V-I karakteristikleri

- a) Düşey karakteristik (TIG ve elektrik ark kaynağı için)
- b) Yatay karakteristik (MIG/MAG kaynağı için)

MIG / MAG kaynağı akım üreteçlerinde iç ayar diye adlandırılan ark boyu ayarı vardır. Bu makinelerde ark gerilimi, tel ilerleme hızı ve buna bağlı olarak da akım şiddeti ayarlanır. Tel sürme motorunun hızı ayarlanan bir devirde döneceğinden tel ilerleme hızı sabittir.



Şekil 2.4 İç ayar ile ark boyunun kaynak süresince sabit kalması

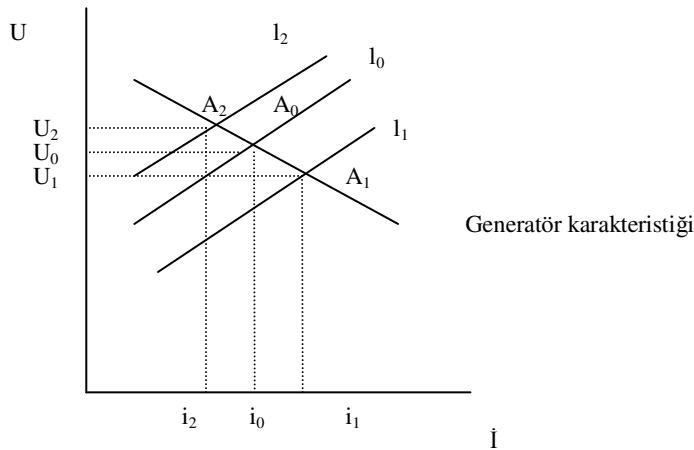
Kaynak esnasında herhangi bir nedenle ark boyu uzadığı zaman Şekil 2.4 de görüldüğü gibi akım şiddeti büyük miktarda azalır. Buna bağlı olarak da eriyen tel miktarı azaldığından ark normal boyuna döner; aksi halde, yani ark boyunun kısalması halinde ise akım şiddeti süratle artar, eriyen tel miktarı da buna bağlı olarak artacağından netice de ark boyu normale döner.

$\Delta I$ -Akım ayarlı (iç kontrol) yönteminde, hem tel sürme motorunun rotoru ve hem de uyarma bobininin beslenmesi kaynak işleminden bağımsızdır, bir potansiyometre ile DC-Motorunun hızı, dolayısıyla elektrod sürme hızı kaynaktan önce sabit bir  $V_e$  değerine ayarlanır ve bu hız kaynak işlemi boyunca sabit kalır. Buradaki elektrod ergime hızı, sabit olan elektrod sürme hızına eşit olduğu müddetçe ark, U-I diyagramında  $A_0$  çalışma noktası ile belirlenen bir  $l_0$  uzunluğunda yanar.

$l_0$  boyunda bir arkla,  $A_0$  çalışma noktasında kaynak yaparken ark boyu  $l_2 > l_0$  şeklinde bir değişim gösterdiğinde, U-I diyagramından görüleceği gibi çalışma noktası  $A_0$  dan  $A_2$  ye gelir ve boyu uzayan arkın direnci  $\Delta R_B$  kadar büyür. Kullanılan sabit gerilimli makinanın verdiği  $U_A$  gerilimi değişmediğinden (veya çok az değiştiğinden)  $I_A$  akım şiddeti, ohm kanunu gereği

$$I_A = U_A / (R_A + \Delta R_B) \text{ ye göre,}$$

-  $\Delta I$  kadar azalır. Akım şiddetinin karesi ile doğru orantılı olarak değişen elektrod ergime hızı ( $E = I^2 \cdot R \cdot t$ ) yavaşlayarak, normal  $l_0$  ark boyundaki elektrod sürme hızından daha küçük olacaktır. Böylece çalışma noktası, elektrod sürme hızı sabit olduğu için ergimesi geciken elektrod, açılan arayı kapatacak ve ark boyu tekrar  $l_0$  boyunu alıncaya, çalışma noktası  $A_2$  den  $A_0$  a gelinceye kadar kısılacaktır. Ark boyunun  $l_1 < l_0$  şeklindeki boy kısaltmalarında ise olay tersine olacak, ark direnci küçülecek ve ark akımı büyüyerek ( $I_A = U_A / (R_A - \Delta R_B)$ ) olacak, tel ergime hızı artacak ve tel hızı sabit olduğundan kapanan ara tekrar açılıp, ark boyu  $I_1$  den  $I_0$ 'a, çalışma noktası da  $A_1$  den  $A_0$  'a gelecektir. Böylece ark boyu kendi kendine ayarlanmış olacaktır.



Şekil 2.5  $\Delta I$ -Akım ayar ve kontrol sisteminde parametrelerin ve çalışma noktasının değişimi

Günümüzde ark boyu kontrolü için tel sürme motoru olarak adım motorlu ve hatta son dönemde servomotorlu sistemler devrede olup, bu sayede daha hassas kontrol yapılabilmektedir.

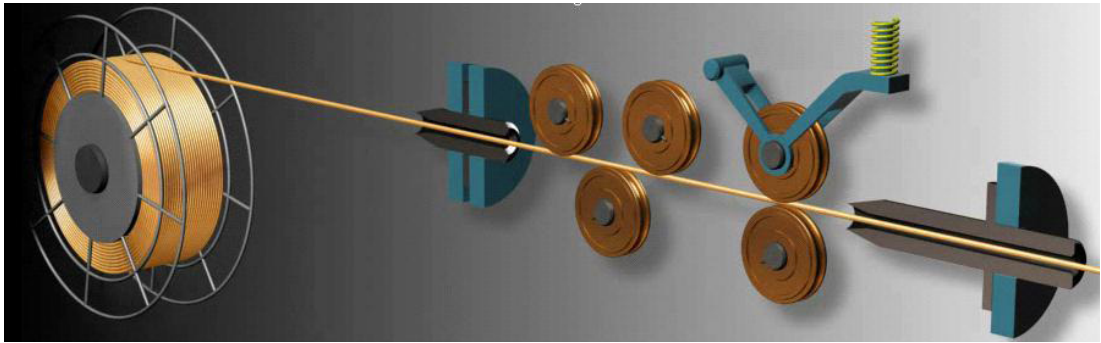
Yatay karakteristikli kaynak makinalarında kaynak gerilimini makine üzerinden ayarlama imkanı vardır. Yani makina üzerinden güç ayarı, makina gerilimini değiştirerek yapılır, makina üzerinden güç ayarında akım fazla değişmez. Bu nedenle bu makinalarda güç ayarı gerilim ayarı ile yapılır denir. Yatay karakteristikli makinalarda ark boyu değişimlerinde büyük akım, dolayısıyla büyük güç değişimleri olur, yani bu makinaların çalışması serttir. Ayrıca yatay karakteristikli kaynak makinalarında, kaynakta meydana gelen çeşitli kısıadevre durumlarında oluşacak kısıadevre akımı, makina tarafından çok iyi sınırlandırılmaz, akım çok büyük değerlere, dolayısıyla güç çok yüksek değerlere çıkar. Bu da kaynak banyosunda patlamalara, elektrodta sıvı partiküllerin çevreye dağılmasına ve kaynak dikiş kalitesinin düşmesine neden olur. Bu nedenle kısıadevre durumlarında akımın kaynak makinası dışından bir önlemle sınırlandırılması gerekir. Bu amaçla kaynak makinasına seri çekirdekli (büyük indüktanslı) bir bobin bağlanır. Bu bobin kısıadevre durumlarında kaynak makinasının akımını bir sınır değerde (müsadeli maksimum akım) sınırlandırır.... Bir karakteristiğin yatay olup olmadığına şu şekilde karar verilir. Eğer bir makinanın karakteristiğindeki 100 Amperlik bir akım aralığındaki gerilim değişimi 1 ile 7 volt arasında bir değerde ise, o makina karakteristiği yatay, daha büyük değerde ise makina karakteristiği düşey olarak isimlendirilir. Burada yatay karakteristikli makina karakteristiği ile ark karakteristiğinin kesim noktasından görüleceği üzere küçük gerilim değişimlerine veya küçük ark uzunluğu değişimlerine karşılık büyük akım değişimleri ortaya çıkar. Bu durum şu neticeyi doğurur. Bu tür makinalarla yapılan mekanik veya otomatik kaynak yöntemlerinde kaynak teli önceden tespit edilen bir hızla iletilir ve kaynak teli ark taşıyıcısıdır. Bu kaynak makinası ile kaynakta, elektrod teli ark (akım) taşıyıcısı olduğu için kaynağın sıhhatli olması, kaynak işleminde ortaya çıkan ark karakteristikleri bölgesinde ark içinde meydana gelen olayların değişmemesine, kaynak boyunca aynı kalmasına bağlıdır. (Karadeniz, 2009)

### ***2.3.3 Kaynak telinin hareketini sağlayan mekanizma***

Tel sürme mekanizması, teli makaradan çekip, ergiyen tel miktarını karşılayacak

bir hızla ark bölgesine sevkeden bir mekanizmadır. Tel sürme tertibatı, teli makaradan çekip önceden saptanmış bir hızla ark bölgesine gönderen mekanizmasıdır. Çalışma sistemlerine göre çekme, itme türü tertibatlar diye adlandırılırsa da prensip olarak çalışma bakımından da pek bir fark yoktur. Hız ayarı kademesiz bir mekanik tertibat veya gerilimi değiştirilerek hızı ayarlanan bir doğru akım motoru tarafından gerçekleştirilir. (Tülbentçi, 1993)

Tel besleme ünitesi (tel besleyici) bir elektrik motoru, tel makaraları ve tel doğrultusunu ve basıncı ayarlayan aksesuarlardan meydana gelmiştir. Tel besleme motoru genellikle doğru akımla çalışır. Teli kaynak torcuyla iş parçasına doğru iter. Motor hızını geniş bir aralıkta değiştiren bir kontrol devresinin mevcut olması gerekir. Sabit hızlı tel besleyicileri normal olarak sabit gerilimli güç üniteleri ile birlikte kullanılırlar. Bunlar, gerekli devreler eklendiği takdirde sabit akımlı güç ünitelerinde de kullanılabilir.



Şekil:2.6 Tel besleme ünitesi

#### **2.3.4 Torç Bağlantı Paketi**

Torç kaynak makinasına, içinde tel elektrod kılavuzunu, akım kablosunu, koruyucu gaz hortumunu ve gerekli hallerde soğutma suyu geliş ve dönüş hortumlarını bir arada tutan metal spiral takviyeli ve kalın hortum ile irtibatlanmıştır, bu kalın hortuma torç bağlantı paketi adı verilir.

Kullanılan tel elektrodun malzemesine göre çeşitli türde kılavuzlar kullanılır; bazı yörelerde bu kılavuzlara spiral veya gayd adı da verilir. Kılavuz, tel iletme tertibatından akım memesine kadar tel elektrodun sevk edilmesi görevini üstlenir;

alüminyum ve alaşımları, Cr-Ni östenitik paslanmaz çelikler için plastik hortum (kılavuz), alaşımsız ve alaşımlı çelik elektrodlar için ise çelik 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 kullanılabilir.(Tülbentçi, 1990)

### ***2.3.5 Kaynak akımının geçişini, soğuma suyunun devreye girişini, argon gazının akışını ve telin hareketini sağlayan elektronik kart***

Gerekli ayarlar yapıp makinanın ana şalteri kapatılarak çalışmaya hazır hale gelince, kaynağa başlamak için yarı otomatik MIG / MAG makinalarında torç üzerindeki düğmeye basmak kâfi gelir. Bu anda, önce ayarlanmış debide koruyucu gaz akımı başlar, kısa bir süre sonra ark oluşur ve ark oluştuktan çok kısa bir süre sonra da tel sürme tertibatı devreye girer. Kaynağa son verilmesi halinde ise bu sıralamanın tersi oluşur. Büyük güçlü makinalarda ayrıca soğutma suyunun devreye giriş ve çıkışı da gene kumanda tertibatı tarafından gerçekleştirilir. (Tülbentçi, 1990)

### ***2.3.6 Basınç düşürme manometresi ve ölçü aleti ile teçhiz edilmiş bir adet gaz tüpü***

Ülkemizde MIG / MAG kaynağı için gerekli koruyucu gaz basınçlı tüplerden sağlanır.

Tüp ağızlarına gaz basınç regülatörü diye isimlendirilen bir düzenek takılır; bunun üzerinde tüpe yakın olan manometre tüp basıncını, diğeri ise gaz debisini gösterir. Gaz debisi bu şekilde ölçülüp ayarlanabildiği gibi, debimetre denilen bir konik cam tüp içinde hareketli bir bilye bulunan aletle de yapılabilir.

## **BÖLÜM ÜÇ**

### **KAYNAK PARAMETRELERİ**

#### **3.1 Kaynak Parametrelerinin Seçimi**

Kaynak parametrelerinin seçimi ve seçilen parametrelerin ayarlanması kaynak kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Kaynak parametreleri kaynatılacak metalin cinsi kalınlığı, kaynak ağzı geometrisi göz önünde bulundurularak seçilir. İstenen özelliklerde kaynak elde edebilmenin yolu doğru kaynak parametrelerini belirlemekten geçer.

Kaynak parametreleri, kaynak öncesinde tespit edilen ve kaynak süresince değiştirilemeyen, birinci derecede ayarlanabilir ve ikinci derecede ayarlanabilir parametreler olmak üzere üç grupta toplanabilirler.

Önceden tespit edilen ve kaynak sırasında değiştirilemeyen parametreler, kaynağı yapılacak malzemenin cinsi ve kalınlığına, kaynaktan beklenen mekanik özelliklere ve kaynak pozisyonuna göre tespit edilen tel cinsi, tel çapı, koruyucu gazın türü gibi parametrelerdir.

Birinci derecede ayarlanabilir parametreler tel, koruyucu gaz seçimi yapıldıktan sonra kaynak dikişinin boyutlarını, biçimini, arkın stabilitesini etkileyen parametreler olup, MIG / MAG kaynağında bu parametreler kaynak akım şiddeti, ark gerilimi ve kaynağın hızıdır.

İkinci derecede ayarlanabilir parametreler ise, birinci derecede ayarlanabilir parametrelere etkiyen dolaylı olarak da kaynak dikişinin biçimini belirleyen parametrelerdir. Önceden seçilip değerlendirilmeleri zor olup, bazı durumlarda etkileri de net bir şekilde görülemeyebilir. MIG / MAG kaynağında bunlar torç açısı ve serbest tel uzunluğudur.

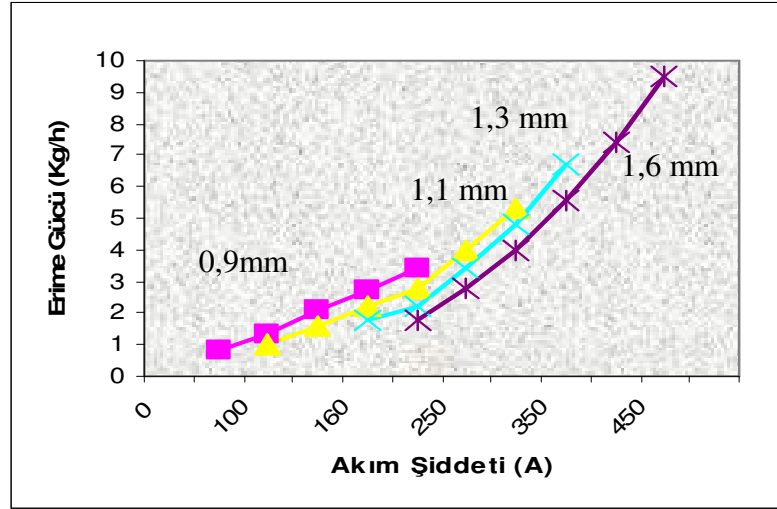
## 3.2 Önceden Tespit Edilen ve Kaynak Sırasında Değiştirilemeyen Parametreler

### 3.2.1 Kaynak Teli

Kullanılan kaynak teli, MIG / MAG kaynak yönteminde hem ark oluşturunu ve hem de ilave metal görevi görür.

Her tür elektrod bileşimi için elektrod çapına bağılı olarak bir akım şiddeti aralığı vardır. Büyük çaplı elektrodlar daha yüksek akım şiddeti ile kullanılabildiklerinden daha yüksek bir erime gücüne sahiptirler ve daha derin nüfuziyetli dikişler oluşturunlar. Erime gücü akım yoğunluğunun bir fonksiyonudur, eş çaplı iki elektrod farklı akım şiddetlerinde kullanıldıklarında, yüksek akım şiddeti ile yüklenende akım yoğunluğu büyük olduğundan, daha yüksek bir erime gücü elde edilir. Akım şiddeti, tel çapı ve erime gücü arasındaki ilişkiler Şekil 3.1’ de görölmektedir. Dikişin nüfuziyeti de akım yoğunluğuna bağılıdır, aynı akım şiddetinde, küçük çaplı elektrodla büyük çaplı elektroda göre daha derin nüfuziyetli dikişler elde edilir. Büyük çaplı elektrod halinde ise kaynak dikişi daha geniş olur.

Kullanılacak olan kaynak elektrodunun çapının seçiminde kaynatılan parçanın kalınlığı, nüfuziyet derecesi, erime gücü, arzu edilen kaynak dikişi profili, kaynak pozisyonu ve elektrodların fiyatı göz önünde bulundurulur. Küçük çaplı elektrodlar ağırlık ölçüsünde daha pahalıdır, fakat her uygulama için kaynak maliyetini asgariye indiren bir elektrod çapı bulmak mümkündür.(Tülbentçi, 1993)



Şekil:3.1 Yığılan kaynak metali, akım şiddeti ve elektrod çapı arasındaki ilişki

Tel elektrotun çapı eritme gücünü etkiler ve ince teller aynı akım değerinde daha yüksek eritme gücüne sahiptir. Bu durum şöyle açıklanabilir. Aynı VoltxAmper güç değerinde, ince tel kesitleri özgül olarak (birim kesit başına) daha yüksek akımla yüklenirler.

Bu yöntemde kullanılan elektrotlar Ø 0,6; Ø 0,8; Ø 1,0; Ø 1,2; ve Ø 1,6 mm çaplarında olup, üzeri bakır ile kaplandıktan sonra bir makaraya sarılarak oluşturulan bobin şeklindedir. Bu bobin makineye takılır. Son yıllarda kaynak metalinin özelliklerini geliştirmek için çeliklerin kaynağında kullanılmak üzere, masif (dolu) elektrotların dışında, özlü veya kenetli elektrot diye tanımlanan elektrotlar da geliştirilmiştir.

Özsüz olarak kullanılan tel elektrotlar bileşimlerine göre SG1, SG2 ve SG3 olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Tablo 3.1'de TS 5618'e göre alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan tel elektrotların kimyasal bileşimleri verilmiştir.

Tablo 3.1 Çeliklerin kaynağında kullanılan tellerin kimyasal bileşimi (Anık;Vural, 1998)

| Simge | Malzeme No | Kimyasal Bileşim |          |         |       |       |      | Müsaade Edilen Safsızlık |
|-------|------------|------------------|----------|---------|-------|-------|------|--------------------------|
|       |            | C                | Si       | Mn      | P     | S     | Cu   |                          |
| SG 1  | 1.5112     | 0.07-0.12        | 0.5- 0.7 | 1.0-1.3 | 0.025 | 0.025 | 0.30 | Cr 0.15                  |
| SG 2  | 1.5125     | 0.07-0.14        | 0.7- 1.0 | 1.3-1.6 | 0.025 | 0.025 | 0.30 | V 0.05                   |
| SG 3  | 1.5130     | 0.07-0.14        | 0.8-1.20 | 1.6-1.9 | 0.025 | 0.30  | 0.30 | Al 0.02                  |
|       |            |                  |          |         |       |       |      | Mo 0.15                  |

Tel elektrodun seçimini yaparken, kaynak sonucunda meydana gelecek kaynak dolgu metalinin bileşimi gerekli fiziksel ve mekanik özellikleri karşılamalıdır. Tel seçimi yapılırken dikkat edilmesi gerekenler esas metalin mekanik özellikleri, esas metalin kimyasal bileşimi, koruyucu gazın türü, esas metalin kalınlığı, çalışma ortamıdır.

