

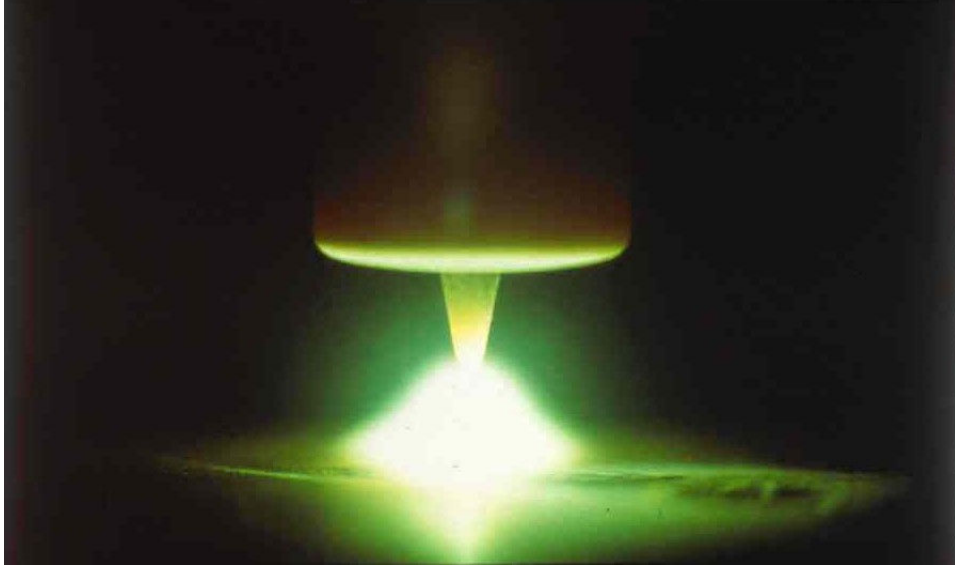
TIG KAYNAK YÖNTEMİNDE ELEKTRİK ARKININ VE ELEKTRİK DEVRESİNİN DAVRANIŞLARI

Değer Elöve
Elk. İşl.Y.Müh. /İSTANBUL

ÖZET

Kaynak tekniğinde ısı kaynağı olarak kullanılan elektrik arkının, yapısı ve özellikleri anlatıldıktan sonra TIG (Tungsten Inert Gaz) kaynak yöntemi tanıtılmaktadır.

TIG yönteminin diğer kaynak yöntemlerinden farklı olan özellikleri, TIG Arkının başlatılması, TIG Arkının AC ve DC devreler üzerindeki etkileri, temel kavramlardan giderek incelenmektedir.



TIG KAYNAK YÖNTEMİNDE

Elektrik Arkının ve Elektrik Devresinin Davranışları

1. Arkın tanımı ve oluşumu, kullanıldığı alanlar.

Arkın tanımı ve oluşumu

Arkın kullanıldığı alanlar

TIG kaynağı

2. TIG arkının özellikleri ve elektrik devresine olan etkileri

Küre-düzlem sistemi içinde oluşan TIG arkının özelliği

TIG sisteminde arkın başlatılması

Doğru ve alternatif gerilimde kaynak akımının davranışı

Alternatif akımda elektrik devresinin özellikleri

1. Arkın tanımı ve oluşumu , kullanıldığı alanlar.

Arkın tanımı ve oluşumu

Bir elektrik alanı içinde elektrik yüklü parçacıklar mevcutsa, hareket ederler. Bu hareket elektrik akımıdır. Elektrik yüklü parçacıkların hareket etmeleri ile akımın oluşması veya taşınması bu parçacıklara taşıyıcılar da denilmesine neden olmuştur.

İletkenlerin içindeki elektrik yüklü parçacıklar serbest elektronlardır ve bir elektrik alanı uygulandığında negatif yüklü olan elektronlar alçak potansiyelden yüksek potansiyele doğru akarlar.

Gazlarda ise, normal halde bir akımı iletme mümkün değildir. Bunun mümkün olabilmesi için taşıyıcılara ihtiyaç vardır. Ancak, taşıyıcıların üretilmesi ile akımın gazlardan taşınması sağlanır ve buna gazlardan deşarj denir. Deşarj iki türlü olmaktadır :

1.Kendi kendini beslemeyen deşarjlar.

