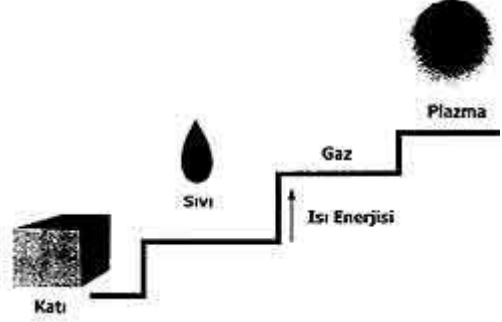


Plazma Arkı ile Kaynak ve Endüstriyel Uygulamaları

Erdoğan KALUÇ*, Emel TABAN**

Özet

Plazma ark kaynak yöntemi; havacılık, uzay, nükleer, elektronik ve gemi yapım endüstrileri gibi birçok üretim endüstrisinde kullanılmakta olan bir kaynak yöntemidir. NASA, bu yöntemi uzay mekiği ve uzay istasyonu bileşenlerinin kaynağında kullanarak yöntemin ticari uygulamalarının artışında önemli bir rol oynamıştır. Günümüzde, plazma ark kaynağı ile karbonlu ve az alaşımlı çelikler, paslanmaz çelikler, alüminyum ve alüminyum alaşımları, bakır ve bakır alaşımları, nikel ve nikel alaşımları ve bazı tür reaktif metallerin kaynağı her pozisyonda başarı ile kaynak yapılabilmektedir.



Anahtar Kelimeler: Plazma, plazma ark kaynağı, endüstriyel uygulamalar, demir esaslı ve demir dışı metaller ve alaşımları.

1. Giriş

20. yüzyılın başlarında, varlığı görülebilen ancak el ile tutulamayan gaz biçimindeki malzemelere eski Yunanca bir kelime olan plazma adı verilmiştir. Plazma'nın anlamı "var olan" veya "oluşturulan"dır. 1928 yılında da Amerikalı fizikçi Langmuir, bir ark boşalmasının göz alıcı parlaklıktaki gaz sütununu plazma olarak nitelmiştir. Kaynak tekniğinde ise, serbest yanan arka karşılık sınırlanmış ark, fiziksel olarak doğru olmasa bile plazma arki olarak nitelendirilir, aslında plazma, bir ark içinden geçen yüksek sıcaklığa ve elektrik iletkenliğine sahip gaz sütununun fiziksel tanımlamasıdır.

Zira, her madde gaz fazında bulunduğu türüne, özeliğine ve doğasına bağlı olarak değişen bir sıcaklığa kadar ısıtılınca, moleküllerindeki hareketlenme nedeni ile atomlar dış kabuk elektronlarını yitirerek pozitif yüklü iyonlar haline dönüşürler. Sıcaklık yükseldikçe, iyonlaşma derecesi yani iyonlaşmış atomların toplam sayıya yüzde oranı artar, sıcaklık birkaç onbin derece gibi maddeye bağlı olarak değişen bir eşik değerden sonra ortamda yalnız pozitif yüklü iyonlar ve negatif yüklü serbest elektronlardan oluşmuş bir karışım bulunur. Elektriksel açıdan nötr ve yüklü parçacıklardan oluşması nedeni ile iletken olan bu karışıma plazma adı verilir (Şekil 1).

Evrende güneş, yıldızlar, kozmik ışınlar, yıldırım ve elektrik boşalmalarında görülen bu hal, özellikleri bakımından maddenin katı, sıvı ve gaz olarak bilinen üç halinin dışında kaldığından, maddenin sıcaklık ölçeğinde dördüncü hali olarak tanımlanır.

2. Plazma arki kaynağının tarihsel gelişimi ve önemi

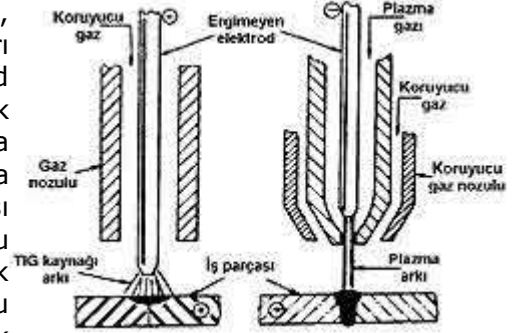
Plazma benzeri cihazlardan ilk olarak 1900'lü yılların başlarında demir cevherinin işlenmesi ve yüksek yoğunluklarda ark geliştirilmesi çalışmalarında söz edilmeye başlanmıştır.

Bu konudaki ilk çalışmalar 1909 yılında Schonherr'in, bir gazın dönel hareketinin basıncından yararlanarak arki dengeleyen bir cihazı geliştirmesi ile başlar. Bu sistemde, içinde ark oluşturulmuş bir tüpe teğetsel doğrultuda bir gaz üflenmektedir, bu gazın hareketinin oluşturduğu merkezkaç kuvveti nedeni ile aksel doğrultuda düşük basınç

yaratılarak tüpün ekseninde bulunan ark dengelenmiş ve bu sistem sayesinde birkaç metre uzunluklara varan ark oluşturabilme olanağı doğmuştur. Schonherr'in geliştirdiği bu cihaz, arkin uzatılması üzerine yapılan çalışmalara öncülük etmiştir.

Plazmanın bir ısı kaynağı gibi kullanımının ortaya çıkması 1911'de E. Mathers'in patenti ile olmuştur.

Ark sıcaklığının daha da yükseltilmesi amacına dönük araştırmalar sonucu 1922 yılında Gerdien ve Lotz, su yardımı ile arki dengeleyen bir cihaz geliştirmişlerdir. Bu cihazda, tüpün i cidarlarına teğetsel olarak hareket eden su, bir uçtan enjektde edilmekte ve diğer uçtan dışarı atılmaktadır. Tüpün içinde iki karbon elektrod arasında oluşturulan ark, bu su ile soğutularak bzldğnden Schonherr'in cihazına nazaran daha yüksek bir akım yoğunluğuna ve sıcaklığına ulaşmıştır. Bu cihaz içinde arkin tüple bir teması bulunmamakta ve tp cidarı ile ark arasında bir su zarfı bulunmaktadır. Bu olay arkin su ile soğutularak büzülmesi prensibinin temelini oluşturmaktadır. Bu cihaz yardımı ile Gerdien ve Lotz, 30 000 A/cm²'lik bir akım yoğunluğu elde edebilmişlerdir. Daha sonra bu konu üzerinde alışan Burnhorn, Meacker ve Peters benzer prensipten hareket ederek ark ekseninde 50 000 °K'lik bir sıcaklık oluşturmayı başarmışlardır. Ancak, Gerdien ve Lotz'un yönteminin geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar sırasında araştırmacılar, gaz memesi ve tungsten elektrod arasındaki aralığın daraltılması sonucunda soy gazın hızının artmasının ark sıcaklığını yükselttiğini farkederek, bu yüksek sıcaklıktaki arkin ısıttığı hızlı soy gaz akımının parça üzerine doğru yönlendirildiğinde metali kestiğini saptamışlardır.