### 3.2.2 Koruyucu Gaz Türü

Gazaltı kaynağında kullanılan gazların kaynak performansına etkisi büyüktür. Her gazın oluşturduğu erime gücü, dikiş biçimi ve nüfuziyeti birbirlerinden farklıdır.

Koruyucu gazın etkilediği kaynak parametrelerini şöyle sıralayabiliriz:

- Kaynak banyosunu atmosferden koruma
- Arkın kararlılığını sağlama
- Metal transfer formunu oluşturma
- Nüfuziyet, ısılatma ve kaynak dikişi geometrisi
- Isı girdisi
- Kaynak hızı
- Kaynak metalinin kimyasal bileşimi
- Kaynak metalinin kimyasal özellikleridir

Doğru ve iyi gazın kullanılması kaynak kalitesini artırır, kaynak operasyonunun maliyetini düşürür.(Kahraman, Babayev, Karadeniz, 2008)

Kaynak banyosunu atmosferden koruma; Kaynak esnasında dikişi, atmosferin olumsuz etkilerinden korumak gereklidir. Koruyucu gaz, erimiş kaynak banyosu ile onu çevreleyen atmosfer arasındaki istenmeyen reaksiyonları engeller.

Arkın kararlılığı; MIG / MAG kaynağında arkın kararlılığı geniş ölçüde metal transferinin geçiş şekli ile kontrol edilir. Bu olay da koruyucu gazın bileşimine bağlıdır. Koruyucu gazın bileşimi, transferde yer alan yüzey gerilimini ve ark davranışını etkiler. Östenitik paslanmaz çelik malzemelerin kaynağında Ar + O<sub>2</sub> ve Ar + CO<sub>2</sub> karışımları düzgün bir püskürtme (sprey transfer) transferi elde edilmesini sağlarlar. Koruyucu gaz olarak CO<sub>2</sub> gazı kullanıldığında yalnızca damla transferi söz konusu olur.

Metal transfer formu; Kaynak işlemi esnasında ergiyen telden kaynak banyosuna aktarılan metalin davranışdır. Metal transferinin şekli geniş bir oranda koruyucu gazın terkebine, kaynak telinin bileşimine ve diğer kaynak parametrelerine bağlıdır.

Nüfuziyet, ısıtma ve kaynak dikiş geometrisi; Bir kaynak dikişinin kalitesi yeterli nüfuziyet, yüksek ısıtma oranı ve düzgün bir kaynak görüntüsü ile belirlenir. Koruyucu gazın kaynak dikişi üzerindeki etkisi büyüktür. Saf argon atmosferi altında kaynak dikişinin şekli şarap kadehi tipinde bir nüfuziyettir ve karbondioksit atmosferi altında ise yüksek derecede nüfuziyetin yanında oldukça şişkin bir dikiş elde edilir. Buna sebep olarak Karbondioksit arkının düzensiz oluşu gösterilir.

Isı girdisi; Birim uzunluktaki kaynağı gerçekleştirmek için harcanan ısıyı göstermektedir. Isı girdisi değeri düşük olursa az enerji harcanmış olur. Isı girdisini etkileyen faktörlerden önemli birisi de gaz bileşimidir. Ark tarafından oluşturulan ısı, gaz tarafından en iyi şekilde iletilmelidir. Her gazın kendine özgü bir termal iletkenliği vardır. Isı girdisinin etkilerine kaynak metali bölümünde ayrıntılı bir şekilde yer verilecektir.

Kaynak ilerleme hızı; Arkın kaynak yönünde birim zamanda aldığı yoldur. Kaynak işlemlerinde bütün parametreler sabitlendiğinde, maksimum nüfuziyet orta ilerleme hızındadır. Koruyucu gazın ısı iletkenliğı de kaynak hızını etkileyen faktörler arasındadır.

Kaynak metali kimyasal bileşimi; Alaşım elemanlarının telden banyoya maksimum verimle taşınımı koruyucu gazın oksitleme gücüne bağılıdır. Oksitleme potansiyeli ayarlanmış gazlarla yapılan kaynak işlemlerinde oksit kalıntıları mikro yapıya en az biçimde aktarılır.

Mekanik özellikler; gazaltı kaynağında gazın oksitleme durumuna göre bir miktar alaşım elementi kaybı olur. Bu kayıplar, temel bileşenler olan Mn ve Si gibi elementler olduğundan kaynak telinde bu elementlerin yüksek derecede olması gerekir. Koruyucu gazın kaynak metalinin mekanik özelliklerine etkisi, gözeneklilik ve oksitlenme şeklinde olmaktadır. (Doğan, 2007)

### *3.2.2.1 Koruyucu Gazların Temel Özellikleri*

Sürekli elektrik boşalması kaynak arkı olarak adlandırılır. Bu elektrik boşalması ark plazması adı verilen taşıyıcı bir vasıta tarafından oluşturulur ve muhafaza edilir. Plazma, elektron, iyon, nötral atom, foton, uyarılmış atom ve moleküllerin karışımıdır(Karadeniz, 1990). Plazmanın oluşması ve yapısı, kaynakta kullanılan koruyucu gazın özelliklerine bağılıdır. Tablo2’de gazaltı kaynağında kullanılan gazların ana özellikleri gösterilmiştir.

Tablo3.2: Gazaltı kaynağında kullanılan koruyucu gazların özellikleri

| Gaz           | Kimyasal Sembolü | Moleküler Ağırlığı | Özgül Ağırlığı | Yoğunluk          |       | İyonizasyon Enerjisi |
|---------------|------------------|--------------------|----------------|-------------------|-------|----------------------|
|               |                  |                    |                | g/ft <sup>3</sup> | g/L   | eV                   |
| Argon         | Ar               | 39,95              | 1,39           | 0,1114            | 1,784 | 15,7                 |
| Karbondioksit | CO <sub>2</sub>  | 44,04              | 1,53           | 0,1235            | 1,978 | 14,4                 |
| Helyum        | He               | 4                  | 0,1368         | 0,0111            | 0,178 | 24,5                 |
| Hidrojen      | H <sub>2</sub>   | 2,016              | 0,0596         | 0,0056            | 0,090 | 13,5                 |
| Azot          | N <sub>2</sub>   | 28,01              | 0,967          | 0,782             | 12,5  | 14,5                 |
| Oksijen       | O <sub>2</sub>   | 32                 | 1,105          | 0,0892            | 1,43  | 13,2                 |

MIG/MAG kaynağı için geliştirilmiş gaz karışımlarının çoğu özellikle karbonlu çeliklerde kullanılır. Kabaca bunlar dört kategoride incelenebilir: Saf gazlar, Argon-Oksijen karışımı, Argon-Karbondioksit karışımı, Argon dışında yapılan üçlü kombinasyonlar; Helyum, Oksijen, Karbondioksit, Hidrojen.

### 3.2.2.2 Argon

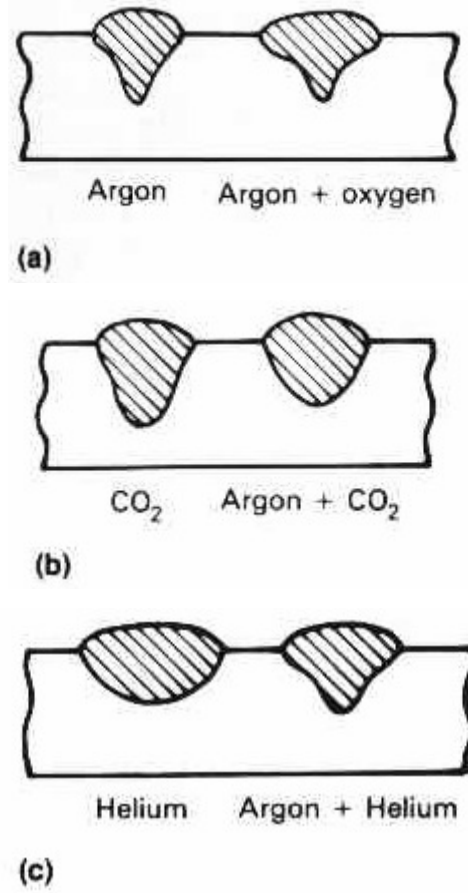
Saf Argon genellikle alüminyum, nikel, bakır, magnezyum ve alaşımları gibi demir olmayan metaller, paslanmaz çelikler ve titanyum gibi reaktif metallerin kaynağında kullanılır. Bu metaller birbirine kaynak edildiği zaman, TIG kaynağı çok iyi ark stabilitesi, düşük penetrasyon ve iyi damla profili verir. Düşük iyonizasyon enerjisiyle kolaylıkla ark başlangıcı (ateşleme) sağlar. Argon küçük bir alan üzerinde yüksek ark enerjisi nedeniyle parmak şeklinde bir penetrasyon sağlayan yüksek akım yoğunluğuna sahip sıkıştırılmış bir ark kolonu oluşturur. Düşük ısı iletkenlik sayesinde sprey transferi oluşturur. Ayrıca malzeme distorsiyonlarının (çarpılmalarının) veya süreksizliklerin kontrolünde de kullanılır. (Kahraman, Babayev, Karadeniz, 2008)

### 3.2.2.3 Karbondioksit

Karbondioksit reaktif bir gazdır ve genellikle yalnızca yapı çeliklerinin birleştirme işlemlerinde kullanılır. Çok kolay elde edilir ve diğer gazlara nazaran da ucuzdur. Genellikle yapı çeliklerinin kaynağında kullanılır. Çok iyi nüfuziyet sağlar ve yüksek kaynak hızlarına ulaşılabilir. (Chiarelli,1999) Kaynak metali birikim verimi düşüktür çünkü karbondioksit sprej transfare izin vermez. Sıçrantı miktarı ve duman oranları argon gazıyla yapılan kaynaktan daha yüksektir. Kaynak dikişi yüzeyi daha oksitli ve pürüzlü bir şekildedir. Karbondioksit yüksek iyonizasyon enerjisi ve yüksek ısılarda çok büyük ergime hızı ve nüfuziyet sağlar. Ark genellikle stabildir ve metal transfer şekli damlasal transferdir. (Kahraman, Babayev, Karadeniz, 2008)

### 3.2.2.4 Argon-Karbondioksit

Karbondioksit, koruyucu gaz karışımına kısmen ark stabilitesini özellikle de, nüfuziyeti arttırmak, kaynak banyosunun akışkanlığını yükseltmek maksadıyla eklenir. Özellikle karbonlu ve düşük alaşımlı çelikler ve sınırlı miktarda paslanmaz çelikler için kullanılır. Argona karbondioksit eklenmesi, oksijen eklenmesiyle aynı etkileri verir, fakat karbondioksit miktarı arttırıldığında oluşacak penetrasyonda bir artış olacaktır (Şekil 3.2). Sprej transferi için en yaygın karışımlar Argon içine %5, 8,10 veya %13 ile 18 karbondioksit eklenmesiyle elde edilir. Karbondioksit oranının artmasıyla çok akışkan olan kaynak banyosu, yüksek kaynak hızlarına izin verir. Yüksek oranlarda karbondioksit içeren karışımlar (genellikle argon içinde % 20- 25 karbondioksit bulunur) kısa devre damlası transferinde kullanılır. Karbondioksit yüksek ısı iletkenliği (içindeki elemanların disosiyasyon ve rekombinasyonundan dolayı) sayesinde ana malzemeye argonun taşıdığı ısı miktarından daha fazlasını transfer eder. CO<sub>2</sub> argonun sağladığı penetrasyona göre geniş bir penetrasyon alanı sağlar ancak ana malzemedeki distorsiyon ve süreksizlikler oluşma olasılığını arttırır(Cary, 1989).



Şekil 3.2 Doğru Akım Elektrod Pozitif kutupta kullanılarak yapılan kaynaklarda kaynak profili üzerine koruyucu gaz karışımlarının etkileri

- a) Argon ve Argon Oksijen karışımı b) Karbondioksit ve Argon Karbondioksit karışımı
- c) Helyum ve Argon Helyum karışımı

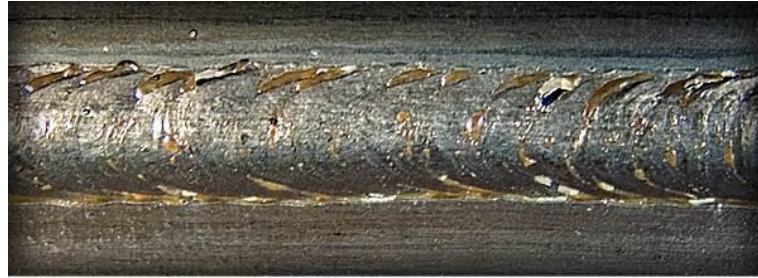
### 3.3 Birinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler

#### 3.3.1 Akım Şiddeti

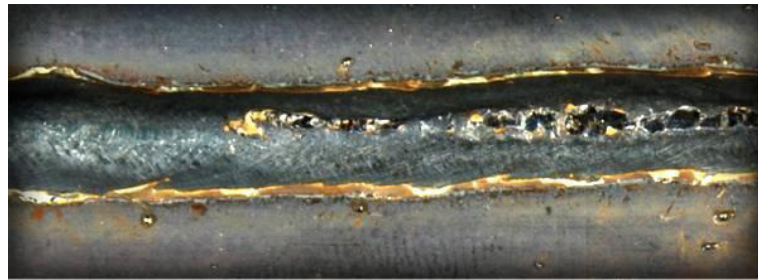
Kaynakta kullanılan akım şiddetinin erime gücüne, kaynak dikiş biçim ve boyutlarına ve nüfuziyete etkisi diğer bütün parametrelerden daha şiddetlidir. Yatay karakteristikli olan MIG / MAG kaynak makinalarında, kaynak akım şiddeti tel hızı ile birlikte, tel hız ayarı düğmesinden ayarlanır, tel ilerletme hızı arttıkça, kaynak akım şiddeti de artar.

Kaynak akım şiddeti yükseldikçe erime gücü de artar, bu olay açık bir biçimde Şekil 3.1' deki diyagramda görülmektedir. Erime gücü akımın karesi ile orantılı ( $P=I^2 \times R$ ) olduğundan diyagramdaki eğrilerin alt kısmının eğimleri azdır, yukarı doğru ise dikleşmektedirler, bu artan akım şiddeti ile erime gücü arasındaki bağıntının doğrusal olmadığı, yüksek akım yoğunluklarında erime gücünün daha şiddetli arttığı görülmektedir. Bu durum, serbest tel uzunluğunda, telin yüksek akım şiddetlerinde ortaya çıkan şiddetli bir elektrik direncindeki ısıtmasına da bağlanmaktadır. Bütün diğer kaynak parametreleri sabit tutulduğu zaman, artan akım şiddeti ile kaynak dikişinin eninin, yüksekliğinin, nüfuziyetinin ve boyutlarının arttığı görülür (Tülbentçi,1990).

Aşırı yüksek akım şiddeti çok geniş bir kaynak banyosu ve derin nüfuziyete neden olduğundan delinmelerin ortaya çıkmasına neden olabilir; çok düşük akım şiddeti de çok kötü bir nüfuziyete ve elektrod metalinin parçanın üzerine yığılmasına neden olur.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.3 Akım şiddetinin kaynak üzerine etkisi (a) İyi Kaynak

(b) Yüksek akım (c) Düşük akım)

### 3.3.2 Ark Gerilimi

Sabit gerilim karakteristikli bir kaynak akım üreticinde ark gerilimi veya kaynak gerilimi, elektrod ucu ile iş parçası arasındaki uzaklık tarafından belirlenir.

Sabit gerilim karakteristikli kaynak akım üreteçlerinde ark gerilimi, akım üreticinin ince ve kaba ayar düğmelerinden kademeli olarak veya bazı tiplerde ise potansiyometre ile kademesiz olarak ayarlanır. Zira bu tür akım üreteçlerinde, her ark gerilimi değeri için makina tarafından sabit olarak tutulan bir ark boyu vardır; sabit akım karakteristikli makinalarda (örtülü elektrod ile ark kaynağı, TIG) ise ark boyunu kaynakçı ayarlamak zorundadır.

Bir uygulama için ark gerilimi, kullanılan koruyucu gaz, elektrod çapı, kaynak pozisyonu, ağız şekli ve esas metalin kalınlığı göz önünde bulundurularak saptanır. Her koşulda aynı kaynak dikişini veren bir sabit ark boyu mevcut değildir. Örneğin, ark boyu, aynı gerilim için helyum ve karbondioksit kullanılması halinde, argonun koruyucu gaz olarak kullanılması haline nazaran çok daha uzundur. Bütün diğer parametreler sabit tutulmak koşulu ile ark geriliminin artması, halinde kaynak dikişi yaygın ve geniş bir biçim alır.

Nüfuziyet ise artan ark gerilimi ile bir optimum değere kadar artar ve bu değerden sonra azalmaya başlar. Yüksek ark gerilimi, nüfuziyetin azlığı dolayısı ile bazı geniş aralıklarda kök pasoda köprü kurabilmek için kullanılır. Çok küçük ark

gerilimi çok dar ve aşırı şişkin (konveks) kaynak dikişlerinin oluşmasına, aşırı derecede küçük ark gerilimi ise poroziteye neden olur.

Uygun seçilmiş bir çalışma noktası, arkın sakin ve kararlı bir şekilde yanışı ile kendini belli eder. Bir MIG / MAG kaynak akım üreticinde sabit gerilim karakteristik ayar imkânı ne kadar fazla olursa optimal çalışma noktasının saptanması da o derece de kolay olur. Genel olarak Standard akım üreteçlerinde 3 kaba ayar ve 5 adet ince ayar vardır, bu da toplam 15 kademede gerilim ayar olanağı sağlar. (Tülbentçi,1990)



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.4 Ark geriliminin kaynak dikişi üzerine etkisi (a) İyi Kaynak (b) Yüksek gerilim (c) Düşük gerilim

### 3.3.3 Kaynak Hızı

Kaynak hızı yarı otomatik yöntemlerde kaynakçı, otomatik veya mekanize yöntemlerde ise makine tarafından ayarlanır.

Kaynak hızı, kaynak arkının iş parçası boyunca olan hareketi veya birim zamanda yapılan kaynak dikişi boyu olarak tanımlanır. En derin nüfuziyet kaynak hızının optimum değerinde elde edilir ve bu hızın yavaşlaması veya artması hallerinde ise nüfuziyet azalır. Kaynak hızı yavaş olduğu zaman, birim zamanda birim boya yığılan kaynak metali artar ve bu da kaynak banyosunun büyümesine neden olur, çok akışkan hale gelen sıvı metal ağız içinde arkın önüne doğru akar ve bu da nüfuziyetin azalmasına neden olur ve sonuçta geniş bir kaynak dikişi elde edilir. Kaynak hızının artması, dikiş yüksekliğinin artmasına neden olur. Aşırı derecede yavaş kaynak hızı, fazla miktarda kaynak metalinin yığılması ve nüfuziyetin azlığı nedeni ile ağız kenarlarında kalan bölge oluşmasına neden olur. Hızın artması birim boya verilen ısıнын azalmasına ve dolayısı ile de esas metalin eriyen miktarlarının azalmasına neden olur ve bu da nüfuziyeti azaltır. Kaynak hızının aşırı artması, kaynak metalinin kaynak ağzını doldurmaması nedeni ile dikiş kenarlarında yanma oluklarını andıran yarıkların oluşmasına neden olur.(Tülbentçi, 1990)



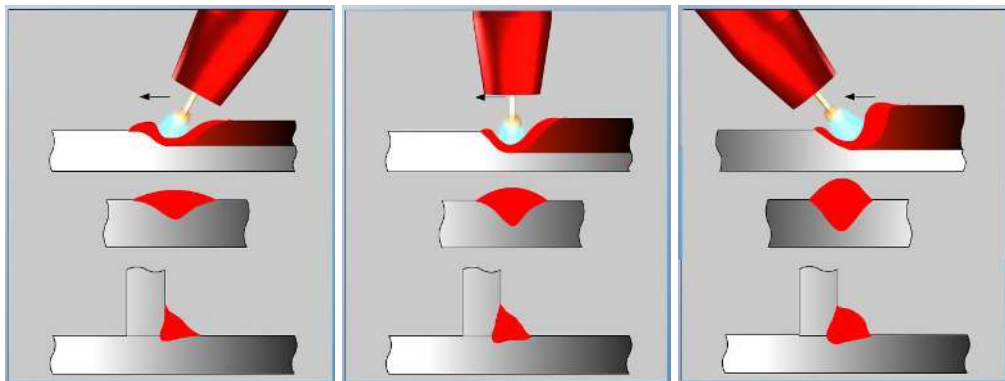
Şekil 3.5 Hızlı kaynakta kaynak dikişinin görünümü



Şekil 3.6 Yavaş kaynakta kaynak dikişinin görünümü

### 3.4 İkinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler

#### 3.4.1 Torç Açısı



Şekil 3.7 Torç açısının kaynağa etkisi

MIG / MAG kaynağında tel elektroda akımın yüklenmesi, elektrodun kaynak bölgesine iletilmesi ve kaynak bölgesine koruyucu gazın gönderilmesi torcun görevidir.