Akımın akıtan taşıyıcılar dışardan sisteme verilir.

Taşıyıcı yoğunluğu 10^3 iyon/ cm^3 tür.(Townsend Deşarjı)

2.Kendi kendini besleyen deşarjlar.

Deşarj sırasında taşıyıcıları da kendileri üretirler.

Taşıyıcı yoğunluğu 10^{14} iyon/ cm^3 tür. Ark deşarjında taşıyıcıların sayısı yaklaşık 10^{16} iyon / cm^3 tür.

Hareketli serbest elektronlar birbirleriyle veya gaz molekülleri ile sürekli olarak çarpışırlar.Bu çarpışmalar iki şekilde oluşur: Esnek çarpışma ve esnek olmayan çarpışma.

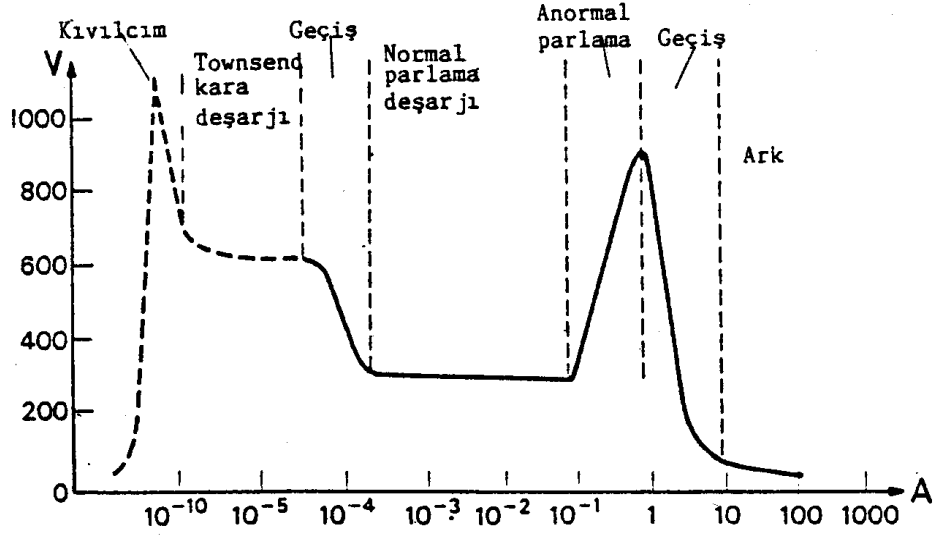
Serbest elektronlar esnek çarpışma yaptıklarında KE'lerini kaybetmezler, yalnız yönlerini değiştirirler ve sürekli hızlarını artırırılar. Sonunda bir elektronun nötr gaz molekülüne yaptığı esnek olmayan çarpışma, kazandığı KE sayesinde bu nötr gaz molekülünü tahrik eder. Tahrik edilen gaz molekülü ya tekrardan denge durumuna geri döner yada iyonlaşır.

Birinci halde, gaz molekülünün iç enerjisi artar, böylece alt seviyelerdeki elektronlar üst enerji seviyelerdeki elektronlar üst enerji seviyelerine çıkarlar ve sonradan tekrar geri dönerler. Bu bir foton yayımıdır. Ortaya çıkan ışımaların dalga boyları $\lambda = (hxc)/e$ olmak üzere gerçekleşir. Burada E, elektronunun tahrik sonucu çıktığı enerji seviyesi, h, plank katsayısı, c de ışığın hızıdır.

İkinci hal, yani gaz molekülünün iyonlaşması gaz molekülünün elektron kaybetmesidir.Molekülden koparılan elektronlar, serbest elektron bulutuna dahil olurlar, molekülün geri kalan kısmı da bir pozitif iyon olarak elektrik alanının etkisiyle yüksek potansiyelden alçak potansiyele doğru hareketlenir.

Öyleyse, bir gaz deşarjında, taşıyıcıların, elektronlar ve pozitif iyonlar olduğunu söyleyebiliriz. Fakat ne var ki iyonize olmuş gaz içindeki bu iki elemanın miktarları eşit değildir. En hafif iyonun ağırlığı elektronun 1000 katıdır.Yüklü parçacıkların hareket kabiliyetleri ise ağırlıkları ile ters orantılıdır. Dolayısı ile bir iyonize olmuş gaz içerisinde akan akım , büyük ölçüde elektronlar tarafından taşınmaktadır.