1953'de Dr. Robert Gage, refrakter malzemelerin ark yardımı ile ergitilmesi üzerine yaptđı çalışmalarda normal bir gaz alevi ile uzun bir elektrik arki arasındaki benzerliğe dikkatleri çekerek, arkin hız ve ısı yoğunluğunun kontrolu üzerine yapılan bu çalışmalarda ilk modern plazma torcunun gelişmesine olanak sağlamıştır.

İlk endüstriyel plazma arki ile kesme torcu, 1957 yılında Linde tarafından tanıtılmıştır. Aynı yıl, Dr. Robert Gage (Union Carbide), yöntemin patentini almıştır (U.S. Patent No. 2.806.124). Bu cihaz prensip olarak, bir TIG torcunu andırmaktaydı; buradaki fark, elektrod torcun memesinden daha geride bulunmakta ve ark, nozuldaki çok küçük çaptaki delikten geçerken büzülmektedir. TIG kaynağı için kullanılan alışılmış düzeneğe arkin başlatılmasını sağlayacak bir pilot ark devresi ile bir plazma gazı donanımı eklenmişti. Bu tür kesme torcu 1970'lere kadar patenti nedeni ile Dr. Gage'in tekelinde kaldı.

Dr. Gage'in buluşunu takip eden yıllarda plazma arkının yüzey işleme ve kaynakta kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yapılırken (1961- 1963) kesilen kenarların kalitesinin geliştirilmesi, torcun kullanım ömrünün uzatılması, kesme hızının yükseltilmesi konusunda yoğun araştırmalar yapılmıştır.

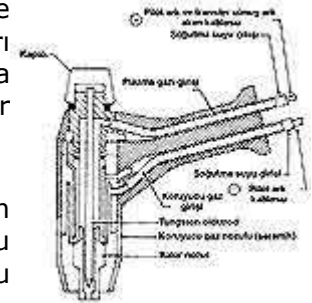
1960'lı yılların ortalarında yapılan Titan III- C roketi üretiminde doğru akımlı ve doğru kutuplamalı (DAEN) plazma ark kaynağının kullanımı ABD.'de bu yöntemin en önemli uygulamalarından biri olmuştur. Roketin daha önce TIG yöntemi kullanılarak kaynak edilen kısımlarında plazma arki kullanılarak kaynak süresi yarı yarıya azaltılmıştır.

1962'de Thermal Dynamics Corp., James Browning'in patenti altında geliştirdiği çift gazlı ve ters kutuplamalı (DAEP) plazma ark yöntemini alüminyumun kaynağında uygulamıştır.

Sciaky, 1967'de değişken kutuplamalı kare dalgalı TIG kaynak akım üretrelerini piyasaya sunmuştur. Bu iki olay, plazma yöntemlerinin gelişimine büyük katkıda bulunmuştur. 1960'ların sonuna doğru Boeing, bu iki önemli buluşu, değişken kutuplamalı akım üretrecini plazma anahtar deliği kaynak tekniği ile birleştirek değişken kutuplamalı plazma ark kaynak yöntemini geliştirmiştir.

Koruyucu gazın plazma nozulunu soğutarak kaynak ve kesme kalitesini ve de nozulun kullanım ömrünü artırması araştırmacıları plazma nozulunun daha iyi soğutulması için koruyucu gazın yanısıra suyun kullanılabilirliği konusunda çalışmalara yönlendirmiştir (1965).

1968 yılında Hypertherm firmasından Richard Couch, su enjeksiyon sistemli bir plazma kesme torcunun patentini almıştır. Burada, su torca radyal olarak enjekte edilerek daha etkin bir plazma nozulu soğutulması ve daha yüksek bir kesme hızı elde edilebilmiştir.



Değişken kutuplamalı plazma ark kaynağının parlak bir gelecek göstermesi üzerine Boeing, Hobart Brothers'a çok doyurucu sonuçlar veren bir akım üretreci geliştirmesini önermiş ve bu tür üretrelerin üretimini sağlamıştır.

1978'de NASA'nın büyük gelişmeler gösteren bu önemli yöntemi inceleyerek, uzay mekiğinin alüminyum kısımlarının kaynağında uygulanabilirliğini ve TIG yönteminin yerini alabileceğini açıklanması üzerine yöntem ticari olarak büyük bir başarı kazanmıştır. Yöntemin farklı kalınlıklara uygulanması durumunda parametrelerin uyum programları geliştirilmiş ve bu şekilde alternatif akım değişken kutuplamalı plazma ark kaynağı uzay programlarında önemli bir yere sahip olmuştur.

İlk uygulama yıllarında kararlı plazma arkı ancak 500A'lık akım şiddetlerinde elde edilebildiğinden, yöntem ancak mekanize sistemler yardımı ile kullanılabilir iken 1970'lere doğru 0.1A'lık akım şiddetlerinde dahi kararlı bir ark oluşturabilen mikro-plazma yöntemi gibi sistemlerin geliştirilmesi plazma el torçlarının yaygınlaşmasını sağlamıştır.

Endüstri, plazma arkı ile kaynak sistemlerine çok çabuk alışmıştır ve sağladığı üstünlüklerden dolayı yoğun bir biçimde kullanmaya başlamıştır.

3. Yöntemin tanıtımı

Fizikte partiküller, iyonlar ve elektronlardan oluşmuş, elektriği ileten, maddenin özel bir hali olarak tanımladığımız plazma, kaynak teknolojisinde daha özel bir durumu tanımlamaktadır. Gaz halindeki bir madde radyasyon, elektron bombardımanı veya ısıtma ile iyonize konuma getirilebilir.