Kaynak elektrodunun veya torcun iş parçasına göre konumu ve kaynak sırasındaki hareketi kaynak dikişinin biçimini etkileyen parametrelerden bir tanesidir. MIG / MAG kaynağında sola ve sağa kaynak yöntemi kullanılabilir. Torcun kaynak yapılan iş parçasına tam dik olarak tutulması halinde sağ ve sol kaynak arasında sonuç yönünden bir fark görülmez. Buna karşılık kaynak torcu 30°'ye kadar bir hareket açısı ile tutulduğu zaman sol ve sağ kaynağın dikiş biçimi üzerine olan etkisi açık bir şekilde görülür. Hareket açısı 30°'yi aşmadığı sürece, bu açı, kaynağın kaynakçı tarafından kontrolüne yardımcı olur. Kaynakçı kaynak banyosunu ve elektrod ucunun ergimesini rahatlıkla görebildiği için dikişin kalitesi yükselir. Buna karşılık bu değer aşıldığında nüfuziyet azalır ve dikiş incilir, bu durumda kaynak hızının arttırılması gerekir. Sağa kaynak daha çok çeliklerin kaynağında tercih edilirken, sola kaynak ise alüminyum parçaların kaynağında tercih edilir.

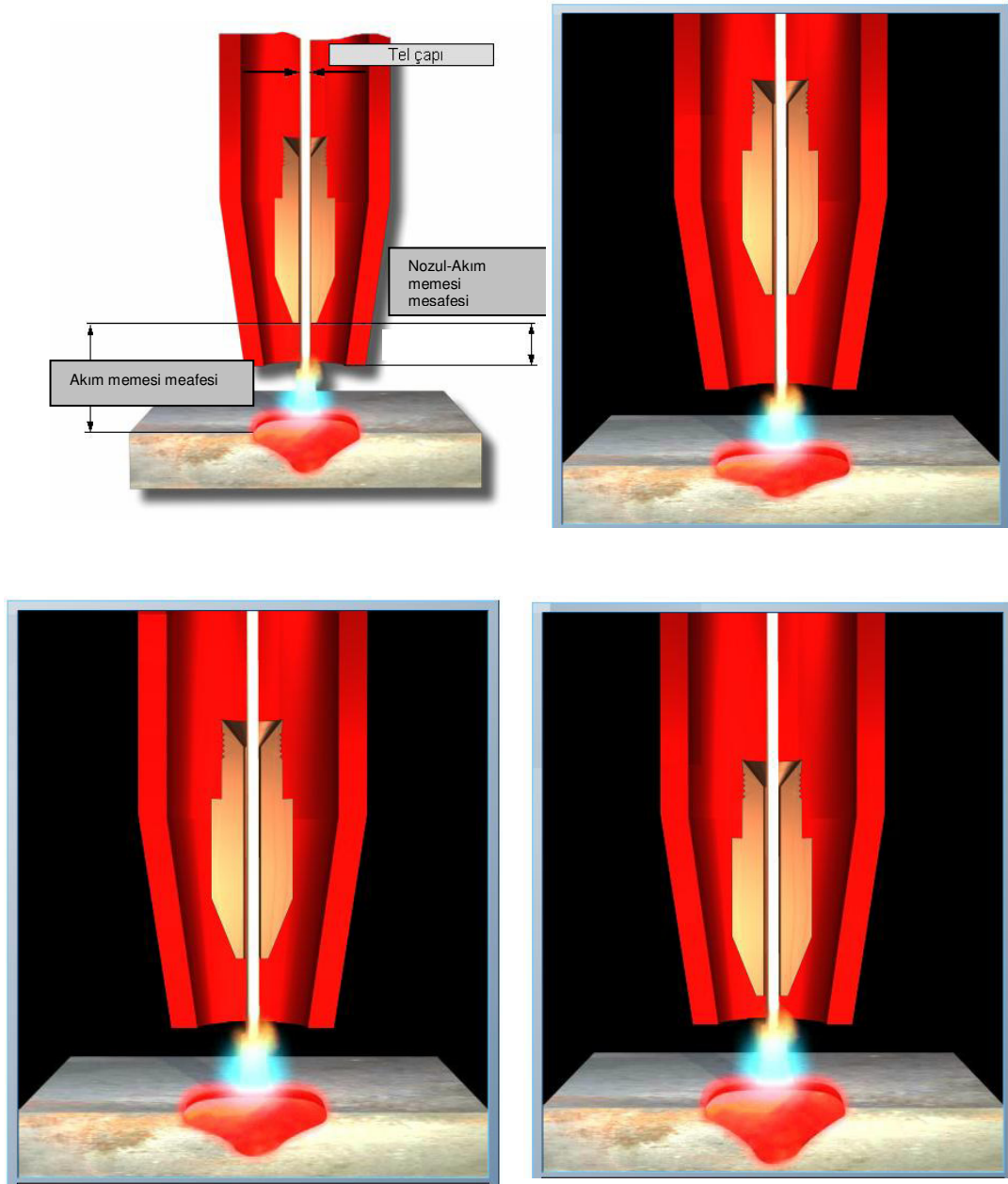
Kaynak torcu, kaynak yönüne ters doğrultuda en fazla 30° lik bir eğimle tutularak kaynak yapılıyorsa kaynakçı, kaynak banyosuna ve elektrodun ergime işlemine kolayca bakabilir. Eğer bu meyil fazlalaşırsa nüfuziyet azalır ve dikiş de incilir. Bu durumda kaynak hızının arttırılması gerekir, aksi halde kaynak banyosunun önünde bir yığılma meydana gelir ve aynı zamanda da dikişte kalıntı ve gözenekler olur. Torç eğiminin artması diğer yönden koruyucu gaz akımının şeklini de etkilediğinden, koruyucu gazın koruma etkinliği azalır. Derin bir nüfuziyetin gerekli olduğu kalın kaynak dikişleri torca kaynak yönünde en fazla 30°'lik bir meyil vererek elde edilir. Bu durum bilhassa tam otomatik MIG / MAG kaynak yönteminde uygulanır.

#### **3.4.2 Serbest Tel Uzunluğu**

Elektrod serbest tel uzunluğu, torç içindeki akım memesinin en uç noktası ile tel elektrodun uç kısmı arasındaki mesafe olarak tarif edilir. Bu boyun, uzaması sonucu

elektrodun elektrik direnci artar ve elektrodun ön ısınması diye tanımlanan sıcaklığı yükselir ve dolayısı ile de elektrodun uç noktasını eritebilmek için gerekli akım şiddetinde azalma ortaya çıkar.

Serbest tel uzunluğunun artması erime gücünün artmasına, nüfuziyetin azalmasına neden olur, sonuç olarak serbest tel uzunluğunun aşırı artması, fazla miktarda soğuk kaynak metalinin (düşük sıcaklıkta) kaynak dikişine yığılmasına neden olur.(Tülbentçi, 1990)



Şekil 3.8 Serbest Tel Uzunluğu ve kaynak dikişine etkisi

Serbest tel uzunluğu azaldıkça akım şiddeti yükselir, ark gerilimi ve nufuziyet artar. Sıçrama az olur, fakat kontak borusu ısınması da artar.

## BÖLÜM DÖRT

### ALIŞILMIŞ ve INVERTER TİPTE MIG-MAG KAYNAK MAKİNALARI

#### 4.1 Kaynak Makinaları

Kaliteli bir kaynak dikişi için dikiş süresince sabit güçte, diğer bir deyişle sabit akım ve gerilim değerlerinde stabil olarak yanan bir arkın olması gerekir. Sabit güçlü stabil bir ark içinse kaynak makinası ile kaynak arkının uyumlu çalışmaları, yani ortak bir noktada çalışmaları gerekir. Zira kaynak işleminde kaynak makinası ile kaynak arkı ortak bir elektriki çevrimde bulunurlar ve kaynak işlemini birlikte gerçekleştirirler. Bu işlemde birinci derecede foksiyonu olan kaynak makinası, dolayısıyla kaynak makinasının karakteridir.

Her sistemde olduğu gibi kaynak makinasının da bir statik, bir de dinamik karakteri, davranışı vardır. Kaynak işleminde kaynak hatası kaynak makinasının statik durumda çalışmasında, yani kaynak arkının sabit akım ve gerilimde, diğer bir deyişle sabit ark boyunda sürekli yanması sırasında oluşmaz. Kaynak hatası daha çok kaynak makinasının dinamik çalışma durumunda, yani kaynak arkının süreksizlik noktalarında, örneğin arkın ateşlenmesinde, kaynak dikişinin bitiminde ve damla geçişi sırasındaki kısa devre hallerinde oluşur.

Sonuçta kaynak hatasını minimuma indirmek için kaynak sırasındaki arkın süreksizlik noktalarının süresini kısaltmak gerekir. Bu da, kaynak makinasının dinamik davranışı ile ilgili olup, günümüzde yeni geliştirilen ataletleri fevkalade küçük elektronik makinalar sayesinde mümkün olabilmektedir.

Pratikte karşımıza çıkan kaynak makinaları verdikleri akım şekline göre iki ana gruba ayrılırlar. Bunlardan birinci grup, doğru akım jeneratörleri ve redresörlerden oluşan doğru akım kaynak makinaları, ikinci grup ise transformatör ve konvertisörlerden (frekans değiştirici) oluşan alternatif akım kaynak makinalarıdır. Ancak bunlardan konvertisörler kaynakta çok özel durumlarda kullanılır ve pratikte pek varlıkları hissedilmez. Doğru akım jeneratörlerinin özellikle verimlerinin düşük olması ve transformatörlerin de her tür elektrotla kaynakta ve yöntemde

kullanılamamaları yanında daha birçok dezavantajları nedeniyle kullanım alanlarını gün geçtikçe redresör tipi kaynak makinaları lehine kaybetmektedirler.

#### **4.2 Elektrik Kaynağı Yöntemlerinde Kullanılan Akım Üreteçleri**

Motor prensibi; Sabit manyetik alan içerisinde bulunan bir telden bir elektrik akımı geçirilirse bu tele bir kuvvet etki eder, bu motor prensibidir ve çıkışta moment elde edilir.

Generatör prensibi; Sabit manyetik alan içerisindeki tel hareket ettirilirse(tahrik edilirse) bu telde bir elektromotor kuvvet indüklenir ve telden akım akar, bu generatör prensibidir. Motorda ve generatörde manyetik alan sabittir.

Motor ve generatör arasındaki fark, 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.

Trafo prensibi; Bir iletken tel (veya bobin) değişken bir manyetik alan içinde sabit kalırsa, bu iletken (veya bobin) içinde bir endüksiyon elektromotor kuvveti endüklenir ve bu iletken (veya bobin) bir elektrik çevrimi içindeyse, endüklenen bu EMK iletken içinden bir akım akıtır. Bu, trafo prensibidir. Burada, motor ve generatörün rotor ve kutuplarında olduğu gibi yaklaşık 0,3 mm kalınlığında, birer yüzü laklanmış (birer yüzlerinin lakı sayesinde elektriki olarak birbirine göre izole edilmiş) trafo saclarının (%4 silisyumlu demir) paketlenmesinden oluşturulan bir çekirdek (saclardan oluşan paket) üzerine, üzeri izolasyon kaplı tellerden oluşturulmuş iki bobin ile trafo elde edilir. Bobinlerden biri şebekeye bağlanır ve primer olarak adlandırılır, diğeri tüketiciye bağlanır ve sekonder olarak adlandırılır. Primer bobinden değişken bir elektrik akımı geçirilerek bu bobin içinde (trafo çekirdeği içinde) değişken bir manyetik alan oluşturulur. Bu değişken manyetik alan kendisine kolay yol temin eden çekirdekten akıp, çekirdek içinden dolanırken, sekonder bobin içinden de geçerek, sekonder bobinde bir EMK endükler, bu EMK te sekonder devrede (tüketici devresinde) değişken bir elektrik akımı oluşturur.

Gerek motor ve generatör rotor ve kutupları ve gerekse trafo çekirdeklerinin, trafo saclarından yapılması histerizis kayıplarını minumuma düşürürken, bu sacların birbirlerine göre elektriki olarak izoleli şekilde paketlenmesi girdap akımı kayıplarını minimuma düşürerek, buralardan (rotor, stator ve trafo çekirdeklerinden) manyetik enerjinin kayıpsız aktarılması (iletilmesi) sağlanır. Bu sayede motor, generatör ve trafoların verimleri yükseltilmiş olur. (Karadeniz, 2009)

#### ***4.2.1 Motor- Generatör Türü Akım Üreteçleri (Doğru Akım Generatörleri)***

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

Bunlar genellikle hem yatay hem de düşey karakteristik ile çalışabilecek biçimde tasarlanırlar ve bu şekilde özellikle boru hatlarının kaynağında hem örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı ve hem de MIG/MAG kaynağında kullanılabilirler. Bu özellik şantiyelerde büyük bir kolaylık sağlamaktadır.

Kaynak generatörlerinin bakım giderlerinin yüksek ve ömürlerinin kısa olması, maliyetlerinin pahalılığı, verimlerinin düşüklüğü (%45-65), boşta çalışma tüketimlerinin yüksekliği en önemli sınırlamalarıdır. Buna karşın kaynakta doğru akım kullanımının tüm üstünlüklerine sahiptirler.

#### ***4.2.2 Alternatif Akım Üreteçleri***

Alternatif akım kaynak makinaları transformatörlerdir. Endüstride kısaca kaynak trafosu diye adlandırılırlar.

Kaynak transformatörleri alternatif akımın (elektriğin) akım ve gerilimini değiştirdiklerinden bunlara gerilim değiştiricisi de denir. Bunlar, kaynak generatörleri gibi yeni değerde (genlikte) bir akım üretmektedirler. Kaynak transformatörleri saclardan oluşmuş bir demir çekirdek ile bu çekirdeğe sarılı iki sargıdan oluşur. İnce tel sargıya şebekeden akım gelir ve kalın tel sargıdan kaynak akımı çıkar.

Kaynak transformatörleri trifaze 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 yoktur, bundan dolayı da herhangi bir aşınma söz konusu değildir.

Kaynak transformatörlerinin boшта çalışma gerilimi en çok 70V' efektifdir. Alternatif akım, doğru akıma nazaran daha tehlikeli olduğundan, transformatörlerin boшта çalışma gerilimlerinin generatörlerinkinden daha küçük olmasına dikkat edilir. Bunlar, bazı tür (rutil) örtülü elektrodlar ile, TIG ve tozaltı kaynak türlerinde uygulama alını bulur.

#### **4.2.3 Redresör Türü Akım Üreteçleri**

Bu üreteçlerde kaynak işlemi için gerekli doğru akım, alternatif akımı düzelterek doğru akıma çeviren redresör adı verilen cihazlar ile gerçekleştirilir. Normal şebekeye bağlanan bu cihazların monofaze ve trifaze akım ile çalışanları vardır. Trifaze akım ile çalışan üreteçler gerek daha kararlı bir kaynak arkı oluşturmaları ve gerekse de şebekeyi dengeli bir şekilde yüklemeleri nedeni ile tercih edilirler.

Kaynak redresörleri iki ana parçadan oluşmuşlardır; bunlardan birincisi bir kaynak transformatörü olup, doğrudan şebeke akımına bağlanır ve görevi şebeke akımını kaynak yapmak için gerekli özellikteki akıma çevirmektir; yani bu trafo

gerilimi düşürür ve akım şiddetini yükseltir. İkincisi ise, alternatif akımı doğru akıma çeviren bir doğrultucu köprüdür.

Kaynak redresörleri, kaynakta doğru akım kullanılmasının sağladığı bütün üstünlüklere sahip olmalarının yanı sıra, doğru akım generatörlerine nazaran boşta çalışma tüketimlerinin azlığı, verimlerinin yüksekliği uzun ömürleri ve bakım giderlerinin düşüklüğü ve gürültüsüz çalışmaları gibi önemli üstünlüklere de sahiptirler.

#### **4.2.4 Sinerjik Darbeli Akım Üreteçleri**

İyi bir nüfuziyetin, buna karşın parçaya ısı girdisinin sınırlı tutulmasının gerekli olduğu durumlarda, darbeli doğru akım yöntemi uygulanır. Darbeli doğru akım (pulsed direct current) ile alternatif akımı birbirlerine karıştırmamak gerekir; darbeli doğru akım halinde, seçilen akım şiddeti önceden saptanmış iki değer arasında, arzu edilen bir frekansta değişmektedir.

Bu sistemin üstünlüğü tel elektroddan ergiyen damlaların kaynak banyosuna geçişinin temel ve darbe akım şiddetine göre iki farklı hızda gerçekleşmesidir. Darbe akımı sırasında, tepe akımında, kaynak metali hızlı bir biçimde erir ve kaynak banyosuna spreyci ark biçiminde taşınır. Bunu takip eden temel akım periyodunda elektrod ucunun erimesi azalır hatta gerekirse hiç erimemesi sağlanır ve kaynak banyosuna da ısı girdisi azalır ve bu sırada banyo kısmen katılaşmaya başlar; temel akım şiddeti arkın sönmeyeceği bir değerde tutulduğundan arkın yeniden tutuşturulması sorunu ortadan kalkar. Bu şekildeki bir ark ile her pozisyonda kaynak yapmak kolaylaşmış olur. Bu türde imal edilen ilk akım üreteçlerinde ya frekans ya da temel ve darbe akımı şiddetleri ayar edilebilmekteydi. Bugün, güç elektroniği yardımı ile frekans, temel akım şiddeti, darbe akım şiddeti ile bunların sürelerini birbirlerinden bağımsız olarak ayarlayabilen akım üreteçleri geliştirilmiş ve artık günümüz endüstrisinde, her akım darbesinde kaynak banyosuna tek bir damla kaynak metali transfer eden MIG / MAG kaynak donanımları uygulama alanına girmiştir. (Tülbentçi ve Kaluç, 1998)

### 4.3 Elektronik Kaynak Makinaları

Bu makinalar, bir trafoya seri bağı bir tristör veya transistörlü köprüden oluşurlar. Elektronik kaynak makinalarında karakteristik değiştirme, güç ayarı ve kumandası köprü üzerinden, kumandalı diyotlar olan tristör ve transistörler ile yapılır.

Redresör tipi makinalarda doğrultucu ister diyotlu, ister tristörlü ve isterse transistörlü olsun doğrultma işlemi gerçekleşir. Zira diyot, tristör ve transistör tek yönlü akım geçirebilen elemanlardır ve doğrultma özelliği köprünün bağlantı şeklinin bir özelliğidir. Elektronik kaynak makinalarında, diyotlu köprülerin köprülerindeki diyotlar yerine, tristör ve transistörler gelmektedir. Bu makinaları normal tristör, transistör kumandalı ve inverterler olarak iki gruba ayırmak mümkündür. (Karadeniz, 2009)

Kaynak işleminde iyi bir kaynak (mümkün olduğunca kaliteli ve ucuz) için kaynak yerine ne gereğinden daha az ne de gereğinden daha fazla enerji verilmelidir. Her iki durum da kaynağın kalitesini düşürür. Bu nedenle gücün (akım ve gerilimin) iyi ayarlanması ve ayarlanan gücün kaynak işlemi boyunca mümkün olduğunca değişmeyip, sabit kalması gerekir. Bu da en iyi bir şekilde elektronik kaynak makinaları ile sağlanabilmektedir.