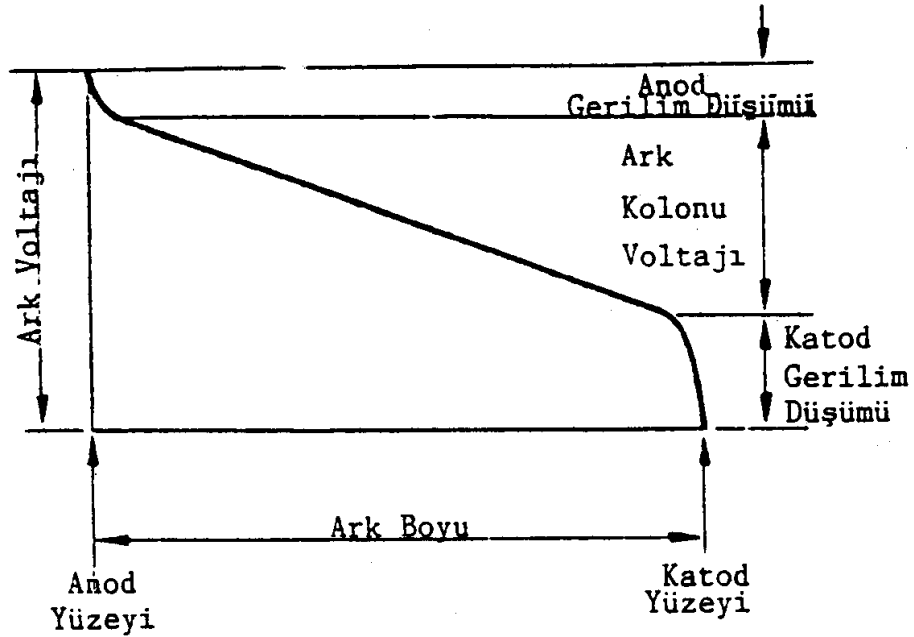
Şekil 1.1'de de görüldüğü üzere çeşitli deşarj tiplerinden , yüksek akımların ve düşük gerilimlerin söz konusu olduğu deşarj, arktır. Yaklaşık 10 Amperden itibaren tanımlanan arkın üst sınırı yoktur.



Şekil 1.1 Deşarj türlerinin Volt-Amper olarak eğrisi

Arkı meydana getiren elektrodlardan, elektronların gaza geçtiği negatif elektrod katod, pozitif elektrod ise anod olarak bilinmektedir. Ark , içinde oluşan fiziksel olaylar bakımından, üç bölgeye ayrılır : Katod bölgesi, anod bölgesi ve ark kolonu.

Anod ve katod da meydana gelen gerilim düşümleri metaller için 1 ila 12 V mertebesindedir. Anod ve katod gerilim düşümleri anod ve katod yüzeylerinden çok kısa mesafelerde meydana gelirler. Ark boyunca gerilim düşümü dağılımı Şekil 1.2’de verilmiştir.) Bundan dolayı da elektrik alanları, söz konusu gerilim düşümü bölgelerinde çok yüksektir. Ark içinde veya plazmada elektrik alanı 10^3 V/m’ye kadar düşer, buna karşılık katod bölgesinde 10^9 V/m’ye kadar çıkar. Akım yoğunlukları ise ark kolonlarında 10^6 ila 10^7 A/m² olarak gerçekleşir.



Şekil 1.2 Ark boyunca gerilim düşümleri

Arktaki termik olaylar, elektriksel davranışların çok benzeridir..Ark kolonundaki yüksek ısıya karşılık elektrodların düşük ısısı, elektrod yüzeylerinde büyük ısı alanlarının (ısı gradyanlarının) oluşması anlamına gelir ki, bu da elektrod yüzeylerinde çok karmaşık fiziksel olaylara neden olur.

Arkın kullanıldığı alanlar

Gaz deşarjlarında meydana gelen iki tür fiziksel olay, atomun ışıması ve iyonizasyonu kullanım alanlarını da iki kategoriye ayırmıştır.

Atomun ışıması bugün yaygın olarak aydınlatmada kullanılmaktadır.Sodyum buharlı lambalar, civa buharlı lambalar ve neon lambaları buna örneklerdir. Bir başka kullanım alanı inorganik kimyada elementlerin analizinde kullanılan Spektrofotometrelerdir.