Kaynakta kullanılan plazmada gaz, elektrik arkı yardımı ile ısıtılarak iyonize olmaktadır. Bu tanıma göre, ark kaynağı yöntemlerinde elektrik arkı bir plazma oluşturmaktadır. Kaynak ve ısı kesme işlemlerinde plazma olarak adlandırılan ark; radyal doğrultuda sıkıştırılıp, büzülerek enerji yoğunluğu artırılmış arktır.

Plazma arkının sıcaklığının çeliği, asbest çimentosunu, kristal korrondumu ve karbokorrondumu eritmeye yetecek derecede yüksek olması uygulamada, çeşitli metallerin kaynak, püskürtme ile yüzey doldurma, kesme, kaynak ağı açma, tavlama ve yüzey hazırlama işlemlerinde, özellikle refrakter metallerin ince saclarının kaynağında çok iyi sonuçlar vermektedir.

3.1. Plazma arkının oluşturulması

Standard bir plazma ark torcu, ucunda küçük bir deliği bulunan meme ile bu memenin merkezindeki ergimeyen tungsten bir elektrodan oluşmaktadır. Plazma gazı, bu iç içe geçmiş dairesel meme ile elektrod arasından geçerek dışarıya çıkar. Elektrod ile meme veya iş parçası arasında ark sütunu oluştuktan sonra, basınçlı plazma jetinin oluşturulması için iyonize olan gaz delikten dışarı püskürtülür. Ark sütununun dış yüzeyi soğutulduğundan sütun yoğunlaşmış olur, dolayısı ile içe doğru büzülür. Böylece, büzülmüş sütun içinde sıcaklık birden bire 10000-30000*K arasında bir sıcaklık derecesine yükselir. Dairesel alandan geçen gaz, yüksek bir iyonlaşma düzeyine ve göreceli olarak yüksek bir enerjiye sahip olup bu enerji, kaynak ve diğer işlemlerde iş parçasının tavlınmasında kullanılır.

Uygulamada plazma arki çeşitli yollarla oluşturulabilir. Elektrik devresi tungsten elektrod ile iş parçası arasında tamamlanarak, ark akımı iş parçası üzerinden akar. Bu transfer olmuş ark veya direkt ark olarak adlandırılır. Elektrik devresi meme ve tungsten elektrod arasında tamamlanırsa; ark elektrodla, su ile soğutulan bakır meme arasında yanar ve memeden bir gaz akımı ile zorlanarak sürülür. Transfer olmamış ark veya endirekt ark olarak adlandırılan bu düzenleme de iş parçası ark devresi içinde değildir. Her iki arkın kombinasyonunu kullanan bir diğer yöntem daha vardır, bu da en çok metal tozu püskürtme uygulamalarında kullanılır (Şekil 3)..

Plazma arki memeden dışarı çıktığında, biraz daha küçük parlak bir nüveye sahiptir. Nüvenin çevresi, daha az parlak kılıfla sarılmıştır. Nüve uzunluğu, 2-3 mm'den 40-50 mm'ye kadar değişir. Bu değişim, meme ve tünelin boyutlarına, plazma oluşturan gazın bileşim ve debisine, akım şiddetine, ark uzunluğuna bağlıdır. İş parçası üzerindeki mekanik ve ısı yükünün dağılımı için uygun biçimlendirilmiş memeler kullanılarak, plazma arki şekillendirilir.

3.2. Plazma arki ile kaynağın uygulama teknikleri

Plazma ark kaynak yöntemi, üretim kaynağı olarak uzay endüstrisi, havacılık ve nükleer endüstrilerde çok yaygın kullanıma girmiştir. Özellikle dikiş kalitesi ve güvenilirliği ve ekonomiklik açısından kabul edilen bir yöntemdir. TIG yöntemi ile kaynak edilebilen tüm metal ve alaşımları plazma ark kaynağı ile de güvenilir bir biçimde kaynak edilirler.

Plazma arki ile kaynakta iki teknik çok sık kullanılır. Bunlar, ergitme tekniği (melt-in mode) ve anahtar deliği tekniği (key hole mode) olmaktadır.

3.2.1.Ergitme tekniği

Yüksek akım şiddetleri (50-400A) kullanılan kaynak işlemlerinde daha yaygın olarak ergitme tekniği kullanılır. Bu uygulama ile TIG yöntemine benzer bir kaynak dikişi oluşturulur. Özellikle, aynı kaynak kalitesini sağlamak için mekanize uygulamalarda, TIG yöntemine tercih edilebilir. Ark kararlılığı ve akım şiddeti yüksek olduğundan daha nüfuziyetli kaynak dikişleri oluşturulur ve kullanım sırasında ark rahat kontrol altında tutulabilir, aynı zamanda kaynak süresi de azaltılır. Ek kaynak metali, malzeme kalınlığına bağlı olarak kullanılır veya kullanılmayabilir. Uygulamalar, laminasyon paketlerinin kaynağı, boru kaynağı, kaplı çelik sacların ve anahtar deliği tekniği ile oluşturulmuş kaynak dikişlerinin kapak pasolarının gerçekleştirilmesi biçiminde karşımıza gelmektedir.

3.2.2.Anahtar deliği tekniği

Metallerin plazma arki ile kaynağında metalden metale değişen bir kalınlık aralığında kullanılan gaz akımı, akım şiddeti ve kaynak hızının uygun ayarlanması ile malzemeyi derinliğine kateden bir delik ile çok küçük bir kaynak banyosu oluşturulabilir. Anahtar deliği tekniği genel olarak yatay pozisyonda 1.5-10 mm kalınlık aralığındaki malzemelere

uygulanır. Bununla beraber, uygun kaynak koşulları sağlanarak bazı metal kalınlıklarında da her pozisyonda kaynak yapılabilir. Gazaltı kaynak yöntemleri arasında bu özeliği gösteren tek yöntem plazma arkı ile kaynak yöntemidir.

Anahtar deliği tekniğinde, plazma arkı anahtar deliği oluşturmak için parçanın derinliğine doğru girdiğinden, ergiyen metal parçanın yüzeyine doğru çıkar. Plazma ark torcu, kaynak bağlantısı doğrultusunda hareket ettiğinde arkın ön kısmında bulunan ergimiş metal plazma arkının kenarlarından dolaşarak arkaya doğru hareket eder ve orada katılır. Anahtar deliği tekniğinin en önemli üstünlüğü, kaynağın tek pasoda yapılabilmesidir.