Elektronik kaynak makinaları olan tristörlü ve transistörlü redresörlerin diğer tip kaynak makinalarına göre kütlelerinin küçüklüğü, daha yüksek verime sahip oluşları, parametrik ayar olanaklarının oluşu, geniş, kademesiz (sürekli) akım ve gerilim, yani güç ayar olanaklarına sahip oluşları, geri besleme (feed back) sistemi ile elektronik olarak hızlı ayar ve kumanda imkanlarına sahip oluşları nedeniyle ataletlerinin küçük olması, dolayısıyla, sürekli gelişme içindedirler. (Karadeniz, 2009)

### 4.3.1 *İnverter Kaynak Makinaları*

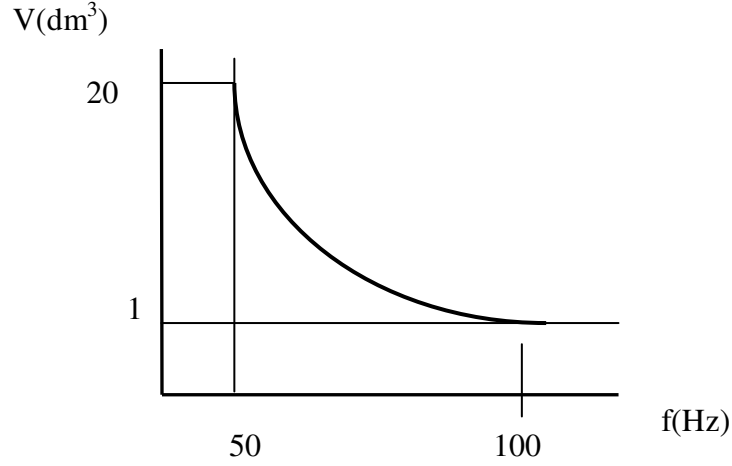
#### 4.3.1.1 *İnverter*

Tristör ve transistör kontrollü alışılmış elektronik kaynak makinalarında şebekeden çekilen üç fazlı alternatif akım doğrudan bir transformatöre girer. Burada akımın frekansı değişmez, sadece, akım ve gerilim kaynak işlemine uygun hale (elektrik, küçük gerilimli ve büyük akımlı hale ) getirilir ve daha sonra üç fazlı bir doğrultma köprüsünde doğrultulur. Arkasından bir çekirdekli bobinden (şok bobini, tıkaç bobini) geçirilip, filtre edilerek (ani akım değişimleri ortadan kaldırılarak) kaynak için gerekli koşullarda akım elde edilir. Gücü kontrol eden devreler de, redresörün çıkış akımından aldıkları sinyalleri geri besleme (feed back) sisteminde giriş kontrol sinyalleri (akım üreticinin ayar değerleri) ile karşılaştırarak açısız kontrol ve kumanda sistemi denilen bir sistemle redresör çıkış değerlerini ayar ederler.

İnverterler dışındaki normal transistör kontrollü üniteler (kaynak makinaları) geleneksel güç ünitelerine ait birçok mahsuru ortadan kaldırmakla beraber, normal (alışılmış) tristör ve transistörlülere göre daha yüksek yatırım gerektirirler. Alışılmış, inverter dışındaki makinaların ortaya çıkardığı iki önemli problem ağırlıkları ve taşınabilir olmayışlarıdır. Bunun büyük ölçüde nedeni, normal (inverter dışındaki) transistör kontrollü makinalarda hala demir çekirdekli transformatörün kullanılmakta oluşudur. Kaynak transformatörünün devre dışı bırakılmasına olanak veren farklı bir yaklaşım, bir inverterin kullanılmasıdır.

Bir inverter, kelime anlamı ile bir dönüştürücü olup, temelde, bir yüksek hızlı açma-kapama cihazıdır. İnverterlerde bir ara kademede doğru akım alternatif akıma dönüştürülür. Bu dönüşümün bir kritik özelliği, inverterde oluşturulan alternatif akımın frekansının, şebeke beslemesindeki gibi 50 Hz değil, 5 kHz'den 25 kHz'e değişen çok daha yüksek değerlere ayarlanabilme imkanındır. Bunun önemi transformatörün tasarlanması göz önüne alındığında görülür. Zira elektiriğin frekansı arttıkça trafo çekirdek kesiti küçülür.(Karadeniz, 2009) Bu tür trafo çekirdekleri

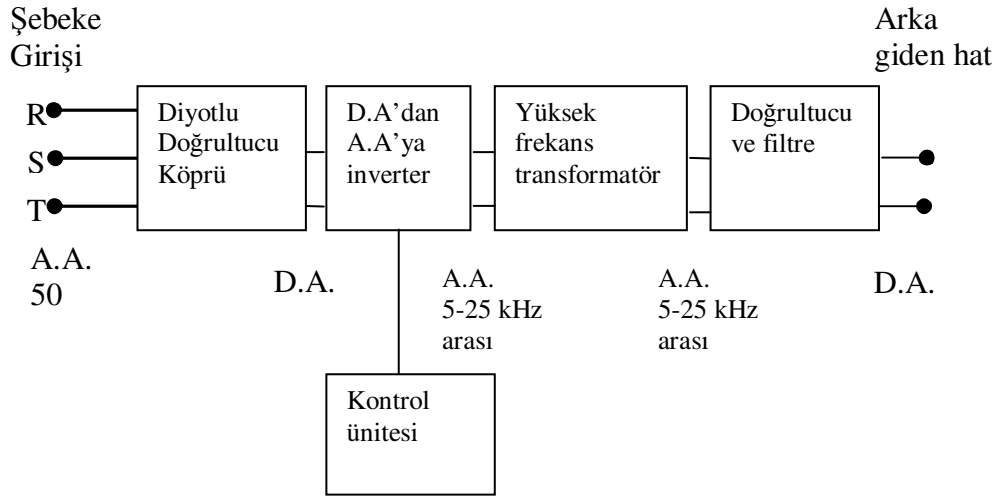
ferritten yapıldıkları için kesitleri ve kayıplar küçük olur, verimleri yüksektir. Yüksek frekanslarda çekirdek kesitleri ve sargılar küçük çapta telden yapıldıklarından inverter ebadları daha küçüktürler.



Şekil 4.1 Transformatör çekirdek kesitinin frekansla değişimi

#### 4.3.1.2 İnverter Kaynak Makinalarının Genel Yapıları

İnverter tipi bir kaynak makinasında üç fazlı, 50 Hz frekanslı, 380 V faz arası, 220 V faz nötr gerilimli alternatif akım, bir diyotlu köprü ile doğru akıma çevrilir. Burada elde edilen doğru akım inverter yardımıyla yüksek frekanslı alternatif akıma dönüştürülüp, bu yüksek frekanslı alternatif akım çok hafif, küçük ebatla ve yüksek gerilimli bir transformatöre verilir. Bu transformatör, gerilim ve akım kaynak arkı için gerekli olan değerlere ayarlar ve bu gerilim ve akım daha sonra bir redresör (doğrultman köprü) vasıtasıyla doğru akım çıkışı verecek şekilde doğrultulur. Çıkıştaki akım ve gerilim dalgalanmalarını düzeltmek (yok etmek) için redresöre bir de filtre (çekirdekli bobin) ilave edilir. İnverterlerin bu şekilde kullanılması çok küçük kaynak güç ünitelerinin yapılabilmesine imkan verir. İnverter tipi kaynak makinalarında güç (akım) ayarı normal tristörlü kaynak makinalarında olduğu gibi inverteri (dönüştürücü, Chooper) oluşturan transistörler üzerinden yapılır. (Karadeniz, 2009)

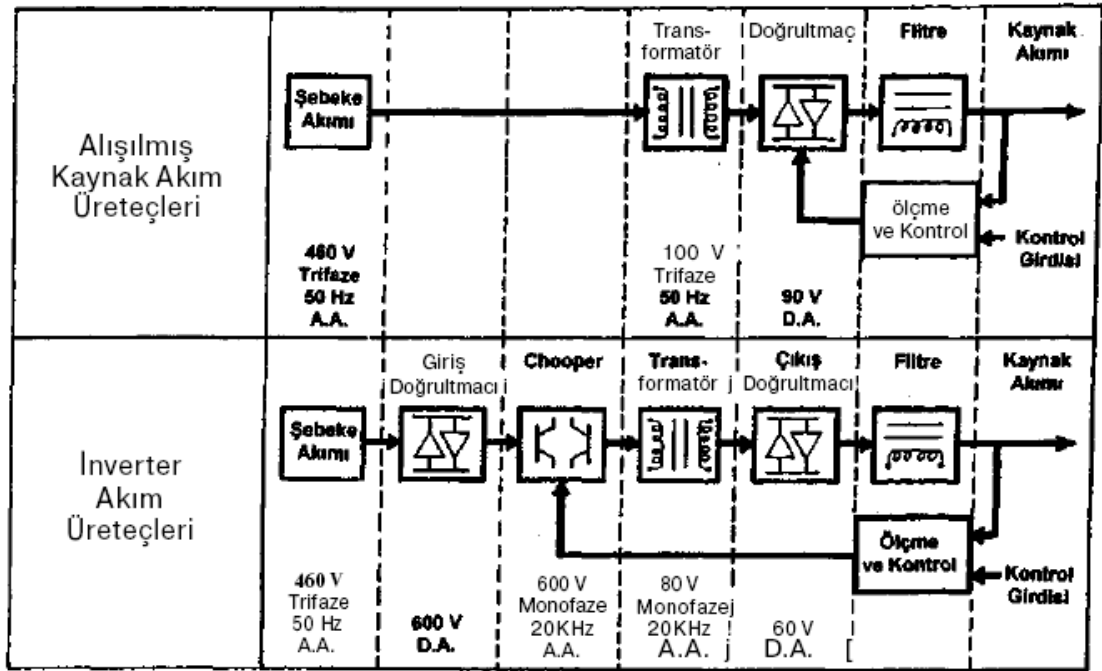


Şekil 4.2 İnverter tipi kaynak makinası blok şeması

#### 4.3.1.3 Alışılmış Kaynak Makinaları ile İnverterlerin Karşılaştırılması

Alışılmış kaynak akım üreteçlerinde, şebekeden çekilen alternatif akım doğrudan bir transformatöre girer. Burada akımın frekansı değişmez, sadece gerilimi ve akımı ayarlanır ve bu akım redresörde doğrultulur. Filtre edilerek kaynak için gerekli koşullarda doğru akım elde edilir. Kontrol devreleri de çıkış akımından aldıkları sinyalleri giriş kontrol sinyalleri (akım üreticinin ayar değerleri ) ile karşılaştırarak redresör çıkışını ayar ederler.

İnverterlerde ise, şebekeden çekilen alternatif akım önce bir redresöre girerek, doğru akım haline dönüştürülür ve bu akım Chooper(dönüştürücü, inverter) diye adlandırılan özel bir cihazda yüksek frekanslı alternatif akım haline dönüştürülür; Kaynak işlerinde kullanılan inverterlerde bu frekans 20.000 Hz ve üstündedir. Bu yüksek frekanslı alternatif akım transformatör yardımıyla gerilimi kaynak için uygun değere indirilir ve buradan çıkan akım aynen alışılmış redresörlerde olduğu gibi bir redresörde doğrultulur ve bir filtreden geçirilerek kaynak için gerekli koşullarda doğru akım elde edilir. Sonuç olarak, gerek alışılmış akım üreteçlerinde ve gerekse de inverterlerde şebeke akımı kaynak için gerekli koşullardaki doğru akıma dönüştürülmüş olur, ama burada inverterin sağladığı çok önemli üstünlükler vardır. (Şekil 4.3)



Şekil 4.3 Normal alışılmış sabit değerli doğru akım veren redresör ve darbeli akım veren inverter tipi elektronik kaynak makinalarının blok şemaları

Transformatörlerin büyüklüğü A.A. in frekansı ile ters orantılıdır; frekans büyüdükçe transformatör küçülür. Aynı güçteki bir normal redresör ve inverter karşılaştırıldığında, inverterin ağırlık olarak % 25 ve boyut olarak da % 33 daha küçük olduğu görülür. İnverterler daha yüksek bir verim ve daha büyük bir güç faktörüne sahiptirler ve dolayısı ile inverter kullanımı halinde elektrik giderlerinde önemli bir azalma ortaya çıkmaktadır ve özellikle 200A'ın altındaki akım şiddetleri ile çalışma halinde bu verimlilik daha büyümetedir.

İnverterlerin en önemli üstünlüğü kaynak arkının kararlılığının, performansının ve kontrol kabiliyetinin artmasıdır. Kontrol devresi inverterin çıkışını saniyede 20.000 kez değiştirilebilmekte ve ark kontrolünün çok hassas bir biçimde gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır. 100A'e kadar olan akım şiddetlerinde inverterin değişimlere cevap verme zamanı 2 milisaniyedir ve akım değişimi tepe değerden tepeye sadece 5A civarındadır. Monofaze tristörlü redresörlerde bu süre 80 milisaniyede 1 dir. Üç fazlı tristörlü redresörlerde ise 13 milisaniye, civarındadır. Bu ise, yani cevap verme zamanının uzaması ergiyen kaynak metali miktarında

değişikliğe ve daha fazla sıçrantının oluşmasına neden olur. Bu zamanın küçülmesi ark başlamasının kolaylaşmasına damlacık büyüklüğündeki farklılığın azalmasına, ark ucunda daha şiddetli bir katod etkisine (damla koparma), düzgün bir kaynak dikişi görünüşüne yardımcı olur. Küçük transformatörler, değişimlere alışılmış makinalarda kullanılan büyük transformatörlerden daha az direnç göstermekte ve daha hızlı bir uyum sağlayabilmektedirler. Ataletleri daha küçüktür. Bu iki husus inverterlerin en önemli üstünlüğüdür.

Inverterlerin, endüktans (akımın inme ve çıkma hızı) üzerinde daha etkin bir kontrol sağlaması kaynakçıya kaynak arkını çok yumuşak bir ark halinden daha delici ve derin nüfuziyet sağlayan bir ark haline kadar ayarlama olanağını sağlar. Bu olay ise, kısa ark ile çalışma halinde karşılaşılan yanma oluğu, soğuk kalmış bölgeler oluşumu tehlikesini ortadan kaldırdığı gibi bu tür çalışmada görülen büyük miktarda sıçramanın azalmasını da sağlar.

Inverter türü kaynak akım üreteçlerinde alışılmış redresörlerde olduğunun aksine giriş akımının monofaze veya trifaze olması çıkış akımının karakterini, biçimini etkilemez. Zira giriş akımı öncelikle doğrultulmakta, ve daha sonra yüksek frekanslı alternatif akıma ve oradanda doğru akıma döndürülmektedir. Bu bakımdan, giriş akımının monofaze veya trifaze olmasının önemi yoktur.(Tülbentçi ve Kaluç, 1998)

Alışılmış akım üreteçleri 50 Hz frekansta çalıştıklarından, akımın en büyük değerine çıkışı 0,01 saniye sürmektedir. Yani her 0,01 saniyede bir, elektrodan kopan metal damlaları kaynak banyosuna geçer. Inverterlerde ise, frekans 20000 Hz'e yükseltildiğinden, akımın en büyük seviyeye ulaşması her 0,000025 s'de bir olur. Bunun anlamı, her 0,000025 s'de bir küçük metal damlasının elektrodan koparak ergimiş kaynak banyosuna geçmesi demektir. Bu nedenle inverter türü kaynak akım üreteçleri ile gerçekleştirilen kaynak işlemlerinde, elektrod ucundan her akım darbesinde bir küçük metal damlacığının koparak banyoya geçmesi çok kısa sürede olmakta, kısa devre damlası, dolayısıyla kısa devre oluşmamakta, bu da sıçrama oluşturmayan ve sessiz bir kaynağın yapılmasına olanak sağlamaktadır. (Karadeniz, 2009)

İnverterlerin çok kısa olan cevap verme kabiliyetleri ve arkın çok kısa zamanda kontrol edilebilme özeliği darbeleri akım D.A. TIG ve MIG / MAG kaynak yöntemlerinde inverterler yüksek darbe frekansları ve daha iyi darbe biçimleri sonucu çok iyi sonuçlar vermektedirler. Kaynak operatörü, alışılmış darbeleri akım kaynak akım üreteçlerinde, çalışma koşullarında kararlı bir ark elde edebilmek için uygun darbe frekansını seçmektedir, bu sorunlu işin zaman zaman kaynak kalitesini etkilediği görülmektedir. Günümüzdeki modern inverterler en uygun darbe frekansını verecek biçimde programlanmıştır, burada kaynakçıya düşen sadece en dengeli kaynak koşulları için uygun kaynak programını seçmektir.

İnverterlerin bu üstünlükleri darbeleri ark sistemi ile birleştirildiğinde, kaynakta saf CO<sub>2</sub>'nin koruyucu gaz olarak kullanılması halinde bile sıçrama görülmez. Darbeleri akım ile çalışan inverterlerin üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir:

- Isı girdisinin daha etkin bir biçimde kontrolü,
- Kısa ark boyu ortalama akım şiddetlerinde dahi her pozisyonda sprey transfer uygulamasına olanak sağlar ve sıçrama yok denecek kadar azalır.
- Aynı akım şiddetinde bir büyük boy tel elektrod kullanabilme olanağını sağlar.

Ontario Hyro's Endüstriyel program bölümünde uzun yıllar süren ark kaynağında enerji verimliliği olanaklarının araştırılması konulu çalışma sonucunda 1991 yılında yayınlanan raporda, inverter kullanımı ile %79'a kadar enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür.

#### *4.3.1.4 İnverter Tipi Kaynak Makinalarının Özellikleri*

Kaynak teknolojisindeki en son gelişmelerden bir tanesi, hatta en önemlisi inverter türü akım üreteçlerinin kaynaklı imalatla uygulamaya girmiş olmasıdır. İnverterler daha önceleri uçak endüstrisinde, güç kaynağı uygulamalarında ve kontrol devrelerinde doğru akım üretiminde kullanılmaya başlanmış ve kazanılan deneyimler bunların kaynaklı imalatla da güç kaynağı olarak kullanılmasına olanak vermiştir.

Alışılmış kaynak akım üreteçlerinde, ve inverterlerde kaynak işlemi için alternatif akımdan doğru akım üretilir. Ancak inverterlerin alışılmış redresör tipi kaynak makinalarına göre çok önemli üstünlükleri vardır. (Karadeniz, 2009)

Bunlar;

1. Aynı güçteki normal bir redresör ile bir inverter karşılaştırıldığında, inverterin ağırlık olarak %25 ve boyut olarak da %33 daha küçük olduğu görülür. İnverterlerdeki kayıpların azaltılması ile yüksek enerji tasarrufu ve buna bağlı olarak da yüksek verim artışı sağlanır.
2. İnverterlerin en önemli üstünlüğü kaynak arkının kararlılığının, performansının ve kontrol kabiliyetinin yüksek olmasıdır.
3. Daha iyi endüktans kontrolü vardır.
4. Darbe biçimi ayarlanabilir.
5. Giriş akımının tek fazlı ya da üç fazlı olması çıkış akımının karakterini biçimini etkilemez.
6. Programlanabilme
7. Hot- start; Arkın ilk ateşlenmesi sırasında oluşabilecek hataları önlemek için ark başlangıç akımının belli bir süre için belli bir miktara yükseltilmesine HOT-START denir. Hot –start kumandası sadece elektrodun ateşlenmesi sırasında etkilidir, ark ateşlenmesi fazında ana metalin daha iyi erimesini sağlayarak kaynamamış bölge kalmasını önler, curuf kalıntısını önler, ark ateşlenmesi sırasındaki akımı kaynak akımının yüzdesi olarak ayarlar ve ark ateşlenmesi sırasında oluşacak büyük dinamik kısa devre akımını önler.
8. Dinamik Kumandası ( arc forcing); İnverterlerde kısadevre sırasında dinamik olarak akım yükseltilip, malzeme geçişi hızlandırılarak, çapak oluşmadan kısadevre süresi kısaltılır. Böylece ark stabil kalmış olur ki buna, dinamik kumandası denir. Bu kumanda ile arkın ateşlenmesi iyileşir, cüruf kalıntısı azalır, kök paso kontrolü iyileşir, ancak bazen sıçrama artışı ve ince sacların kaynağında delinme olabilir.
9. Antistick; Kaynak sırasında kullanım hatası nedeniyle elektrot ile iş parçası arasında yapışma olabilir. Bu durumda elektrot örtüsü ısınarak kırmızı kor haline geçip, özelliğini kaybederek, kullanılmaz hale gelir ve makine da gereksiz olarak ısınır, kazaya neden olabilir. Böyle bir durumda inverterler akımı 5 amper gibi çok küçük bir değere düşürüp, elektrod ve makinayı korurlar. Buna antistick denir.