Atomun iyonizasyonu ise, en yaygın olarak kaynak tekniğinde ısı kaynağı olarak kullanılmaktadır. İçten yanmalı motorlarda ise ark, ateşleyici olarak kullanılır.

Arkın negatif direnç özelliği taşıyan bir bölgesi vardır ki, bu elektronikte çok kullanılmıştır, ancak bugün yerini yarı iletkenlere (tünel diyotlara) bırakmıştır.

TIG (Tungsten Inert Gas) Kaynağı

Arkın veya genel adıyla gaz deşarjlarının kullanım alanlarından biri olarak gösterilen kaynak teniğindeki ısı kaynağının değişik şekilleri vardır. TIG bunlardan biridir.

TIG arki, biri tungsten, diğeri ise iş parçası olan iki elektrod arasında meydana gelir. Tungsten elektrodun ergime derecesi 3379 °C'dir.

Tungsten elektrod bir asal gazla çevrilerek (argon,helyum gibi) havadaki oksijenle teması önlenir.Aksi halde tungsten de ark ile eriyip biter. Asal gaz aynı zamanda işparçasında eriyen metali de havanın oksidasyonundan korur. Ayrıca seçilen gaz, iyonizasyonun kolay veya zor gerçekleşmesini belirleyen en önemli parametredir.

TIG kaynağında genel olarak 4 çeşit tungsten uç ve 2 çeşit de gaz kullanılır. Bunlar saf tungsten uç, %1 toryumlu tungsten uç, %2 toryumlu tungsten uç ve zirkonyumlu tungsten uçtur. Gazlar ise argon ve helyumdur.

Saf tungsten alternatif akımda iyi netice verir. Toryumlu tungsten uçlar arkın daha kolay başlamasını sağlarlar, daha geniş bir akım aralığında çalışma sağlarlar, daha az eriyerek işe yapışmama ve donmama temayülü gösterirler. %2 toryumlu tungsten elektrodların ömürleri daha uzundur. Zirkonyumlu tungsten elektrodlar nükleer reaktör elemanlarının kaynağında kullanılırlar, tungsten kontaminasyonunu asgariye indirgerler.

Argon gazının iyonizasyon enerjisi 15,78 eV'tur, helyum gazının ise 24,58 eV'tur. Yani helyum gazı ile oluşan ark daha yüksek enerjiye sahip bir ısı kaynağı olmaktadır. Hızlı kaynaklarda veya kalın parçalarda, derin nüfuziyet için helyum gazı tercih edilir. Argonda ısıyı kontrol altına almak daha kolaydır. Elle yapılan TIG kaynaklarında argon gazı tercih edilmelidir. Otomatik tezgahlarda elde edilebilen hızlı kaynaklarda helyum kullanılabilir. Östenitik krom-nikel, paslanmaz çelik, bakır ve nikel alaşımları ile titanyum ve alaşımları normalde argonla kaynatılır, yüksek nüfuziyet isteyen uygulamalarda helyum tercih edilebilir.

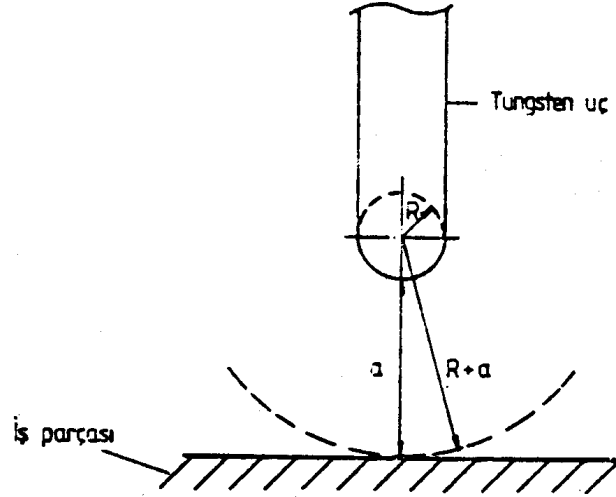
Alüminyum ve alaşımları magnezyum ve alaşımları ile karbon çeliklerinin TIG kaynağında çok özel uygulamaların dışında argon daha iyi netice verir. Argonun helyuma göre bir üstünlüğü de arkın daha kolay başlamasıdır. TIG kaynağı kullanım olarak oksiasetilen kaynağı gibidir. İlave metal kullanıldığı zaman, arkın erittiği metale yani iş parçasını 15° lik bir açıyla tel, elle muntazam bir tempoyla verilerek ilerlenir.