Anahtar deliğinin iç kısmında bulunan ergimiş metal filmi içindeki kalıntılar ve gazlar parçanın yüzeyine doğru hareket eder. Banyonun maksimum hacmi ve kökteki dikiş profili, büyük ölçüde ergimiş kaynak metalinin yüzey gerilimi, plazma arkının akım şiddeti ve iyonize olmuş plazma gazının hızı tarafından belirlenir. Yüksek akım şiddetli anahtar deliği tekniği, kaynakta kesme koşullarının hemen altındaki değerlerde gerçekleştirilebilir. Kesmede plazma gazının hızı, sadece ergiyen metali o bölgeden uzaklaştıracak derecede yüksektir. Kaynakta plazma gaz hızının düşük olması sonucu, yüzey gerilimi, ergimiş metali kaynak ağzında tutar. Dolayısı ile, burada plazma gaz hızı kritik büyüklüktür ve sıkı bir şekilde kontrol altında tutulmak zorundadır. 0.12 l/dak'dan daha yüksek gaz debileri önerilmez ve bu da oldukça düşük bir değerdir.

4. Plazma ark kaynağı donanımı

Elle ya da mekanize olarak uygulanabilen plazma ark kaynak yönteminde kullanılan kaynak donanımı aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır;

- Akım üretici
- Kaynak torcu
- Kontrol ünitesi
- Plazma ve koruyucu gaz sağlama sistemi
- Su soğutma ünitesi

4.1. Plazma ark kaynağı akım üreteçleri

Plazma ark kaynak yönteminde, genellikle TIG yönteminde olduğu gibi düşen tür volt-ampere karakteristikli doğru akım veren kaynak akım üreteçleri kullanılır. Bunlar 0.1 A'den 400 A'e kadar akım şiddetleri verecek şekilde yüzde 60 dan yüzde 100 devrede kalma oranlarında üretilirler.

Plazma ark kaynağında, ergimeyen tungsten elektrod torç içinde memenin gerisinde durmaktadır ve bu yöntemde TIG yönteminde olduğu gibi elektrodu dokundurarak veya yüksek frekans sargısı üzerinden ark başlatması yoktur. Bu nedenle, arkın başlatılması bir pilot ark ark yardımıyla gerçekleştirilir, bu da ünite içerisine yerleştirilen yardımcı bir küçük akım üretici ile sağlanır. Pilot arkı başlatmak için yardımcı üreteç 5A'e ayarlanır. Düşük akımlı plazma ark kaynaklarında pilot ark oluşturulan kaynak arkıyla desteklenir ve 10A'in üzerindeki bir değere çıkıldığında pilot ark söner.

Plazma ark kaynağında argon veya yüzde 7'ye kadar hidrojen içeren argon- hidrojen gaz karışımlarının kullanılması durumunda redresör türü akım üreteçlerinin boşa çalışma gerilimleri 65-80V arasında olmalıdır; ancak, helyum ya da yüzde 7'den daha fazla argon-

hidrojen gaz karışımları kullanılması durumunda arkın başlayabilmesi için daha yüksek boşa çalışma gerilimine gereksinim duyulmaktadır. Bu da, ancak iki kaynak redresörünün seri bağlanması ile gerçekleştirilebilir.

Bazı plazma ark kaynağı uygulamalarında darbeli akıma gereksinim duyulur, bu açıdan aynen TIG kaynağında olduğu gibi darbe generatörlü kaynak akım üreteçleri kullanılır, bu amaçla son yıllarda inverter türü kaynak akım üreteçleri geliştirilmiştir.

Alüminyum ve alaşımlarının plazma ark kaynağı, kare akımlı değişen kutuplamalı alternatif akım veren kaynak akım üreteçleri ile gerçekleştirilir. Bu tür kaynak makinelerinde, elektrod ve iş parçasının kutuplaması belirli bir frekansta değişir, bu olay özellikle refrakter alüminyum oksit filminin kırılmasını sağlayarak kaynağın problemsiz ve daha kaliteli yapılmasını sağlar.

4.2. Plazma ark kaynak torçları

Bu yöntemde el ile kullanılan kaynak torçları, TIG kaynağında kullanılanlara göre daha karmaşık bir yapıya sahip olduklarından dolayı daha ağırdırlar. Ayrıca, mekanize plazma ark kaynağı için kullanılmak üzere makina torçları da geliştirilmiştir.

Elle kaynak torçları (Şekil 4), eğik bir kaynak kafası ve tutma sapından oluşurlar ve TIG torçlarına nazaran daha büyük çaplıdırlar. Bu torçlarda, tungsten elektrod çok iyi merkezlenmiş olmalıdır; bu durumda meme (nozül) ve elektrod arasındaki radyal açıklığın çok düzgün olması sağlanır. Elektrod ile meme arasındaki aksel uzaklık master yardımıyla ayarlanır. Bu uzaklık, $\pm 0,1$ mm'lik bir sapma ile sınırlandırılmıştır. Elle kullanıma uygun plazma ark kaynak torçları 70° ve 90° 'lik açılarda eğimli kaynak kafasına sahip olarak tasarlanırlar. Bu torçlar doğru akım doğru kutuplama (DAEN) ile 225 A'e kadar kaynak akım şiddetleriyle ya da doğru akım ters kutuplamayla (DAEP) 70 A'e kadar akım şiddetlerinde kullanım için üretilirler. DAEP kutuplama alüminyumun kaynağında tungsten ya da su soğutmalı bakır elektrod kullanılarak sınırlı olarak kullanılır.

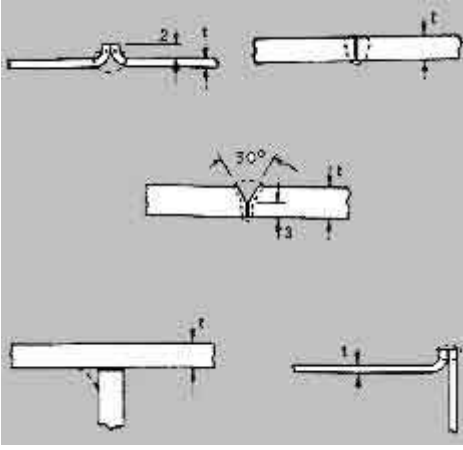
Mekanize kaynak uygulamaları için geliştirilen plazma ark kaynak torçları, 50 ile 500A akım şiddetlerinde kullanılacak şekilde hem doğru akım ters kutuplama hem de doğru akım doğru kutuplama veya kare dalgalı değişen kutuplamalı alternatif akımda kullanıma uygun olarak üretilirler.