10. İnverterlerde yüksek kontrol ve kumanda hızı vardır. Ataletleri düşüktür. Bu da sıçrantının azalmasını, ark başlamasının kolaylaşmasını, damlacık büyüklüğü farklarının azalmasını, ark ucunda daha şiddetli katod etkisini ve daha düzgün dikişi sağlar.
11. Şebeke hassasiyeti düşük olduğundan, şebekeden gelen zararlı sinyalleri kaynak tarafına geçirmez.
12. Emniyeti yüksektir. Herhangi bir kaza durumunda inverterler yaklaşık bir saniye civarında bir sürede makinayı şebekeden ayırıp kazayı önleyebilirler.
13. İnverterleri taşıması kolaydır ve stok maliyetleri düşüktür.
14. İnverterler alışılmış standart makinalara göre pahalıdır ve inverterlerle kaynakta kaynak hızı standart makinalardakine göre düşüktür.

## **BÖLÜM BEŞ**

### **ALIŞILMIŞ VE İNVERTER TİPTE KAYNAK MAKİNALARI İLE KAYNATILAN SACLARIN KAYNAK DİKİŞLERİNİN İNCELENMESİ**

Saclar, Terbay Makine Endüstri ve Tic. A.Ş.'de bulunan Gedik Fronius Vario Star 404 model alışılmış tipte kaynak makinası ve Fronius VR 4000 Model Transpulse Synergic kaynak makinası ile firmanın kendi imalatı olan otomatik sistemde kaynatılarak hazırlanmıştır.

İnverter tipte olan kaynak makinasında kaynak yapılacağı zaman kaynağı yapılacak plakanın malzeme kalınlığı makinada uygun malzeme tipi de seçilerek tanımlandığında tüm parametreler (akım, gerilim gibi) kendiliğinden ayarlanmış olmaktadır. Bu büyük bir avantajdır ve kaynak ayar parametrelerinin kontrolünde ve yapılan proses denetimlerinde başarılı olunmasını sağlamaktadır.



Şekil 5.1. Sacların kaynatılmasında kullanılan otomatik sistemin görünümü



Şekil 5.2 Gedik Fronius Vario Star 404 model alışılmış tipte kaynak makinası



Şekil 5.3 Fronius VR 4000 Model Transpulse Synergic kaynak makinası

## 5.1 Deney Malzemeleri

### 5.1.1 Esas Metal

Deneylerde esas metal olarak 10mm kalınlığında Erdemir 6252 (St 52) malzeme kullanılmıştır. Kullanılan malzemenin üreticisi tarafından sertifikasında verilen kimyasal ve mekanik özellikleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo5.1 6252 Malzemenin kimyasal bileşimi

| KİMYASAL BİLEŞİM,<br>POTA ANALİZİ% |         |        |        |         |         |          |
|------------------------------------|---------|--------|--------|---------|---------|----------|
| C<br>%                             | Mn<br>% | P<br>% | S<br>% | Si<br>% | Al<br>% | N<br>Ppm |
| 0,186                              | 1,330   | 0,011  | 0,002  | 0,211   | 0,032   | 95       |

Tablo 5.2 6252 Malzemenin mekanik özellikleri

| MEKANİK ÖZELLİKLER                  |                                       |          |                            |     |     |     |            |
|-------------------------------------|---------------------------------------|----------|----------------------------|-----|-----|-----|------------|
| ÇEKME TESTİ                         |                                       |          | DARBE TESTİ YÖNÜ,<br>joule |     |     |     |            |
| Akma<br>Muka.<br>Kg/mm <sup>2</sup> | Çekme<br>Muka<br>Kg/mm <sup>2</sup> . | %<br>Uz. | 1                          | 2   | 3   | Ort | Sıc.<br>°C |
| 44,1                                | 60,5                                  | 25       | 126                        | 129 | 130 | 128 | -20        |

Deneylerde kullanılan parçalar, Erdemir 6252 kalite malzeme (sac) lazer kesim tezgahında 100x200x10mm boyutlarında kesilmiş ve daha sonra bunlara, kaynak ağzı açılarak hazırlanmıştır.

### 5.1.2 Tel Elektrod

Kaynak teli olarak GEKA marka 1,2 mm çaplı SG2 tel kullanılmıştır.



Şekil 5.4 Tel elektrod makarası

### 5.1.3 Koruyucu Gaz

Koruyucu gaz olarak firmada kullanılmakta olan Habaş firmasından alınan yine kalite kontrol sertifikalı ARCO 20 %80 Argon, %20 CO<sub>2</sub> 'den oluşan ARCO 20 karışım gaz kullanılmıştır.

## 5.2. Alın ve Köşe Kaynaklarının Yapılışı

Kaynak kalitesinin kabul edilebilir seviyede olabilmesi için kaynak parametrelerinin doğru ayarlanması gerektiği açıktır. Kaynakların yapıldığı Terbay Makina'da uygulanan kalite yönetim sistemleri gereği de proses parametrelerinin belirlenmiş ve her seferinde bu belirlenen parametreler doğrultusunda çalışılıyor olması şarttır.

Sinerjik kaynak makinalarının gösterge panelinden önceden tespit edilen kaynak parametreleri kaynak esnasında görülebilmektedir. Kaynakta kullanılan alışılmış tipte kaynak makinalarında akım veya gerilimi kaynak yaparken okuma yeteneği olmadığından, alışılmış tipte kaynak makinasının pozitif(+) kutbuna paralel bir şönt ve şöntün iki ucundan da paralel bir ampermetre bağlanarak çalışılan amper değerinin okunması sağlanmıştır.



Şekil 5.5 Kaynak makinasına bağlanan şönt



Şekil 5.6 Kaynak makinasına bağlanan ampermetre göstergesi

Hazırlanan kaynak parçaları kaynağın yapılacağı otomatik sistemin sehpasına yerleştirilerek torç açısı, sehpanın ilerleme hızı (22 m/saat) ayarlanmıştır.



Şekil 5.7 Kaynak ön hazırlığı ve kaynak yerinin görünümü

10mm kalınlığındaki numuneler, alın ve köşe kaynakları şeklinde önce inverter kaynak makinasında kaynatılmıştır. Kaynak sırasında kaynak makinasının gösterge panellerinden kaynak parametreleri okunarak aynı değerler alılmış tipte kaynak makinasında ayarlanarak kaynak yapılmıştır. Böylelikle tüm kaynak parametreleri her iki makinada sabit veya aynı tutularak kaynak dikişlerinin çekilmesinde tek değişkenin makina olması sağlanmıştır.



Şekil 5.8 Kaynağın yapılışından bir görünüm

Tablo 5.3 Alın ve iç köşe kaynağında kullanılan parametreler

| Kaynak Makinası ve Kaynak Dikişi              | Akım (A) | Gerilim (V) | Gaz Debisi | Tel Çapı | Tel Hızı |
|-----------------------------------------------|----------|-------------|------------|----------|----------|
| İnverter Kaynak Makinası/ Alın Kaynağı        | 285      | 29,1        | 12         | 1,2      | 9,1      |
| Alışılmış Tipte Kaynak Makinası/ Alın Kaynağı | 280      | 17B         | 12         | 1,2      | 9,1      |
| İnverter Kaynak Makinası/ Köşe Kaynağı        | 270      | 29,4        | 12         | 1,2      | 9,1      |
| Alışılmış Tipte Kaynak Makinası/ Köşe Kaynağı | 275      | 17B         | 12         | 1,2      | 9,1      |

### 5.3. Kaynak Dikişlerinin Karşılaştırılması

#### 5.3.1 Kaynakların Görsel Karşılaştırması

Alışılmış tipte kaynak makinası ve inverter kaynak makinası ile çekilen kaynak dikişlerine bakmadan önce yapılış anındaki fotoğraflarına bakacak olursak, inverterle yapılan kaynak sırasında hiç sıçrantının olmadığı fotoğraftan (şekil 5.9) görülecektir.



(a)



(b)

Şekil 5.9 Kaynak sırasındaki sıçrantı

(a) Alışılmış tipte MIG/MAG kaynak makinası ile kaynak

(b) İnverter MIG/MAG kaynak makinası ile kaynak

Hem alın kaynağı hem de iç köşe kaynağı ile birleştirilen plakalar incelendiğinde, alışılmış tipte MIG / MAG kaynak makinası ile kaynağı yapılan saclarda sıçrantı olduğu inverter tipte MIG / MAG kaynak makinası ile kaynağı yapılan saclarda ise sıçrantının olmadığı görülmektedir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 5.10 Kaynaktılan saclardaki sıçrıntı (a) İnverter kaynak makinası ile yapılan alın kaynağı (b) İnverter kaynak makinası ile yapılan köşe kaynağı (c) Alışılmış tipte kaynak makinası ile yapılan alın kaynağı (d) Alışılmış tipte kaynak makinası ile yapılan köşe kaynağı

### 5.3.2 Penetrent Testi Neticesi

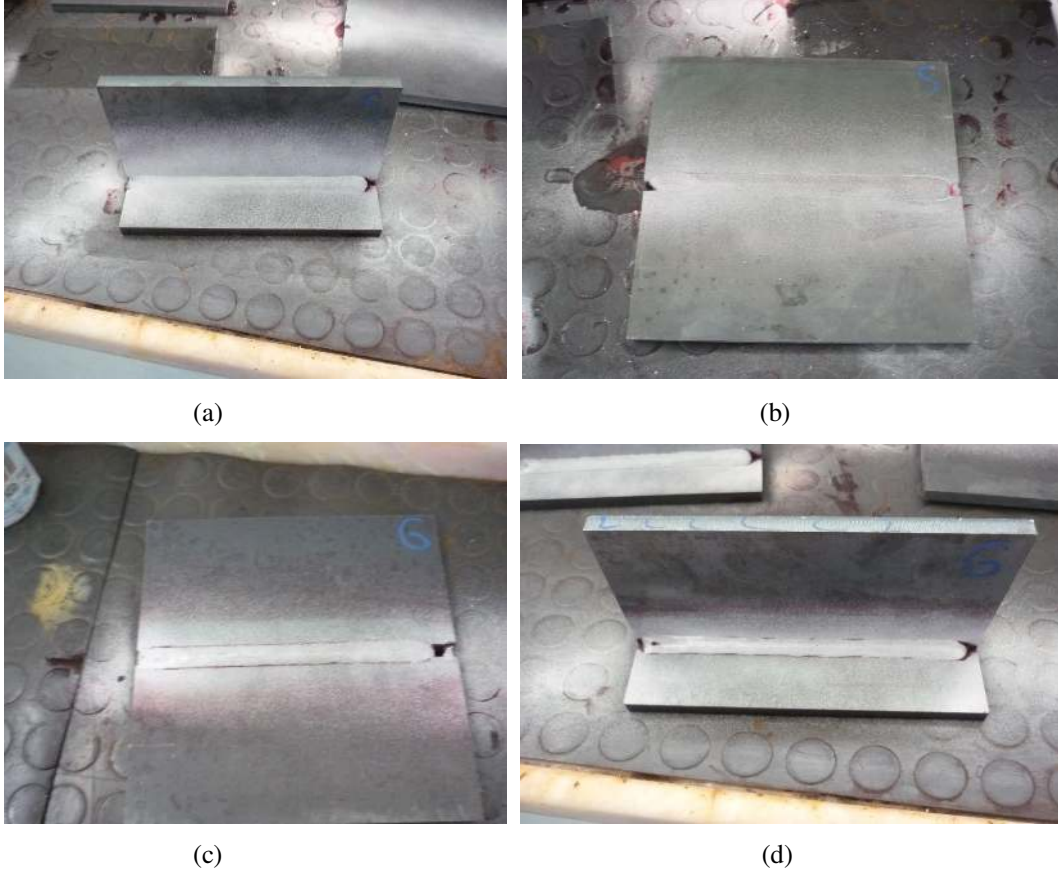
Penetrent testi yapılabilmesi için kaynak saçların yüzeyi çapaklardan, gaz kalıntılarından temizlendi. Temizleme bittikten sonra yüzey MetaClean solvent ile temizlendi. Solvent yüzeye sıkılarak kuruması bekledi. Parça yüzeyi kuruduktan sonra penetrent sıvısı (Pentrix100) 15-20 cm mesafeden homojen bir şekilde püskürtülerek 20 dakika bekledi. Yüzeydeki hatasız yerlerdeki penetrent, pamuksuz ve ipliksiz bir beze MetaClean (solvent) püskürtülerek, bu bez yardımıyla parça yüzeyine fazla bastırılmadan silinerek temizlendi. Penetrasyon süresi kadar bekledi. Daha sonra plakaların yüzeyine developer (Rivelex200) homojen bir şekilde püskürtüldü. Developmen süresi (20 dakika) kadar bekledi.

- 1 dakikanın sonunda, alışılmış tipte kaynak makinası ile yapılan köşe kaynağının bitiş noktasında krater boşluğu hatası görülmüştür. İnverter ile yapılan kaynakta ise bir hata görülmemiştir.
- 20 dakikanın sonunda, 1 dakikanın sonunda tespit edilen hatanın (boşluk) büyüdüğü görülmüştür.

Penetrent ile hatanın derinliği değil, genişliği ve uzunluğu tespit edilebilmektedir.



Şekil 5.11 Penetrent testi öncesi temizlenmiş plakalar



Şekil 5.12 Penetrent testi uygulanmış numuneler (a) ve (b) İnverter ile kaynatılmış numuneler (c) ve (d) Alışılmış tipte makine ile kaynatılmış numuneler, (d) Numunede kaynakta krater boşluğu



Şekil 5.13 Yirminci dakikanın sonunda büyüyen krater boşluğu

### **5.3.3 Kaynak Profilinin İncelenmesi**

#### **5.3.3.1 Numunelerin Hazırlanması**

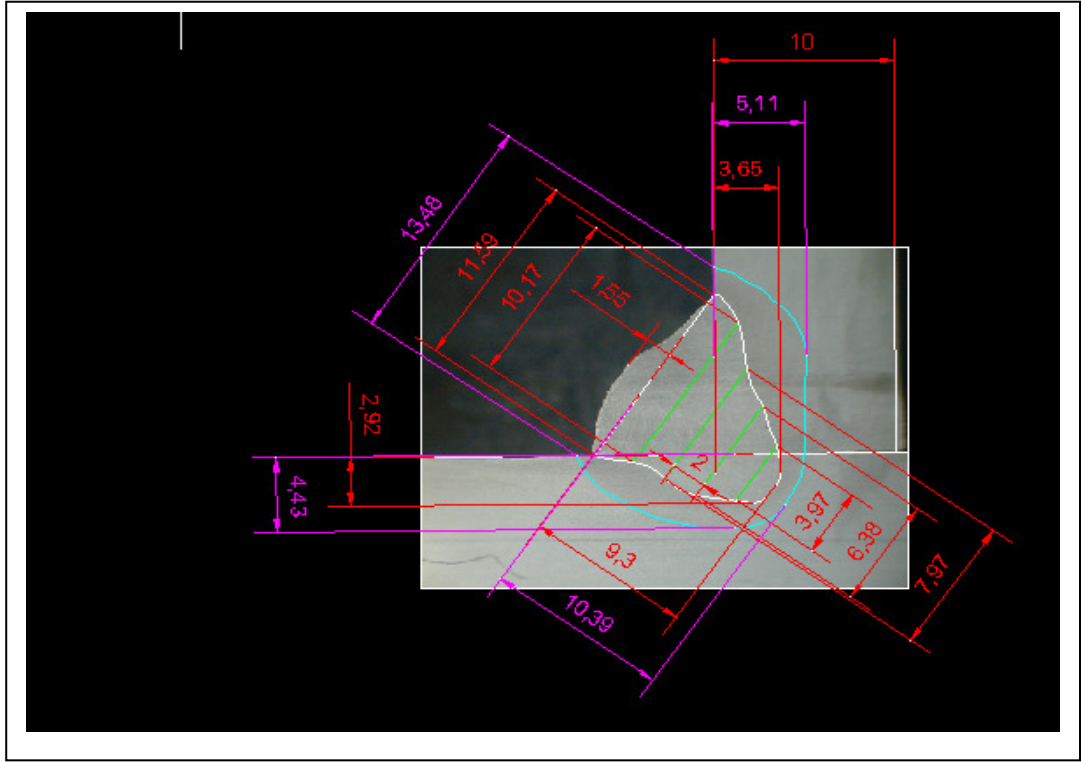
İncelenecek numuneler, numune kesme cihazında 100x200x10 mm'lik plakalardan kaynak dikişlerinin sağından ve solundan 1'er cm dışından testere ile kesildi. Yüzeylerin birbirine paralel olmasına dikkat edildi.

Metkon Forcipol-1-230V-50-60 Hz numune parlatma cihazında kesilen numuneler parlatıldı. Numune parlatma işlemi şu şekilde yapılmıştır: P180 nolu zımpara ile düzlemsel zımparalama yapıldıktan sonra sıra ile, P320, P600, P1000 nolu zımparalar ile kesme işleminden gelen tufal ve yüzey pürüzlülüğü ortadan kaldırılarak düz bir yüzey elde edilmiştir. Hassas zımparalama ile de numune bir sonraki işlem olan parlatmaya hazır hale getirilmiştir. Bu işlem yapılırken sulu zımpara kullanılmıştır.

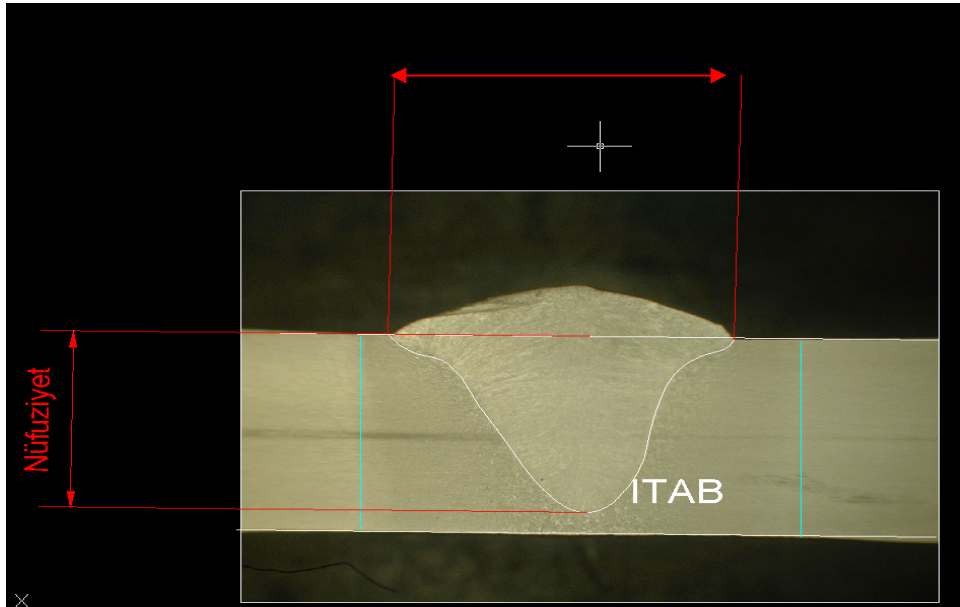
Hassas taşlamada oluşan ince deformasyonu ortadan kaldırarak numuneyi mikroskop altında incelemeye hazır hale getirmek için parlatma yapmaya gerek vardır. Parlatma işlemi detaylı bir aktivite olup, parlatma kumaşın cinsi, aşındırıcı tipi, parlatma basınç hız ve süresi gibi parametreler neticeye etki eder. Elde edilen nihai yüzey kalitesi, parlatma öncesi hazırlama aşamalarına ve parlatma işleminin kalitesine bağlıdır.

Elmas aşındırıcı olarak rutin laboratuvar uygulamalarında kullanılan (blok yapıda olup, daha az kesici kenara sahip) elmas süspansiyonlar kullanılmıştır. Su yerine bu işlemde elmas suyu kullanılmıştır. Kaba parlatma işlemi için floke baskı PVC tabanlı sentetik kumaş 6 mikronluk elmas kullanılarak, elmas suyu ile işlem yapılmıştır. İşlem yapılacak yüzeylere ince bir tabaka halinde 6 mikronluk elmas solüsyon sürülmüştür. Nihai parlatma işlemi için yine floke baskı pamuk dokuma tabanlı yumuşak sentetik kumaş kullanılmıştır. Herhangi bir sıvı solvent kullanılmamıştır. Parlatılan numune yüzeylerine 1 mikronluk elmas solüsyon ince bir tabaka halinde sürülmüştür.