2. TIG arkının özellikleri ve elektrik devresine olan etkileri

Küre-düzlem sistemi içinde oluşan TIG arkının özelliği

Tungsten elektrodun ucunun yarım küre olduğu kabul edilirse küre-düzlem sistemi içinde oluşmuş bir elektrik alanından bahsedilebilir. Bu sistem içerisinde oluşan arkın geometrisi koniktir.

Alan incelemesinde yaklaşık hesap metodu kullanmak sureti ile iç içe iki küre sistemi küre-düzlem sistemine benzetilmiştir. Bu benzetmenin yapılabilmesi aşağıdaki üç esasa bağlıdır :



Şekil 2.1 TIG kaynağında Küre-düzlem elektrik alanı

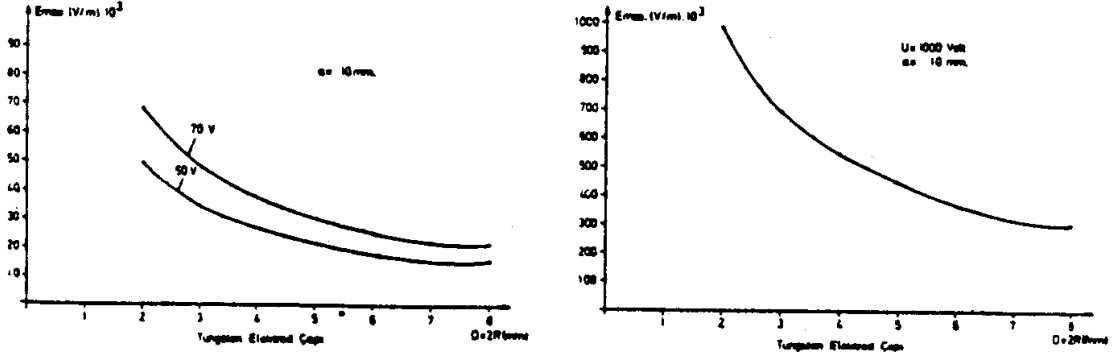
1. En büyük alan şiddetinin bulunduğu nokta, iki elektrod arasında en dar bölgedir.
2. En büyük alan şiddeti, eğrilik yarı çapı küçük olan elektrod üzerindedir.
3. En büyük alan şiddeti karşı elektrodun eğrilik yarı çapına az bağlıdır.

Küre-düzlem sisteminde, en büyük alan şiddeti, iki elektrod arasında en dar bölgede ve eğrilik yarı çapı küçük olan tungsten elektrod üzerindedir.

En büyük alan şiddetinin, karşı elektrodun eğrilik yarıçapına az bağlı olması, sistemde düzlem yerine $(R+a)$ yarı çaplı eş merkezli kürenin, karşı elektrod olarak alınabileceğini gösterir.

Bu kabullerin ışığı altında, çeşitli gerilimler için Şekil 2.2'deki eğri ailesi, tungsten ucun iş parçasına olan uzaklığının 10 mm olması hali için hesaplanmıştır.