Torçların soğutulması oldukça önemli bir konudur, zira bu yöntemde oluşan ark çok sıcak olduğundan iyi bir soğutma, hem tungsten elektrodun hem de meme ve koruyucu gaz nozularının ömrü üzerinde etkilidir. Torç içindeki geçişlerin dar olması üreticinin etkin soğutma sistemi tasarlamasını gerektirir.

4.3. Plazma arkı ile kaynakta kullanılan ergimeyen elektrodlar

Plazma arkı ile kaynak yönteminde, TIG kaynak yönteminde olduğu gibi ergime sıcaklığı 3370°C olan saf tungsten elektrodlar kullanılabildiği gibi DAEN kutuplamada kullanılabilen toryum veya zirkonyum ile alaşımlanmış ergimeyen elektrodlar da kullanılır. Bu yöntemde kullanılan ergimeyen tungsten elektrodlar EN 26848 ve AWS A5.12 standartlarına göre sınıflandırılmışlardır. AWS standardında EWTh-2 olarak simgelendirilen (EN'ye göre WT 20) ve yüzde 1.7-2.2 ThO₂ içeren ergimeyen elektrod en yaygın kullanılan türdür ve uç rengi kırmızıdır. Boylar, TIG kaynağında kullanılanlara göre daha uzundur. Uygulamada, genellikle 2.4 mm çapındaki elektrodlar 150A'e kadar olan kaynak işlerinde 150A'in üzerindeki işlerde de 5 mm çapındaki elektrodlar tercih edilirler.

Kullanılan kutuplama türüne bağlı olarak elektrodların ve memelerin biçimleri de değişir. DAEN kutuplama durumunda konik uçlu sivri elektrodlar kullanılır. Konik elektrodlar torç üreticisine bağlı olarak 20° - 60° 'lerde koni açısına sahip olarak farklı çaplarda üretilirler,



DAEP kutuplama ve kare dalgalı alternatif akım ile kaynakta, küresel ya da düz uçlu elektrodlar tercih edilir. Önerilen elektrod biçimi elektrodun ucunun aşırı ısınmasını önlemek ve daha fazla akım yüklenebilme kapasitesi sağlamak amacı ile hazırlanır. Elektrodların aşınma durumlarında tekrar hazırlanmalarında bu amaç için özel olarak tasarlanmış taşlama cihazlarının kullanılması gerekir. Taşlama, tam ölçüsünde yeni bir elektrodun hazırlanması mastara göre yapılmalıdır.

4.4. Gaz nozulu

Plazma ark kaynağı nozulları (memeleri) bakırdan üretilmiştir. Ömrü başlangıçta ark oluşum sayısı ile etkilenmesinin yanısıra elektrod ucunun merkezlenmesiyle de sınırlıdır. Nozul deliğinin çapına bağlı olarak doğru akım kullanılması da çok önemlidir (tersi durumda çift ark oluşacak ve nozulun hasarına neden olacaktır). Soğutma işlemi de nozul ömrü üzerinde etkilidir. Şekil 5'te tek ve çok delikli plazma ark kaynak nozulları verilmektedir.

5. Plazma ark kaynağında kullanılan gazlar

Plazma ark kaynağında kullanılacak gazın seçimi kaynak edilecek malzemeye bağlıdır. Özellikle, plazma gazının asal (soy) karakterde olması gereklidir, aksi takdirde tungsten elektrodun çabuk tükenmesi problemi ile karşılaşılır. Koruyucu gazlarda genellikle soy gaz olmaktadır. Aktif koruyucu gazlar kaynak metali özelliklerine ters etkide bulduklarından kullanılamazlar. Birçok plazma ark kaynağı uygulamalarında genellikle, koruyucu gaz ile plazma gazı aynıdır. Tablo 1 ve Tablo 2'de yüksek ve düşük akımlı plazma ark kaynağında kullanılacak gazların seçimi gösterilmektedir.

Plazma ark kaynağında plazma gazı olarak genelde argon kullanılır. Helyumun kullanıldığı uygulamalarda arkta daha yüksek sıcaklıklar elde edilmesine karşın torç elemanlarının aşınması (tükenmesi) daha fazladır. Bu durum da çok önemlidir, zira sürekli olarak yedek parça gerekeceğinden bunların sağlanması ve değişimlerinde de zaman kaybı işin yapım süresini etkileyerek maliyeti artırır.

Plazma ark kaynağında elektrodu çevreleyen memenin çapına ve kullanılan akım şiddetine bağlı olarak gereken gaz akış debileri Tablo 3'de verilmiştir.

Plazma gazı kaynak edilecek malzemelere göre değişik karışımlarda oluşturulabilir, gaz seçiminde başlıca etken kaynak bağlantısından istenen nufuziyet ve kaynak dikiş kalitesidir. Karbonlu çelikler veya ince taneli yapı çeliklerinin (yüksek mukavemetli az alaşımlı çelikler) kaynağında plazma gazı olarak argon gazı kullanılır. Bazı metal ve alaşımlarının kaynağında argona eklenen az miktardaki hidrojen ile plazma ark kaynağında iyi sonuçlar alınmaktadır. Özellikle, ostenitik paslanmaz çeliklerin, nikel alaşımlarının, bakır- nikel alaşımlarının kaynağında argona, yüzde 1-5 arasında hidrojen eklenir.

Koruyucu gaz kullanımı durumunda, düşük akım şiddetli plazma ark kaynak uygulamalarında 10- 15 l/dak, yüksek akım şiddetli uygulamalarda 15- 30 l/dak ve biraz daha yüksek debiler önerilir.

Plazma ark kaynağı uygulamalarında kaynak bağlantısının kök kısmını da korumak gerektiği durumlarda kök gazı kullanılabilir, kök gazı olarak ta kaynak edilecek malzemeye bağlı olarak argon, helyum ya da azot kullanılabilir.