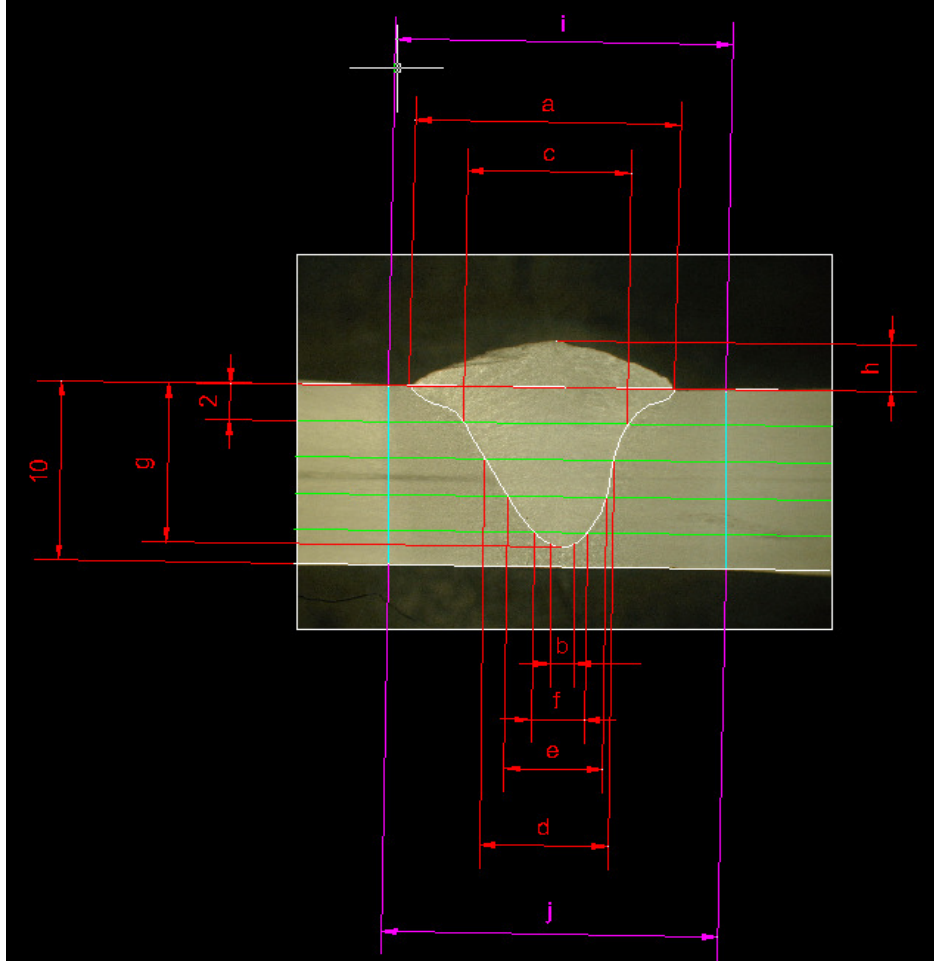




Şekil 5.15 Köşe kaynağı profili görünümü



Şekil 5.16 Alın kaynağında nüfuziyet ve dikiş genişliği profili



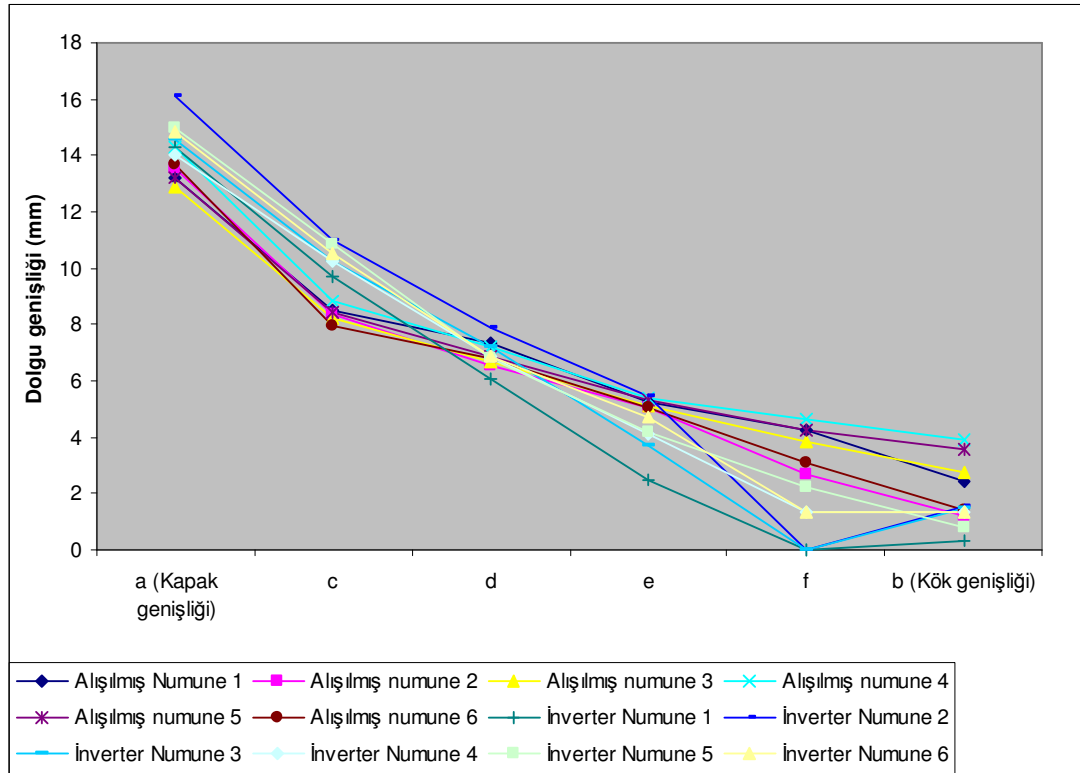
Şekil 5.17 Alın kaynağının belirlenen tanımlamada kaynak profili üzerinde gösterilmesi

Tablo 5.4 Alışılmış tipte kaynak makinası ile yapılan alın kaynağı profilleri

| Tanım-(mm)               | Numune 1 | Numune 2 | Numune 3 | Numune 4 | Numune 5 | Numune 6 |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| a (Kapak genişliği - mm) | 13,21    | 13,58    | 12,85    | 14,3     | 13,21    | 13,66    |
| b (Kök genişliği)        | 2,4      | 1,2      | 2,77     | 3,88     | 3,55     | 1,42     |
| c                        | 8,47     | 8,37     | 8,22     | 8,86     | 8,41     | 7,97     |
| d                        | 7,33     | 6,57     | 6,67     | 7,22     | 6,9      | 6,81     |
| e                        | 5,24     | 5,05     | 5,09     | 5,36     | 5,31     | 5,07     |
| f                        | 4,27     | 2,69     | 3,87     | 4,63     | 4,23     | 3,07     |
| g                        | 10       | 8,79     | 10       | 10       | 10       | 9,04     |
| h                        | 2,68     | 2,53     | 2,44     | 2,05     | 2,68     | 2,61     |
| i (ITAB üst genişlik)    | 17,71    | 17,25    | 17,25    | 17,13    | 17,56    | 17,9     |
| j(ITAB alt genişlik)     | 15,49    | 15,82    | 15,19    | 14,6     | 15,03    | 14,67    |

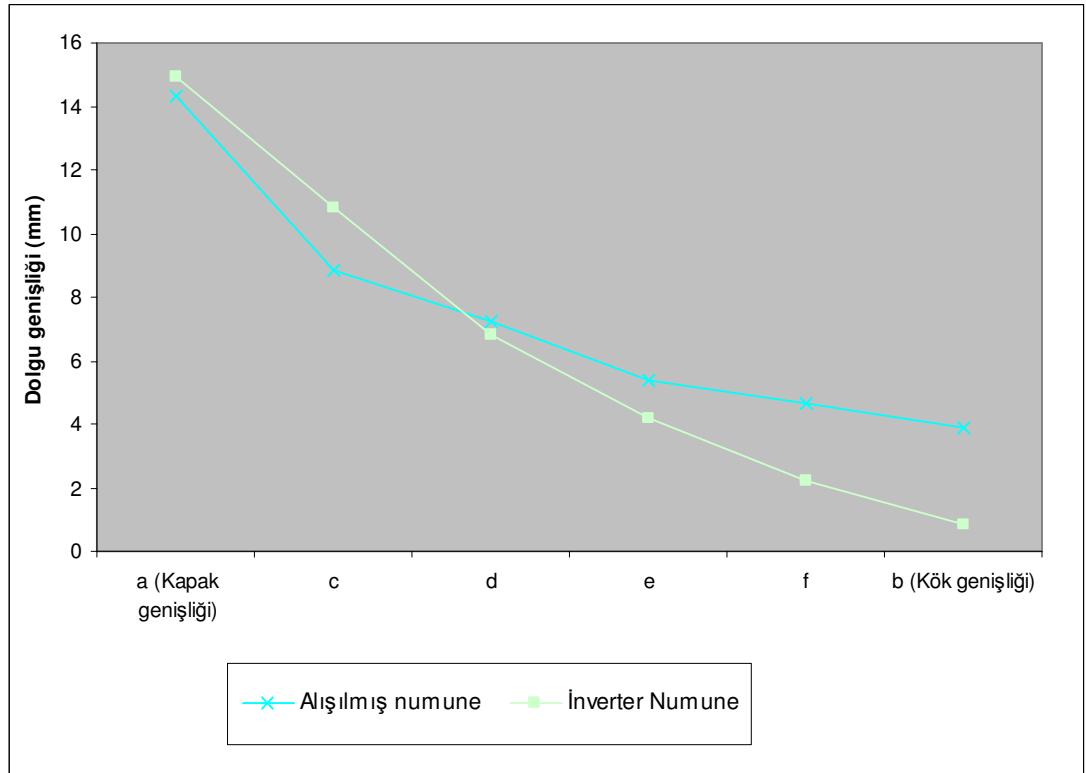
Tablo 5.5 İnverter tipte kaynak makinası ile yapılan alın kaynağı profilleri

| Tanım –(mm)           | Numune 1 | Numune 2 | Numune 3 | Numune 4 | Numune 5 | Numune 6 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| a (Kapak genişliği)   | 14,29    | 16,11    | 14,56    | 14,05    | 14,95    | 14,83    |
| b (Kök genişliği)     | 0,36     | 1,57     | 1,5      | 1,37     | 0,81     | 1,33     |
| c                     | 9,72     | 11,02    | 10,26    | 10,28    | 10,83    | 10,52    |
| d                     | 6,05     | 7,86     | 7,19     | 6,87     | 6,79     | 6,87     |
| e                     | 2,52     | 5,45     | 3,7      | 4,13     | 4,2      | 4,75     |
| f                     | 0        | 0        | 0        | 1,37     | 2,22     | 1,33     |
| g                     | 7,8      | 7,5      | 7,89     | 8,26     | 8,76     | 8,11     |
| h                     | 0,36     | 0,25     | 0,33     | 0        | 0        | 0        |
| i (ITAB üst genişlik) | 17,11    | 18,91    | 17,33    | 17,28    | 18,1     | 18,38    |
| j(ITAB alt genişlik)  | 6,28     | 10,26    | 9,96     | 9,51     | 10,67    | 11,31    |



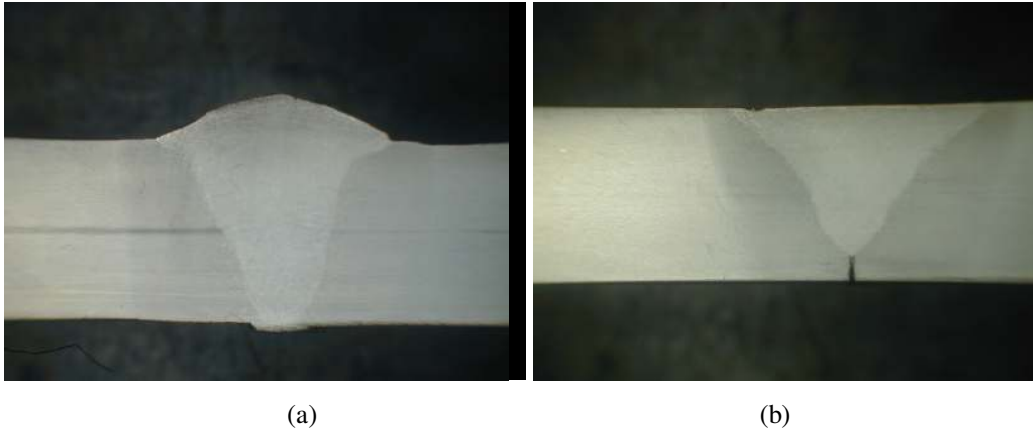
Şekil 5.18 Alışılmış ve inverter tipte kaynak makinası ile yapılan alın kaynağında kaynak profillerinin karşılaştırılması

Tablo ve grafikler incelendiğinde alışılmış tipte makina ile yapılan kaynaklarda kaynak dolgu genişliğinin, inverter tipte kaynak makinası ile yapılan kaynaklardaki kaynak dolgu genişliğinden daha az olduğu görülmektedir. Kaynak nufuziyet derinliğine de bağlı olarak e noktasından (6mm) itibaren inverter kaynak makinası ile yapılan kaynakta dolgu genişliği azalmaktadır. Fakat bunun sebebi muhtemel torç aşısının yanlış ayarlanmış olmasından kaynaklanmaktadır.

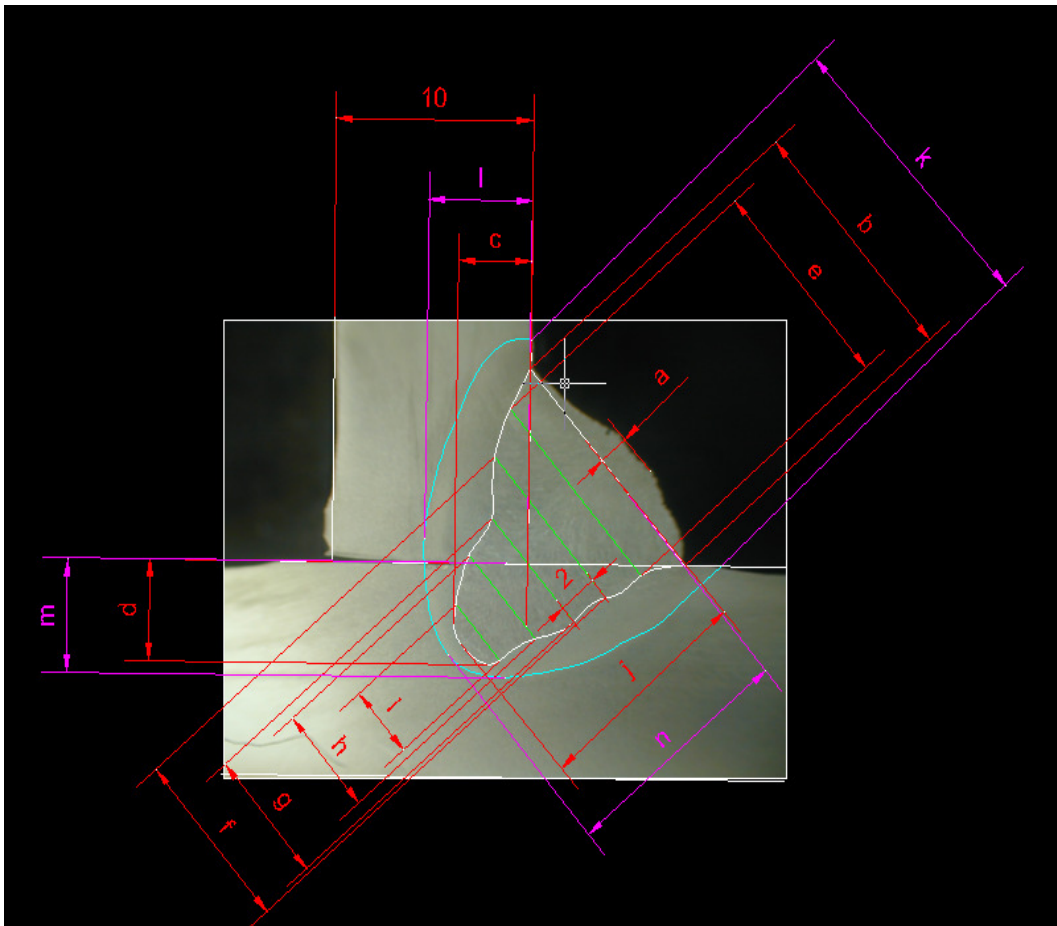


Şekil 5.19 Alışılmış ve inverter tipte kaynak makinası ile yapılan alın kaynağında kaynak profillerinin elde edilen numunelerindeki karşılaştırılması (Dikiş genişliği en fazla olan numunede)

Alın kaynak profilleri incelendiğinde inverter tipte kaynak makinası ile yapılan kaynaktan çıkarılan numunelerde istenmeyen dış bükeyliğin (sırt) çok az olduğu veya hiç olmadığı, alışılmış tipte kaynak makinası ile yapılan kaynaktan çıkarılan numunelerde ise 2-2,6 mm mertebesinde olduğu görülmektedir.