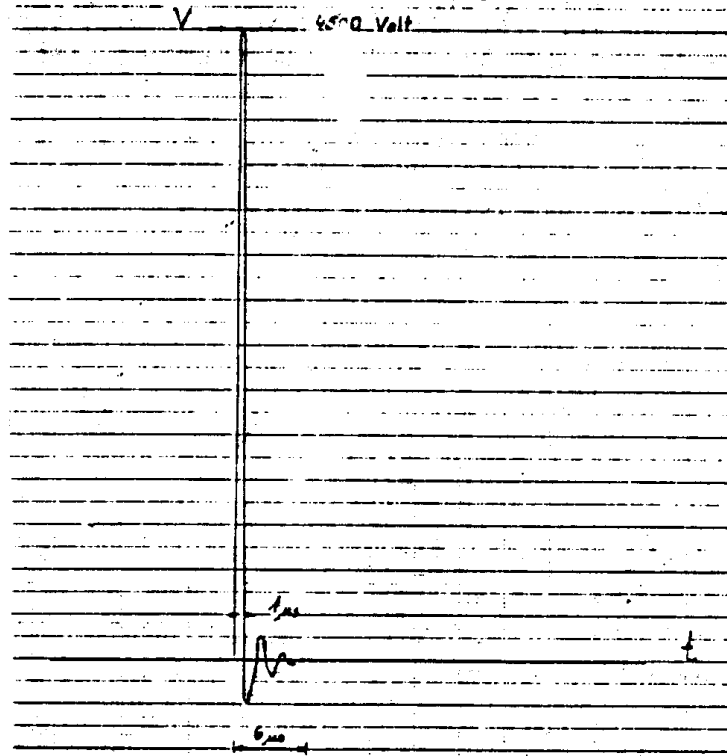
Azami elektrik alanının hesabı, arkın ilk tutuşması ve elektrod polaritelerinin değişmesi durumlarında ortaya çıkan olaylar açısından önemlidir.



Şekil 2.2 En büyük elektrik alanının elektrod çapına göre değişimi
a) Arkdan önce, ilk deşarj gerilimi b) Boştaki gerilim

TIG sisteminde arkın başlatılması

TIG sisteminde ark iki şekilde başlatılır. Birinci elektrodun iş parçasına değdirilmesi ile ikincisi ise bir yüksek frekans ünitesi yardımı iledir. Elektrod iş parçasına değdirildiğinde kısa devreden doğan yüksek ısı sayesinde iyonizasyon başlar. İkinci halde ise iyonizasyonu başlatacak kadar büyük bir elektrik alanının sisteme uygulanması ile deşarj başlatılır. Bunu gerçekleştirecek elektrik alanının oluşması için yüksek gerilimlere ihtiyaç vardır. Bu gerilimin insan hayatı açısından tehlike yaratmaması için de devrede kalma süresinin sınırlanması gerekmektedir. DIN normunun kabul ettiği en büyük değerler Şekil 2.3'te grafik olarak verilmiştir. Bu tür devrelere yüksek frekans düzenleri denilmesinin nedeni de yüksek gerilimin, yüksek frekansla tatbik edilmesinden dolayıdır.

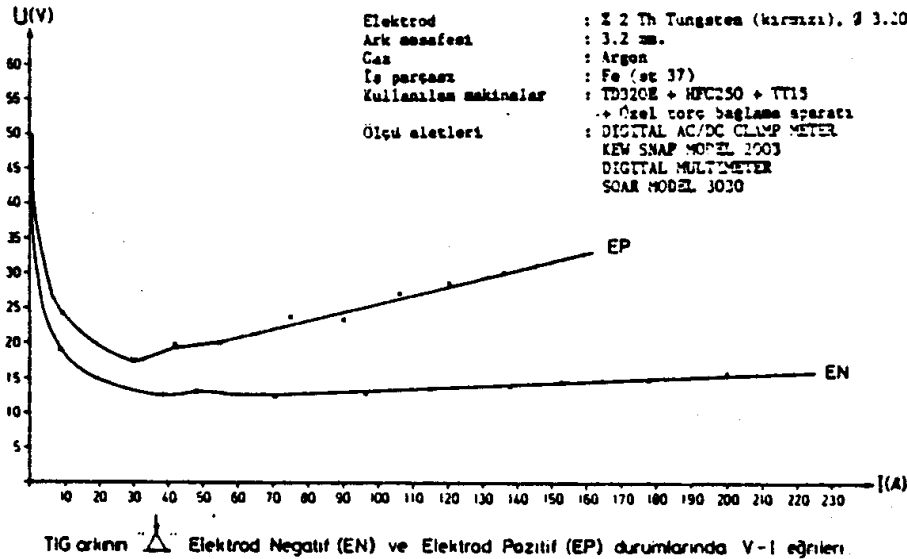


Şekil 2.3 TIG sisteminde kullanılabilir yüksek gerilimli ve yüksek frekanslı dalganın sınır değerleri

Şekil -2.2a'da tungsten uç ile iş parçası arasındaki mesafe 10 mm ve gerilim de 1000V olmak üzere, en büyük elektrik alanının, tungsten ucun çapına göre değişimi verilmişti. Burada çap ufaldıkça alanın eksponansiyel olarak arttığı görülmektedir. Bu da bize sivri uçlu elektrodların çok yüksek elektrik alanına maruz kaldığını dolayısıyla da deşarjın bu geometride daha kolay başlayabildiğini gösterir.