Plazma Arkı ile Kaynak ve Endüstriyel Uygulamaları

II. Bölüm

Erdoğan KALUÇ*, Emel TABAN**

6. Plazma ark kaynağında kullanılan teller

İnce sacların dışında, plazma ark kaynağında aynen TIG yönteminde olduğu gibi kaynak ağzının doldurulmasında ek kaynak metali olarak dolu tel elektrodlar kullanılabilir ve el ile kaynakta kaynak bölgesine kaynakçı tarafından veya otomatik kaynakta bir kangaldan sağılarak tel sürme tertibatı yardımı ile kaynak bölgesine beslenir.

Tel seçimi aynen TIG kaynağında olduğu gibi esas metalin bileşimine ve uygulanacak işlemin amacına göre değişir. Kaynak telleri metal ve alaşımlarına göre çeşitli Avrupa Standardlarında örneğin, yalın karbonlu ve az alaşımlı çelikler için EN 440 ve EN 1668'de, yüksek mukavemetli çelikler için EN 12534'de, paslanmaz ve sıcaklığa dirençli çelikler için EN 12072'de, alüminyum ve alüminyum alaşımları için PREN ISO 18273'de, nikel ve nikel alaşımları için PREN ISO 18274'de sınıflandırılmışlardır. Ayrıca, AWS A5.XX serisi standartlarda da sınıflandırılan bu teller çubuk ya da kangala sarılmış olarak pazara sunulurlar (Tablo 4).

7. Plazma ark kaynağında birleştirme türleri ve kaynak ağız tasarımı

Şekil 6'da plazma ark kaynağında kullanılan birleştirme türleri ve kaynak ağızları genel olarak verilmiştir.

Birleştirmenin tasarımı kaynak edilecek metalin kalınlığına ve kullanılacak tekniğe bağlıdır. Anahtar deliği ile kaynak tekniğinde, birleştirme türü ve ağız, tam nufuziyete göre hazırlanır, I- alın ağızında kök aralığı bırakılmaz.

Kalın kesitlerin kök pasoları için, U-alın kaynak ağızı hazırlanır. Ağzın alın yüksekliği tam nufuziyetli anahtar deliği tekniği için 3 mm bırakılmalıdır.

0.5 ile 2.5 mm arasındaki ince sacların eritme tekniği ile plazma ark kaynağında I-alın kaynak ağızı tercih edilir. Daha ince saclar durumunda, örneğin 0.10 ile 0.5 mm arasındaki kalınlıklarda ise, kıvrık alın birleştirmesi kullanılır. Buradaki kıvrık bölümler kaynak arkıyla eriyerek kaynak metalini oluştururlar.

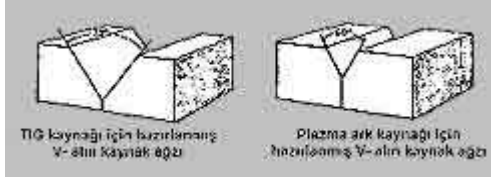
Kalın malzemelerin eritme tekniği ile kaynağında ise, aynen örtülü elektrod ile ark kaynağında ve TIG kaynağında olduğu gibi kaynak ağız hazırlığı yapılmalıdır. Plazma ark kaynağı, tüm V, Y, U- kaynak ağızlarına ve hatta bindirme türü birleştirmelere uygulanabilir. V ve Y-alın kaynaklarında ağız açıları 30°- 45° arasında olmalıdır.

8. Metallerin plazma arkı ile kaynak uygulamaları

Plazma arkı ile kaynak işleminde, transfer olmuş ark kullanılır. Ancak, transfer olmuş ark, yüksek frekans üzerinden geçirilen yardımcı ark ile elektrod ve meme arasında yanar. Transfer olmuş ark başladığında yardımcı yani pilot ark söner. Ancak, mikroplazma kaynağında kaynak işlemi sırasında yardımcı ark sürer, bu uygulamada bir direnç yardımı ile yardımcı ark üzerinden akan akımın değeri sınırlanır.

Plazma arkı ile birleştirme kaynağında, plazma oluşturan gaza ek olarak banyoyu atmosfer etkilerine karşı koruyan ikinci bir gaz akımı da (%99.95 Ar) bulunur. Plazma ark kaynak cihazlarının büyük bir çoğunluğunda üçüncü bir gaz akımı plazma demetini meme dışında daraltmak için odaklayıcı gaz (Ar+He, Ar+H₂, Ar+N₂) olarak kullanılmaktadır.

Plazma ark kaynağında kullanılan gazların seçimi, kaynak edilecek metallere bağlıdır.



Yüksek akım şiddeti ile kaynak durumunda, plazma gazı ile koruyucu gaz genellikle aynı seçilir, zira iki farklı gaz kullanıldığında arkın kararlılığını sağlamak zorlaşır. Çeşitli metallerin yüksek akım şiddeti ile kaynağında, genellikle kullanılan gazlar, yalın karbonlu ve az alaşımlı çelikler için saf Ar, yüksek

alaşımlı yani paslanmaz çelikler için %7.5' a kadar H₂ katılmış Ar' dur. Ancak, uygulanacak plazma ark tekniğine göre Ar+He karışımı da kullanılabilir. Düşük akım şiddeti ile plazma ark kaynağında, H₂ oranı en çok %5' dir. Yalın karbonlu çeliklerin, yüksek mukavemetli çeliklerin ve Ti, Ta, Zr alaşımları gibi metallerin düşük akım şiddetli kaynağında saf Ar önerilir. Zira, gazda eser miktarda bulunacak H₂ dikeyte süngerleşme, çatlama ve mekanik özelliklerde azalma oluşturur.

8.1. Paslanmaz çeliklerin plazma ark kaynağı

Paslanmaz çeliklerin plazma ark kaynağında, ince saclar kıvrık alın veya I-alın türü ağızlar ile birleştirilir. Kıvrık alın ağızların kaynağında kıvrık kısmın yüksekliğini çok iyi ayarlamak gereklidir. Bu değer, sac kalınlığının en az iki katı olmalıdır. Kalın saclar halinde ise, TIG kaynak yönteminde önerilen ağızlara nazaran ağız açısının daha küçük ve kök alın kısmının da daha yüksek olması yani Y- alın kaynak ağızı kullanılmalıdır. Plazma arkının gücüne bağlı olmasına karşın kökün birbirini öpmesi daha iyi sonuçlar vermektedir.