Şekil 5.20 Kaynakta oluşan dışbükeylik (a) Alışılmış tipte kaynak makinası ile yapılan alın kaynağı  
(b) İnverter tipte kaynak makinası ile yapılan alın kaynağı



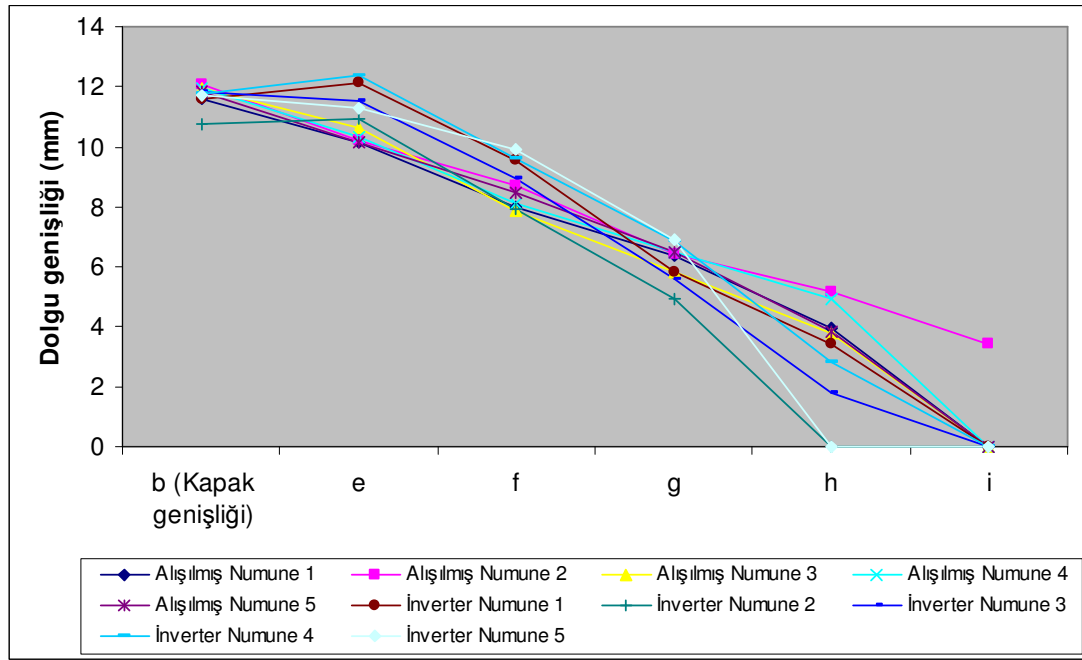
Şekil 5.21 Köşe kaynağının belirlenen tanımlamada kaynak profili üzerinde gösterilmesi

Tablo 5.6 Alışılmış tipte kaynak makinası ile yapılan köşe kaynağı profilleri

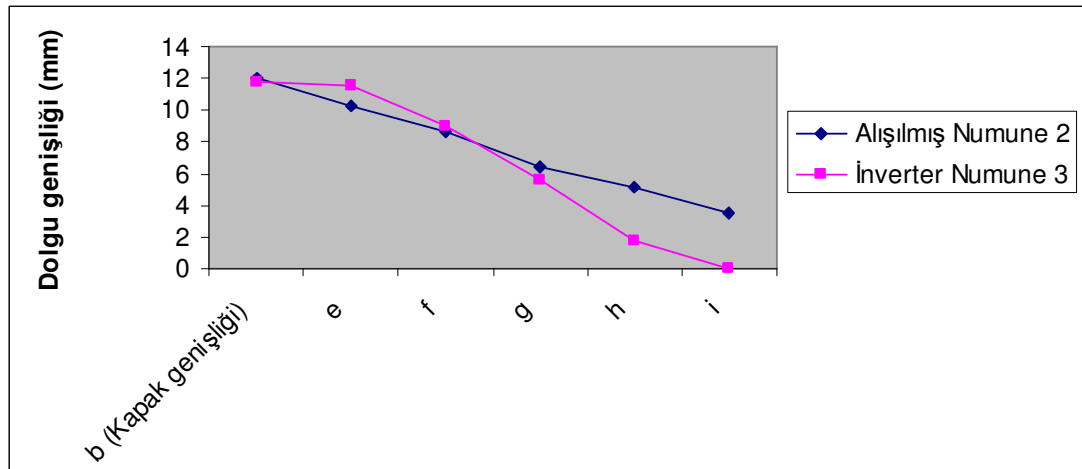
| Tanım                 | Numune 1 | Numune 2 | Numune 3 | Numune 4 | Numune 5 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| b (Kapak genişliği)   | 11,59    | 12,05    | 11,93    | 11,94    | 11,86    |
| c (Nufuziyet)         | 3,65     | 3,7      | 2,36     | 4,09     | 2,5      |
| d                     | 2,92     | 4,72     | 3,96     | 3,05     | 3,38     |
| e                     | 10,17    | 10,24    | 10,61    | 10,31    | 10,17    |
| f                     | 7,97     | 8,69     | 7,88     | 8,09     | 8,48     |
| g                     | 6,38     | 6,4      | 5,83     | 6,47     | 6,49     |
| h                     | 3,97     | 5,15     | 3,77     | 4,91     | 3,83     |
| i                     | 0        | 3,45     | 0        | 0        | 0        |
| a                     | 1,55     | 1,57     | 1,54     | 1,78     | 1,82     |
| j                     | 9,3      | 11,01    | 9,75     | 9,63     | 9,6      |
| k (ITAB üst genişlik) | 13,48    | 14,3     | 13,4     | 13,59    | 13,13    |
| l (ITAB)              | 5,11     | 5,28     | 5,9      | 5,49     | 5,23     |
| m (ITAB)              | 4,43     | 5,3      | 4,95     | 4,44     | 5,25     |
| n (ITAB)              | 10,39    | 11,82    | 10,22    | 10,69    | 11,16    |

Tablo 5.7 İnverter tipte kaynak makinası ile yapılan köşe kaynağı profilleri

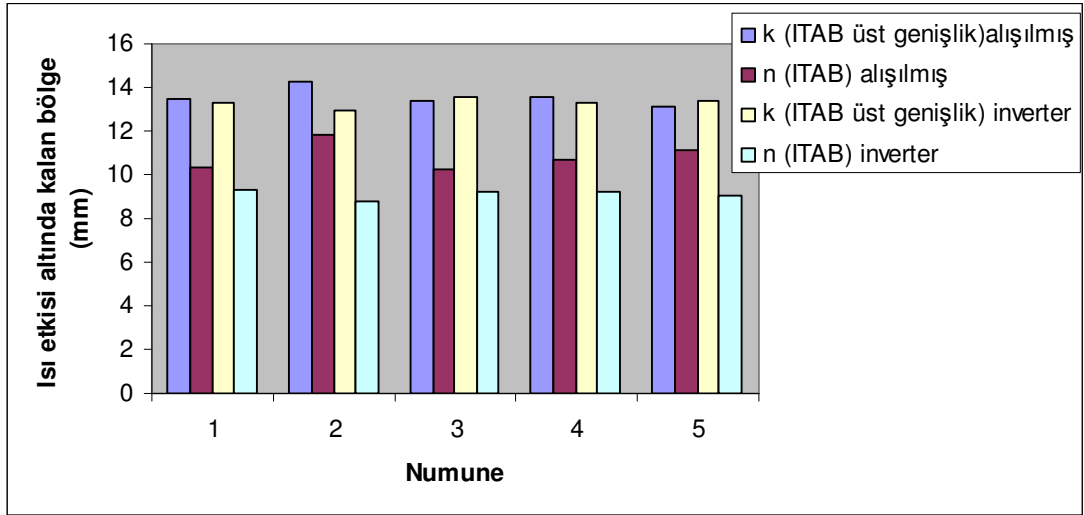
| Tanım                 | Numune 1 | Numune 2 | Numune 3 | Numune 4 | Numune 5 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| b (Kapak genişliği)   | 11,62    | 10,78    | 11,83    | 11,8     | 11,7     |
| c (Nufuziyet)         | 3,16     | 2,64     | 2,11     | 2,66     | 2,44     |
| d                     | 2,64     | 2,54     | 2,41     | 2,94     | 3,03     |
| e                     | 12,16    | 10,93    | 11,54    | 12,39    | 11,27    |
| f                     | 9,54     | 7,95     | 8,95     | 9,6      | 9,93     |
| g                     | 5,85     | 4,91     | 5,61     | 6,86     | 6,93     |
| h                     | 3,44     | 0        | 1,78     | 2,84     | 0        |
| i                     | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| a                     | 0,47     | 0,81     | 0,64     | 0,71     | 0,7      |
| j                     | 8,65     | 7,67     | 8,38     | 8,63     | 7,95     |
| k (ITAB üst genişlik) | 13,28    | 12,96    | 13,54    | 13,28    | 13,39    |
| l (ITAB)              | 4,89     | 4,54     | 4,63     | 4,58     | 4,25     |
| m (ITAB)              | 3,72     | 4,17     | 4,38     | 4,23     | 4,75     |
| n (ITAB)              | 9,34     | 8,82     | 9,21     | 9,19     | 9,05     |



Şekil 5.22 Alışılmış ve inverter tipte kaynak makinası ile yapılan köşe kaynağında kaynak profillerinin karşılaştırılması



Şekil 5.23 Alışılmış ve inverter tipte kaynak makinası ile yapılan köşe kaynağında kaynak profillerinin karşılaştırılması (Dikiş genişliği en fazla olan numunede)



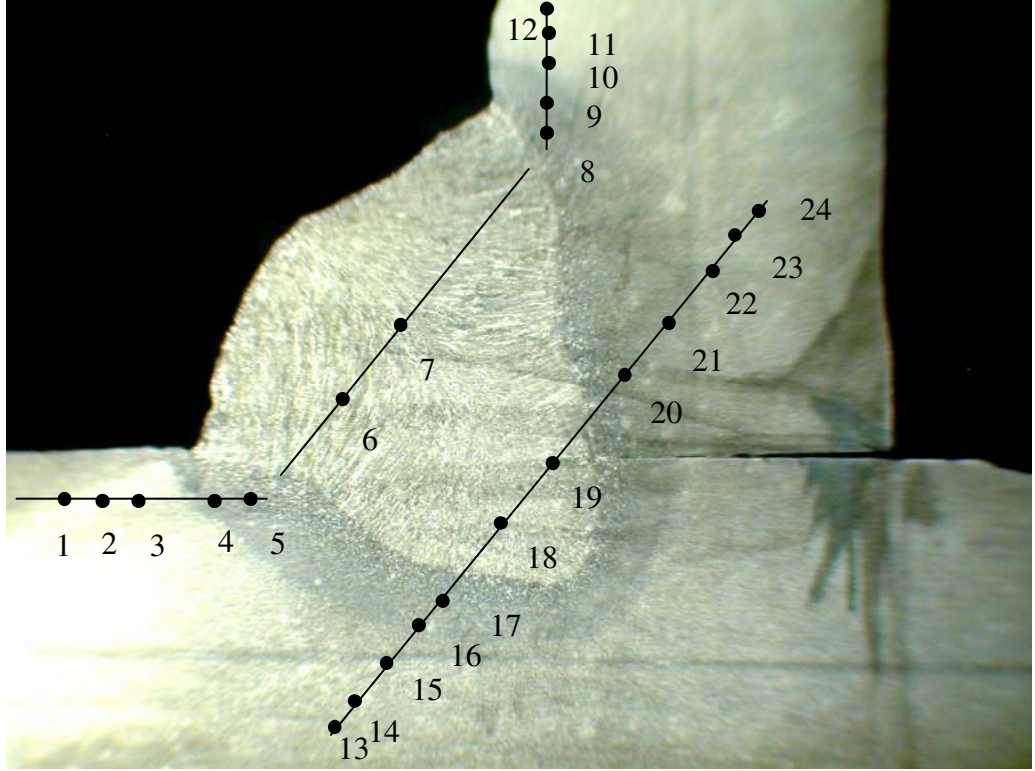
Şekil 5.24 Alışılmış ve inverter tipte kaynak makinası ile yapılan köşe kaynağında ısı etkisi altında kalan bölgeler

Alışılmış tipte kaynak makinası ve inverter kaynak makinası ile yapılan kaynaklar karşılaştırıldığında, nüfuziyette inverterin kaynak hızından kaynaklanan dezavantaj görülmektedir. İnverterler ile daha yavaş kaynak çekilmesi gerekmektedir. Daha yavaş kaynak hızında nüfuziyet iyileşecektir.

#### 5.3.4 Kaynak Bölgelerinde Sertlik Taraması Karşılaştırması

Sertlik deneyleri, profil incelemesi yapılmak üzere parlatılmış numuneler üzerinde yapılmıştır. İnverter ve alışılmış tipte kaynak makinasında sacların kaynatılması ile elde edilen alın ve köşe kaynak numunelerinden çıkarılan birer adet numunede sertlik taraması yapılmıştır. Vickers Sertlik Ölçüm Cihazı HVS-50 ile deneyler 9,807 N yük altında t=10 s sürede gerçekleştirilmiş olup, deney sonuçları HV (Vickers) olarak verilmiştir.

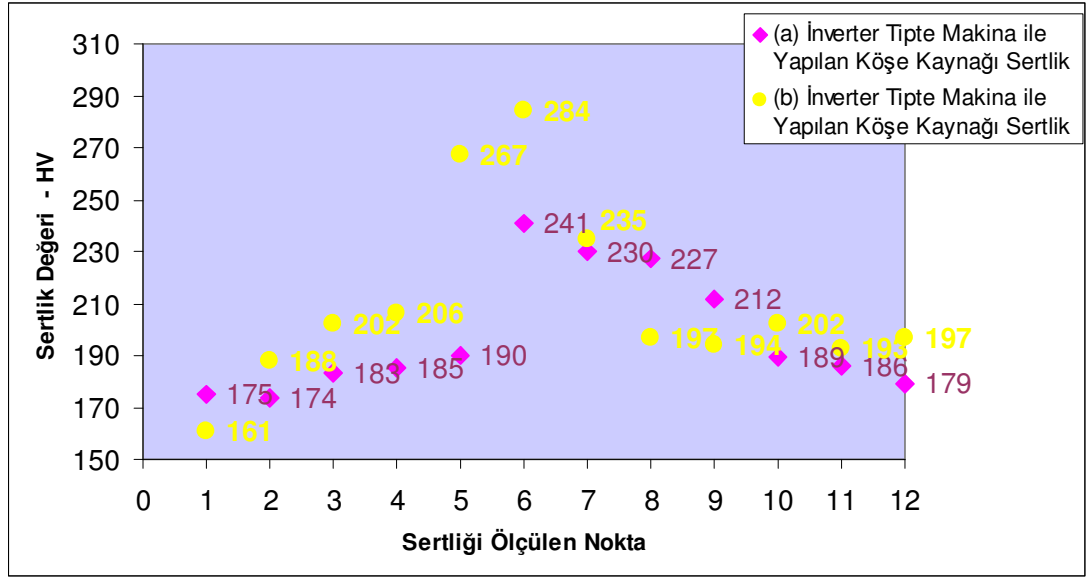
Numuneler, TS 9913 EN 1043-1 (Nisan 2003) Metalik malzemelerdeki kaynaklar üzerinde tahribatlı deneyler –Sertlik Deneyi- Bölüm 1: Ark kaynaklı birleştirmelerde sertlik deneyi standardına uygun olarak işaretlenmiş ve bu noktalardan ölçülmüştür.



Şekil 5.25 Köşe kaynağında sertlik ölçümü yapılan noktalar

Tablo 5.8 İnverter tipte kaynak makinası ile yapılan köşe kaynağında elde edilen sertlik sonuçları

| Nokta | Sertlik | Nokta | Sertlik |
|-------|---------|-------|---------|
| 1     | 175     | 13    | 161     |
| 2     | 174     | 14    | 188     |
| 3     | 183     | 15    | 202     |
| 4     | 185     | 16    | 206     |
| 5     | 190     | 17    | 267     |
| 6     | 241     | 18    | 284     |
| 7     | 230     | 19    | 235     |
| 8     | 227     | 20    | 197     |
| 9     | 212     | 21    | 194     |
| 10    | 189     | 22    | 202     |
| 11    | 186     | 23    | 193     |
| 12    | 179     | 24    | 197     |

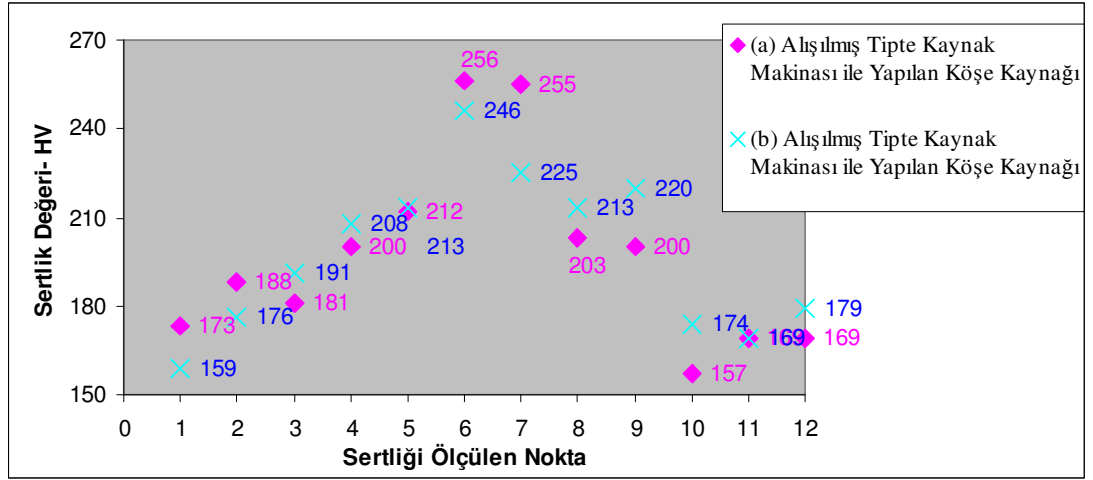


Şekil 5.26 İnverter tipte kaynak makinası ile yapılan köşe kaynağında sertlik taraması sonuçları

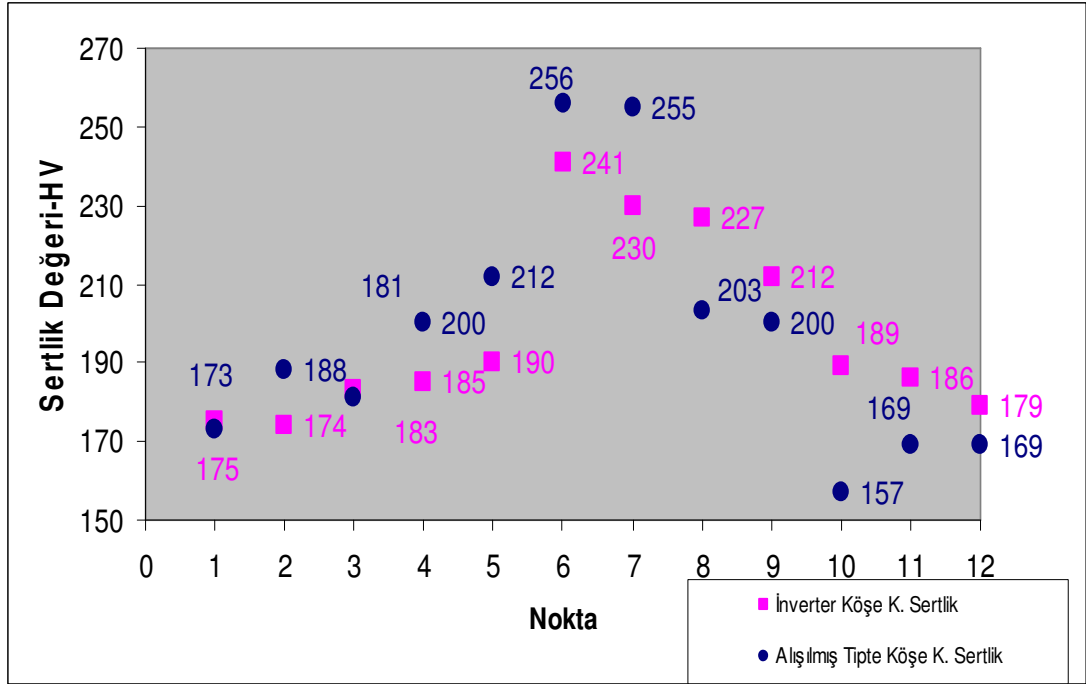
- (a) Nokta 1 ile nokta 12 arası sertlik değerleri  
 (b) Nokta 13 ile nokta 24 arası sertlik değerleri

Tablo 5.9 Alışılmış tipte kaynak makinası ile yapılan köşe kaynağında elde edilen sertlik sonuçları

| Nokta | Sertlik | Nokta | Sertlik |
|-------|---------|-------|---------|
| 1     | 173     | 13    | 159     |
| 2     | 188     | 14    | 176     |
| 3     | 181     | 15    | 191     |
| 4     | 200     | 16    | 208     |
| 5     | 212     | 17    | 213     |
| 6     | 256     | 18    | 246     |
| 7     | 255     | 19    | 225     |
| 8     | 203     | 20    | 213     |
| 9     | 200     | 21    | 220     |
| 10    | 157     | 22    | 174     |
| 11    | 169     | 23    | 169     |
| 12    | 169     | 24    | 179     |

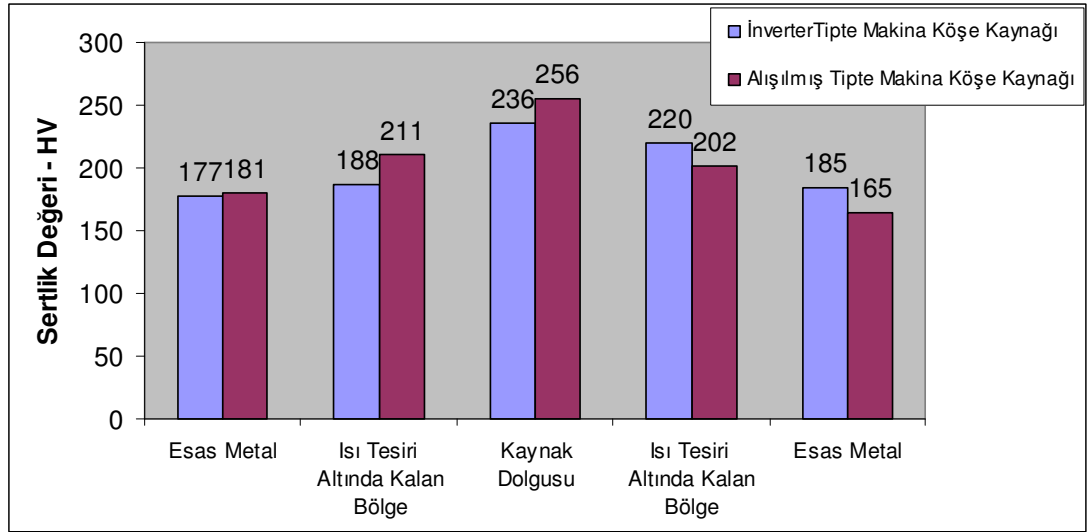


Şekil 5. 27 Alışılmış tipte kaynak makinası ile yapılan köşe kaynağında sertlik taraması sonuçları  
 (a) Nokta 1 ile nokta 12 arası sertlik değerleri  
 (b) Nokta 13 ile nokta 24 arası sertlik değerleri