Doğru ve Alternatif gerilimde kaynak akımının davranışı

TIG arkının geometrisinin simetrik olmayışı yüzünden, elektrodların polariteleri değiştirildiğinde, farklı V-I karakteristikleri ortaya çıkar. Elektrod Negatif (EN) ve Elektrod Pozitif (EP) halleri için diğer koşullar eşit kalacak şekilde bir TIG arkının V-I karakteristikleri ölçülerek çıkartılmıştır.(Şekil-2.4). Eğrilerden, EN durumunda arkın, EP durumuna göre daha iletken olduğu görülmektedir. Her iki polarite için ortak olan durum ise($\phi 3.2$ elektrod ve 3.20 mm ark mesafesi için) 70 amperden sonra arkın hemen hemen bir doğru özelliği göstermesidir. Diğer bir deyişle, diğerleri birbirinden farklı birer doğrusal direnç gibi davranmaktadırlar.



Şekil 2.4 Sabit parametreler altında TIG arkının EN ve EP durumları için V-I karakteristikleri

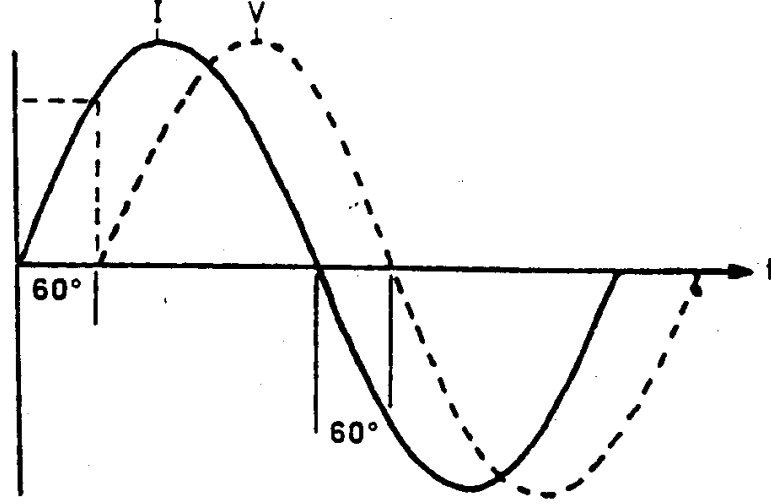
Konik arkın içinde en büyük alan şiddeti, koniğin tam merkezinde, yani iki elektrod arasındaki en dar bölgedir. Koniğin çevresine doğru gidildikçe, elektrodların arasındaki mesafe arttığından dolayı alan şiddeti azalır. Eğer koniğin tepesindeki dar nokta, negatif polaritede olursa buradaki tüm elektronlar maksimum alan şiddetine maruz kaldıklarından, ark içerisine çok kolay bir geçiş sağlarlar.

Ters polarite durumunda ise, elektronların arka geçiş yapacakları katod, iş parçasıdır. İş parçasının tüm yüzeyine dağılmış durumda bulunan elektronlar, en büyük alan şiddetinin olduğu, koniğin merkezine toplanamazlar. Bu nokta merkez olmak üzere, dış çaplara doğru, alan şiddetinin azalan yapısı içinde, elektron geçişleri bunu takip ederek tungsten uca doğru gerçekleşir. Belirli bir yarıçaptan sonra alan şiddeti artık elektron kopartamaz. Bu mekanizma hem arkın konik yapısının oluşumu, hem de EN ve EP durumlarında iletkenliğin farklı oluşumu açıklamaktadır.

Alternatif akımda elektrik devresinin özellikleri

Alternatif akımda, TIG elektrik devresinde arkın başlatılması ve balansın sağlanması için ilave tasarımlar gereklidir.