Tablo 5'de, paslanmaz çeliklerin plazma ark kaynağında kaynak koşulları verilmektedir. Uygulamadan alınmış bu koşullar I- alın kaynak dikişlerinin anahtar deliği tekniği kullanılarak birleştirilmesine aittir.

Plazma ark kaynağı, azot eklenerek mukavemetleri artırılmış ostenitik paslanmaz çeliklerin (örn. 316LN) kaynağında da TIG yöntemine karşın tercih edilir. Zira, bu yöntemde nüfuziyet ve genişlik oranları sınırlanmış olmakla birlikte gözenek oluşumu ve dikişin gaz kapması en az düzeydedir.

8.2. Alüminyumun plazma ark kaynağı

Son yıllarda, alüminyum ve alüminyum alaşımlarının plazma ark kaynağı daha derin nüfuziyet, daha az kaynak ağız hazırlığı, daha az açılmal çarpılmaya neden olacak ısı girdisi ve az sayıda paso ile kaynak ağızının doldurulabilmesi gibi üstünlüklerinden dolayı TIG kaynağına göre daha çok kullanılır konuma gelmiştir. I-alın kaynak ağızlarında 8 mm'ye kadar anahtar deliği tekniği ile aralık bırakılmadan tek pasoda istenen özelliklere sahip kaliteli kaynak bağlantıları gerçekleştirilebilmektedir. Parça kalınlığı arttıkça, Y- alın kaynak ağızı hazırlığı gerekmektedir. Tablo 6'da alüminyumun alın kaynağı ile ilgili ağız hazırlama verileri verilmiştir.

Alüminyumun plazma arkı ile kaynağında, daha önceden de belirtildiği üzere kare dalgalı alternatif akım veren akım üreteçleri kullanılarak yüzeydeki oksit filmi kırılarak kaliteli kaynak dikişleri gerçekleştirilir.

Plazma Tekniği	Malzeme Kalınlığı (mm)	İzin Verilen Ağzı Kaçıklığı (mm)	Aralık* (mm)
Ergitme	1.0-2.5	0.2-0.4	0.5-1.0
Anahtar Deliği	2.5-4.0	0.4-1.0	1.0-1.5
Anahtar Deliği	>4.0	1.0-1.5	1.5-1.5

(*): İşler dolgu teli kullanılmak üzere, parçalar arasındaki malz. ağırlığa toleranslara sınırlı olarak izin verilebilir.

Kalınlık (mm)	Koruyucu Hızı (mm/s)	Akım Elektrod(-) (A)	Ark Gerilimi (V)	Gaz Debisi ^a		Açıklama
				Plazma ^b	Koruyucu ^c (l/dak)	
2.4	10	115	30	3	17	Anahtar
3.2	13	145	32	5	17	Deliği
4.8	7	165	36	6	21	Tekniği,
6.4	6	240	38	8	24	1 Alan

a) Tüm deneyler için lüben plazma gazı kullanılması gerekmektedir.

b) Gaz: %50Ar+ %50He, iştirimdir.

c) Tocc mesafesi: 4.8 mm.

Alüminyum plazma ark kaynağı olarak, yatay ve aşığıdan yukarıya dik pozisyonda uygulanabilir. En çok kullanılan pozisyon oluk pozisyonu olmasına karşın, aşığıdan yukarıya doğru dik pozisyonda kaynak uygulamasında kaynak banyosu daha rahat kontrol edilir. Silindirik depolama tanklarının yapımında parçayı döndüren pozisyoner kullanılarak oluk pozisyonunda kaynak yapılır. Ancak, gerektiği durumlarda örneğin, 4- 5 mm kalınlığındaki alüminyum saclardan üretilen taşıyıcı kasalarda dik pozisyonda kaynak tercih edilir.

Alüminyum kaynağında plazma gazı ve koruyucu gaz olarak kullanılan en ekonomik gaz argondur. Ar+%30He karışım gazı koruyucu gaz olarak ta daha düşük akım şiddetlerinde kullanılır ve bu gaz torç memesi (nozül) ve tungsten elektrodun kullanım ömrü açısından daha iyi sonuçlar vermektedir. %30'dan fazla He içeren gaz karışımları özellikle 5 mm'den ince kalınlıklarda oluk pozisyonunda iş parçasına daha çok ısı girdisi sağlarlar ve aşırı nüfuziyete neden olabildikleri gibi yetersiz ergimeye de yol açabilirler. Özellikle, %30'dan fazla He içeren gaz karışımları ergitme tekniği kullanılarak 8 mm kalınlığındaki alüminyum parçaların aşığıdan yukarıya dik pozisyonda kaynağında çok iyi sonuçlar verirler.

Alüminyumun kaynağında kök koruyucu gazı kullanımına gerek yoktur, hatta sakıncası vardır, zira anahtar deliği tekniğinde kök gazının basıncı anahtar deliğinin oluşumunda olumsuz etki yapar.

Plazma ark kaynağı, otomatik olarak özellikle silindirik depolama tanklarının boyuna dikişlerinde TIG kaynak torcu ile kombine edilerek oldukça yaygın uygulanır. 4- 7 mm'lik saclar halinde aynı dikiş ekseninde önde plazma ark torcu, arkasında TIG torcu ilerleyerek kaynak gerçekleştirilir. Burada, nüfuziyet plazma arkı ile sağlanırken dikişin yüzeyinin düz olması TIG ile elde edilir. Böylece, çok az bir talaşlı işlem ile yüzey düzgün duruma gelir, bazı durumlarda böyle bir işleme gerek kalmaz. Kalın saclar durumunda ise, kızgın tel TIG tekniği+ plazma ark kaynağı beraber uygulanır.

Sonuç

Günümüzde plazma ark kaynağı, uzay, nükleer, elektronik, gemi yapımı ve birçok endüstri dalında kullanılan bir kaynak yöntemidir. Uygulamalarda, mikrop plazma tekniği olarak adlandırılan ve çok küçük akım şiddetlerinin kullanıldığı teknikler ile ince tel elekler, ince tellerin uç uca kaynağı, röle kutusu üretimi, ince cidarlı basınçlı kaplar, vakum tüpü elemanları vb.'nin üretiminde kullanılır. Otomatik yüksek akım şiddetli plazma ark kaynağı ise, paslanmaz çelik, alüminyum ve titanyumdan yapılan boruların boyuna kaynağında, depolama tankları, basınçlı kaplar, roket yakıt tankları, türbin motor elemanları ve birçok cihaz parçaları vb.'nin üretiminde tercih edilir konuma gelmiştir.