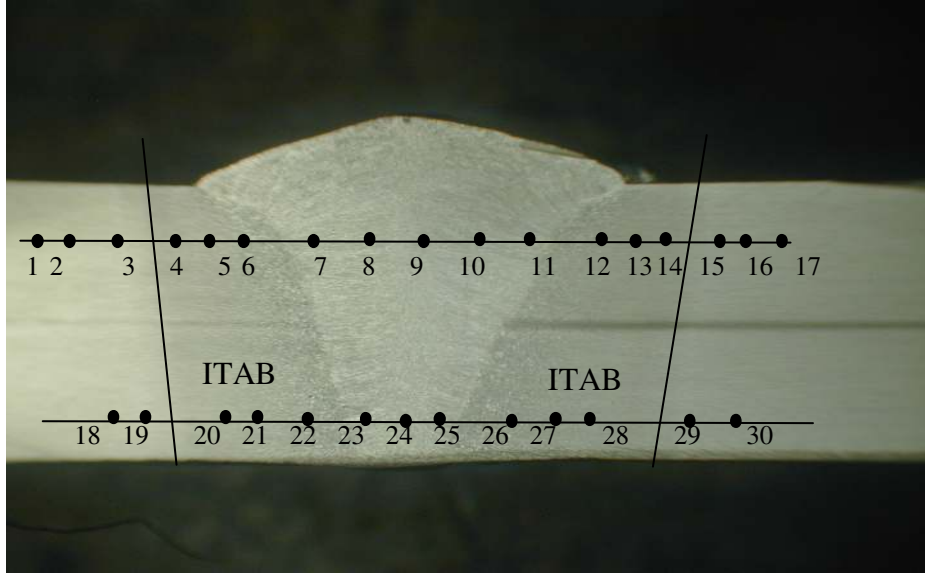


Tablo 5.10 Alışılmış ve inverter tipte makinalarla yapılan köşe kaynağı ortalama sertlik dağılımı

| <b>İnverter Tipte Makina Köşe Kaynağı</b> | <b>Sertlik Ortalama</b> | <b>Alışılmış Tipte Makina Köşe Kaynağı</b> | <b>Sertlik Ortalama</b> |
|-------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
| Esas Metal                                | 177                     | Esas Metal                                 | 181                     |
| Isı Tesiri Altında Kalan Bölge            | 188                     | Isı Tesiri Altında Kalan Bölge             | 211                     |
| Kaynak Dolgusu                            | 236                     | Kaynak Dolgusu                             | 256                     |
| Isı Tesiri Altında Kalan Bölge            | 220                     | Isı Tesiri Altında Kalan Bölge             | 202                     |
| Esas Metal                                | 185                     | Esas Metal                                 | 165                     |



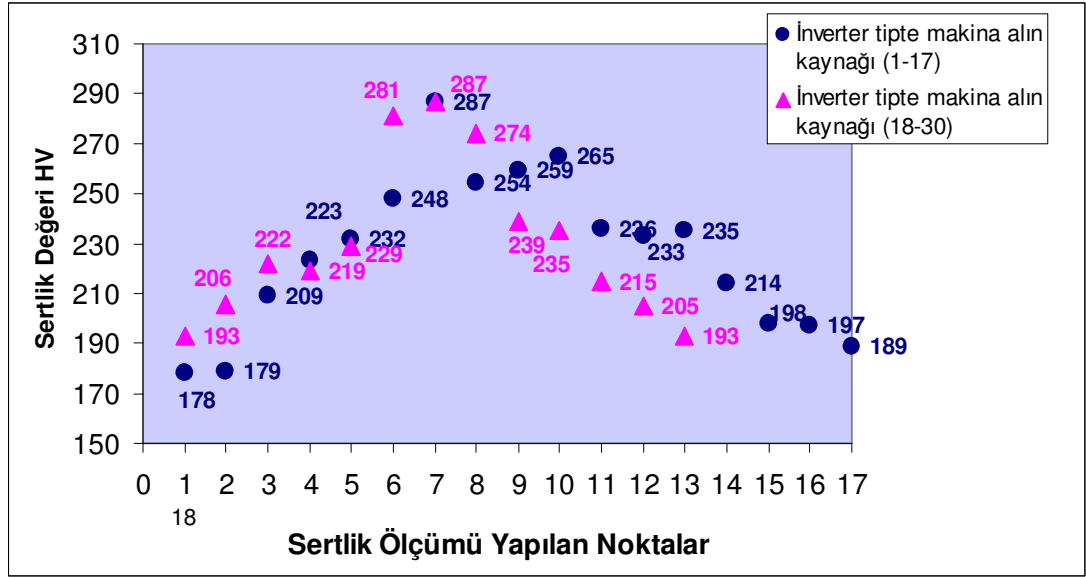
Şekil 5. 29 Alışılmış ve inverter tipte makinalarla yapılan köşe kaynakları ortalama sertlik değerleri dağılımı karşılaştırması



Şekil 5.30 Alın kaynağında sertlik ölçümü yapılan noktalar

Tablo 5.11 İnverter tipte kaynak makinası ile yapılan alın kaynağında elde edilen sertlik değerleri

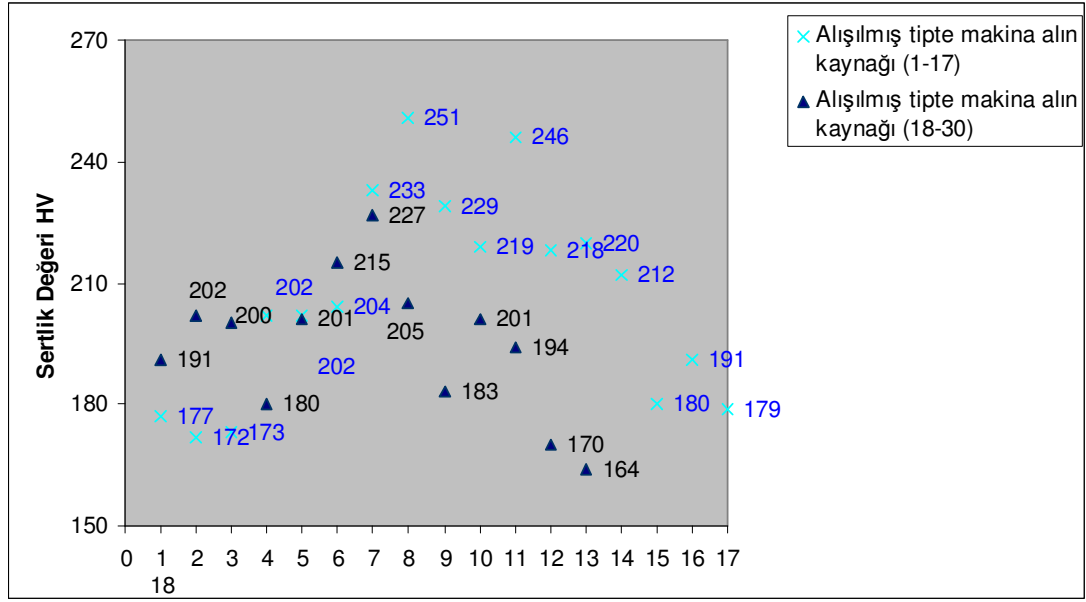
| Ölçüm Noktası | Sertlik Değeri (HV) | Ölçüm Noktası | Sertlik Değeri (HV) |
|---------------|---------------------|---------------|---------------------|
| 1             | 178                 | 18            | 193                 |
| 2             | 179                 | 19            | 206                 |
| 3             | 209                 | 20            | 222                 |
| 4             | 223                 | 21            | 219                 |
| 5             | 232                 | 22            | 229                 |
| 6             | 248                 | 23            | 281                 |
| 7             | 287                 | 24            | 287                 |
| 8             | 254                 | 25            | 274                 |
| 9             | 259                 | 26            | 239                 |
| 10            | 265                 | 27            | 235                 |
| 11            | 236                 | 28            | 215                 |
| 12            | 233                 | 29            | 205                 |
| 13            | 235                 | 30            | 193                 |
| 14            | 214                 |               |                     |
| 15            | 198                 |               |                     |
| 16            | 197                 |               |                     |
| 17            | 189                 |               |                     |



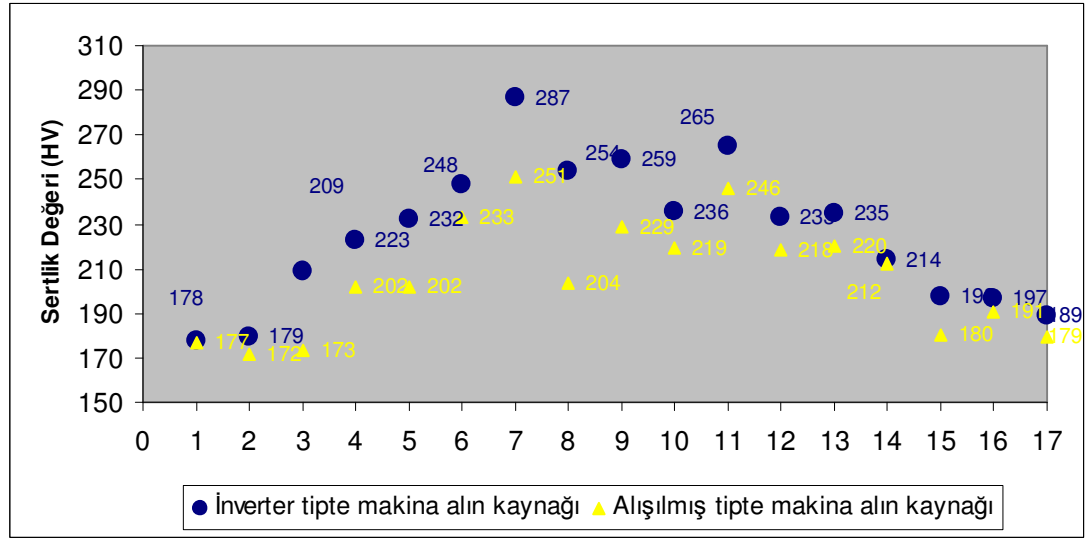
Şekil 5. 31 İnverter tipte kaynak makinası ile yapılan alın kaynağında kaynak bölgesi sertlik değerleri

Tablo 5.12 Alışılmış tipte kaynak makinası ile yapılan alın kaynağında elde edilen sertlik değerleri

| Ölçüm Noktası | Sertlik Değeri (HV) | Ölçüm Noktası | Sertlik Değeri (HV) |
|---------------|---------------------|---------------|---------------------|
| 1             | 177                 | 18            | 191                 |
| 2             | 172                 | 19            | 202                 |
| 3             | 173                 | 20            | 200                 |
| 4             | 202                 | 21            | 180                 |
| 5             | 202                 | 22            | 201                 |
| 6             | 204                 | 23            | 215                 |
| 7             | 233                 | 24            | 227                 |
| 8             | 251                 | 25            | 205                 |
| 9             | 229                 | 26            | 183                 |
| 10            | 219                 | 27            | 201                 |
| 11            | 246                 | 28            | 194                 |
| 12            | 218                 | 29            | 170                 |
| 13            | 220                 | 30            | 164                 |
| 14            | 212                 |               |                     |
| 15            | 180                 |               |                     |
| 16            | 191                 |               |                     |
| 17            | 179                 |               |                     |



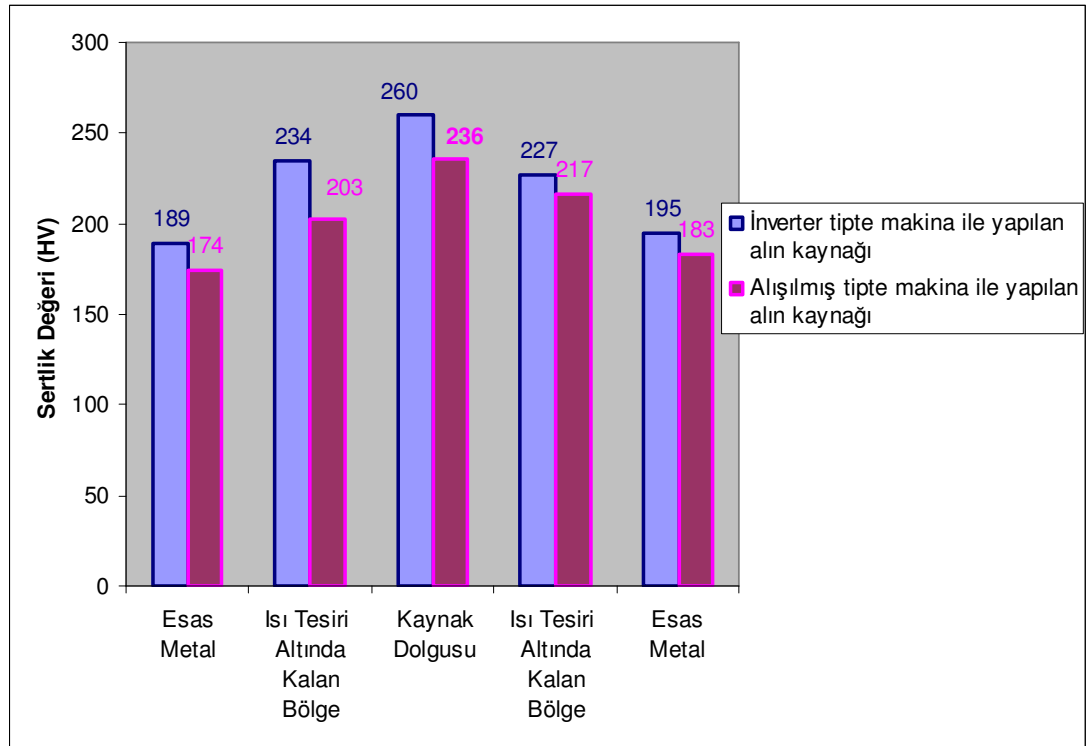
Şekil 5.32 Alışılmış tipte kaynak makinası ile yapılan alın kaynağında kaynak bölgesi sertlik değerleri



Şekil 5.33 Alışılmış tipte ve inverter tipte kaynak makinası ile yapılan alın kaynaklarındaki kaynak bölgesi sertlik değerlerinin karşılaştırılması

Tablo 5. 13 Alışılmış ve inverter tipte makinalarla yapılan alın kaynağı ortalama sertlik değerleri

| İnverter Tipte Makina Alın Kaynağı | Sertlik Ortalama | Alışılmış Tip Makine Alın Kaynağı | Sertlik Ortalama |
|------------------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|
| Esas Metal                         | 189              | Esas Metal                        | 174              |
| Isı Tesiri Altında Kalan Bölge     | 234              | Isı Tesiri Altında Kalan Bölge    | 203              |
| Kaynak Dolgusu                     | 260              | Kaynak Dolgusu                    | 236              |
| Isı Tesiri Altında Kalan Bölge     | 227              | Isı Tesiri Altında Kalan Bölge    | 217              |
| Esas Metal                         | 195              | Esas Metal                        | 183              |



Şekil 5. 34 Alışılmış ve inverter tipte makinalarla yapılan alın kaynakları ortalama sertlik değerleri karşılaştırması

## **BÖLÜM ALTI**

### **SONUÇLAR**

Eriyen elektrodlu gazaltı kaynağı (MIG/MAG), kaynaklı imalat sektöründe, diğer kaynak yöntemlerine göre sahip olduğu avantajlar sebebiyle tercih edilmekte ve uygulanmaktadır. Kaynaklı imalat yöntemi, imalat prosesleri arasında kritik operasyon olarak geçen ve operatörleri (kaynakçılar) üçüncü taraf kuruluşlar tarafından kontrol edilip sertifikalandırılan tek metottur. Bu nedenle de MIG/MAG kaynak makinalarının özelliklerinin önemi büyüktür.

Kaynaklı bağlantılarda, iki ayrı metalin istenilen sağlamlıkta ve güvenilirlikte birleştirilmesi esastır. Bunun için de kaynak dikişinin istenen yeterli nüfuziyette olmasının yanı sıra, kaynak hatalarından (yetersiz erime, nüfuziyet azlığı, yanma oluşu, gözenek kusuru, kaynak çatlakları, vb.) arınmış olması gereklidir.

Alışılmış tipte ve inverter tipte kaynak makinaları ile yapılan kaynakların görsel kontrolü yapıldığında inverter ile yapılan kaynakta sıçrantının (çapak) olmadığı görülmüştür. Sıçrantı, kaynak sırasında etrafa sıçrayan erimiş kaynak metali damlacıklarıdır. Damlaların kaynak metaline düşmemesidir. Sıçramalar damlalar erirken, ark kolonu içinden geçerken veya kaynak banyosuna düşerken meydana gelebilir. Temel nedenleri arasında kaynak ayar değerleri, makinanın dinamik özellikleri, makinanın tutuşma karakteristikleri ve ark üflemesi sayılabilir ki inverter makinaların yapısı sebebiyle bu hata ortadan kaldırılmıştır.

Penetrent test sonuçlarında, her iki tipte makinada yapılan kaynakta da yüzeysel çatlak görülmemiştir. Alışılmış tipte makina ile yapılan köşe kaynağında krater boşluğu görülmüştür ki bu da akımın hatalı söndürülmesinden kaynaklanmıştır.



Şekil 6.1 Alışılmış tipte makina ile yapılan kaynakta çapak mevcutken, inverter kaynağında çapak görülüyor.

Kaynak profilleri incelendiğinde, inverter ile yapılan kaynak dikişlerinde dolgu genişliğinin daha fazla olduğu, sırtın ise yok denecek kadar az olduğu tespit edilmiştir. Nüfuziyet değerlerine bakıldığında kaynak hızı da dahil tüm parametreler aynı tutulduğundan inverterde daha düşük olduğu görülmüştür. İnverterin bir dezavantajı budur. Kaynak hızı daha yavaştır. Nüfuziyetin düşük görülmesindeki bir diğer sebep de torç açısının deney esnasında hatalı tutulmuş olmasıdır.

Sertlik deneyleri neticesinde ise her iki kaynak makinası ile yapılan kaynaklarda sertliğin 300 HV'nin üzerine çıkmaması sebebiyle, kabul edilebilir seviyede olduğu görülmüştür. Yapılan alın kaynaklarında, inverter tip makina ile yapılan kaynağın sertlik profilinin yüksek olduğu, köşe kaynaklarında ise alışılmış tipte kaynak makinası ile çekilen kaynağın profilinin daha sert olduğu görülmektedir.

## KAYNAKÇA

Anık, S. (1991). *Yöntemler ve Donanımlar*, Gedik Holding yayınıdır.

Cary, H.B.(1989). *Modern Welding Technology 2th Ed.*, Prentice Hall

Chiarelli M., Lanciotti A., & Sacchi,M. (1999). *Fatigue resistance of MAG Welded steel Elements Dept. Of Aerospace Eng.*, University of Pisa, Italy

Doğan, M.U, (2007). *Geleneksel ve Elektronik Kaynak Makinalarında Akım ve Gerilimin Sıçrama ve Nüfuziyet Üzerine Olan Etkilerinin İncelenmesi, 2009, <http://tez2.yok.gov.tr/>*

Kahraman, F., Babayev, Y., ve Karadeniz, S. (2008). Gazaltı Kaynağında Kullanılan Koruyucu Gazlar ve Özellikleri. *Journal of Qafqaz University*.

Karadeniz, S. (1989). *Kaynak Yöntemleri cilt II*, İzmir: Dokuz Üniversitesi Müh. Fak. Basım Ünitesi

Karadeniz, S. (1990). *Plazma Tekniği*, Ankara TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayınları

Karadeniz, S. (2009). *Kaynak Makinaları “Amper’den İnverter’e”*, GEV Yayın No:5

Tülbentçi, K. (1990). *MIG-MAG Eriyen Elektrod ile Gazaltı Kaynağı*, GEV

Tülbentçi, K. (1993). *Gazaltı Kaynağı MIG-MAG Kaynağı*, Gedik Eğitim Vakfı

Tülbentçi, K.,ve Kaluç, E. (1998), Kaynak Teknolojisinde Yeni Nesil Akım Üreteçleri İnverterler. *Kaynak Teknolojisi 1. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı*, 93-102