Özellikle, gelişmiş ülkelerde ülkemize nazaran çok kullanılan plazma ark kaynağı ekonomikliği, hızlı olması ve kaliteli dikişlerin oluşturulması, yeni geliştirilen paslanmaz çeliklere uygulanabilmesi (örneğin süpermartenzitik paslanmaz çelikler) ve alüminyum alaşımlarına uygulanabilmesi gibi bir seri üstünlüğe sahiptir. Yöntemin ülkemiz

endüstrisinde yaygınlaşması, bu tür malzemeleri kaynak ederek üretim yapan kuruluşların üretim kalitesini artırarak iş yapım süresini azaltacaktır, dolayısı ile de ülke ekonomisine katkı sağlayacağı kesindir. Ayrıca, bu endüstriyel kuruluşlarda çalışan mühendis ve teknik elemanların, yöntemin teknolojisi ve kullanılması konularındaki bilgi düzeyi artacaktır. Üniversitelerimizde de bu konularda araştırmalar yapılabilecek ve ülkemizin endüstriyel gelişimine katkı sağlanacaktır.

Kaynakça

- (1)BÖHME, D., HERMANN, F.D., "Handbuch der Schweissverfahren", DVS, Band 76/2, 1992, Düsseldorf-Almanya.
- (2)N.N., "Plazma Arc Cutting and Welding", Welding Design and Fabrication, June 1992, s.23-56.
- (3)CRAIG, E., "The Plasma Arc Process- A Review", Welding Journal, Feb. 1988, s. 19-25.
- (4)N.N., "Facts About: Plasma Cutting", AGA, İsveç.
- (5)CARY, B. H., "Modern Welding Technology", Printice Hall, 1979, USA.
- (6)SCHWARTZ, M.M., "Metals Joining Manual", Mc Graw Hill, 1979, U.S.A.
- (7)ANIK, S., ANIK, E.S., VURAL, M., "1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı", Cilt 1, Birsen Yayınevi, 1993, İstanbul.
- (8)GÜLTEKİN, N., "Kaynak Tekniği", Y.Ü. Yayını, Sayı: 184, İstanbul 1983.
- (9)OĞUZ, B., "Plazma Arkla Kaynak ve Kesme", Oerlikon Kaynak Bilimi, Sayı: 2, 1985, s. 3-43.
- (10)KARADENİZ, S., "Plazma Tekniği", TMMOB Yayın No: 137, 1990, Ankara.
- (11)KALUÇ, E., "Plazma Arkı ile Kesme ve Kaynak İşleri", Endüstride Bizim Dünyamız Dergisi, Sayı: 12, Haziran 1986, İstanbul, s. 5-9.
- (12)KALUÇ, E., "Plazma Arkı ile Kesme ve Kaynak", TMMOB MMO İstanbul Şubesi, Meslekiçi Eğitim Programı, Özel Kaynak Yöntemleri Semineri, 10-12 Kasım 1993, s. 172-185, İstanbul.
- 13)N.N., "Metals Handbook-Volume 6- Welding, Brazing and Soldering", Ninth Edition, ASM, 1983, U.S.A.
- (14)N.N., "Welding Handbook-Volume 4- Metals and Their Weldability", Seventh Edition, AWS, 1982, U.S.A.
- (15)SMITH, D., "Welding Skills and Technology", Mc Graw Hill, 1986, Singapur.
- (16)NIKOLAEV, G., OLHANSKY, N., "Advanced Welding Processes", Mir Publishers, 1977, Moskova-Rusya.
- (17)N.N., "Welding Handbook-Volume 2- Welding Processes", Ninth Edition, AWS, 1991, U.S.A.

- (18)STRASSBURG, F.W., "Schweissen nichtrostender Staehle", Band 67, D.V.S., 1982, Düsseldorf-Almanya.
- (19)FOLKHARD, E., "Welding Metallurgy of Stainless Steels", Springer-Verlag, 1988, Wien-Austurya.
- (20)SACKS, R.J., "Welding:Principles and Properties", Chas. A. Bennett Co., Inc., 1976, U.S.A.
- (21)N.N., "Lassen van Roest en Hittevast Staal 1, Materiaaleigenschappen en Warmtebehandelingen", Stam Technische Boeken, FME/NIL, WM-42, 1974, Hollanda.
- (22)N.N., "Lassen van Roest- en Hittevast Staal 2, Lastechnieken, Inspectie en Onderzoek", Stam Technische Boeken, FME/NIL, WM-43, 1975, Hollanda.
- (23)OĞUZ, B., "Karbonlu ve Alaşımli Çeliklerin Kaynağı- Metalurji- Uygulama", Oerlikon Yayını, 1985, İstanbul.
- (24)KHANAPETOV, M., "Welding and Cutting of Metals", Mir Publishers, 1979, Moskova-Rusya.
- (25)N.N., "The Procedure Handbook of Arc Welding", The Lincoln Electric Co., Twelfth Edition, June 1973, U.S.A.
- (26)DEFRANQ, J., KALUÇ, E., CLYMANS, J., "Stainless Steel", CS-NIL-BIL Research Project Report 1-2-3, 1 September 1992, Gent-Belçika.
- (27)LAHTI, K, JERSTRÖM, "Plasma Welding Aluminium", Svatseran, No. 3, 1999., s.26-28.
- (28)PELLECCHIA, M., "Select the Best Process: Laser or Precision Plazma", Welding Design and Fabrication, June 95, s.19-26.
- (29)ANIK, S. OĞUR, A, VURAL, M.,"Termik Kesme Teknolojisi", GEV Yayın No:2, 1997.
- (30)TABAN,E., KALUÇ, E, "Petrol ve Doğalgaz Boru Hatlarının Yapımında Kullanılan Süpermartenzitik Paslanmaz Çelikler ve Kaynağı", Kaynak Teknolojisi IV. Ulusal Kongresi, Bildiriler Kitabı, s. 257- 267.