Alternatif akımda her sıfır geçişinde ark söner. Bunu önlemek için ilk olarak her sıfır geçişinde yüksek frekans ünitesi devreye sokularak deşarj yenilenmelidir. Daha iyi bir netice için ise, devrenin endüktivitesini arttırarak akımın mümkün olduğu kadar gerilimin gerisinde kalması sağlanmalıdır. (Şekil-2.5).Böylece akımın sıfıra gittiği anda elektrodlar arasında var olacak



Şekil 2.5 Endüktif bir devreye ait alternatif akım ve gerilim eğrisi (şematik)

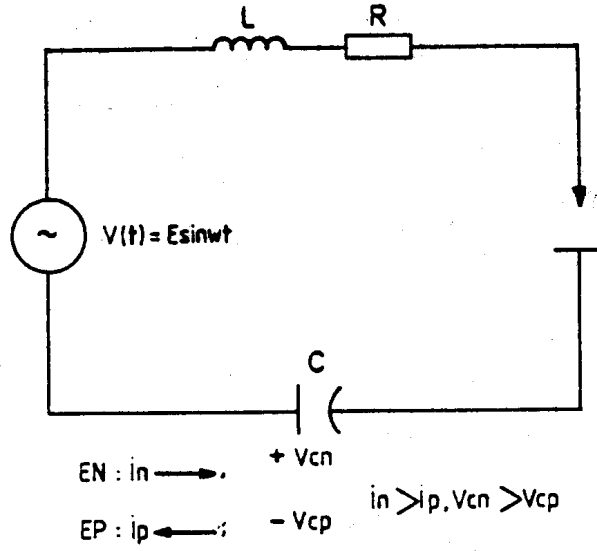
gerilim arkın yeniden başlamasını kolaylaştırır. Al ve Mg gibi yüzeyleri oksite kaplı hafif metallerin kaynağında devrenin bu özellikleri büyük önem taşımaktadır.

Balansı bozulan alternatif akımın oluşturduğu doğru akım bileşeni, kaynak transformatörünü bir süre sonra doyuma götüreceğinden, kaynak akımı distorsyona uğrar ve dolayısıyla da kaynak bozulur.

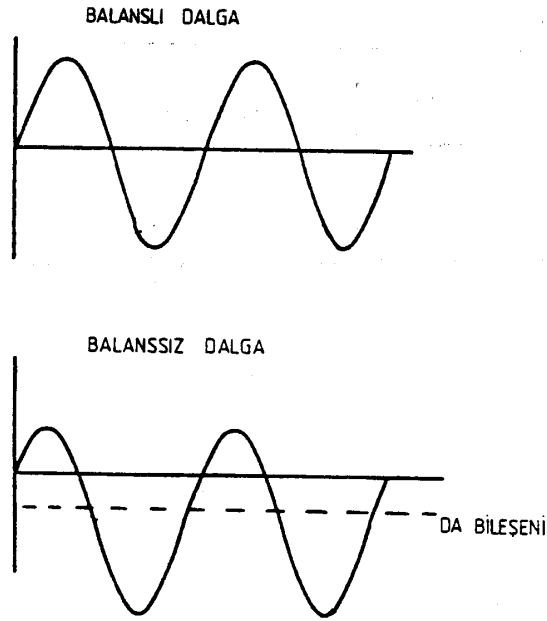
Kaynak transformatörüne ilave demir konularak doyuma gitme biraz geciktirilebilir ancak bu bir çözüm değildir. Balans otomatik olarak, sürekli sağlayabilecek ve devrenin yapısını da karmaşık hale getirmeyecek yöntem, devreye bir seri kondansatör ilave etmektir (Şekil-2.6). Negatif polaritede geçen büyük akımla şarj olacak kondansatör, pozitif polaritede geçen küçük akıma içerisindeki şarjı da ilave ederek her iki yarı periyotta da devreden eşit akım geçmesini sağlayacaktır.

Doğru akımda davranışları incelenen EN ve EP durumları alternatif akımın iki bileşenidirler. Alternatif akımın frekansına göre arkın iletkenliği saniyede frekansın iki katı olarak değişir. Örnek vermek gerekirse, 50 Hz için iletkenlik 100 defa değişir. İletkenliğin negatif ve pozitif alternanslarda farklı oluşu, iki yönde akan akımın da farklı olması anlamına gelir. Buna balanssız bozuk alternatif akım denir (Şekil-2.7).

Balansı bozuk bir alternatif akım elektrik devresinde bir doğru akım bileşeni oluşturur.



Şekil 2.6 TIG kaynağı için seri kondansatörlü elektrik devresi



Şekil 2.7 Balanslı ve balansız bozuk alternatif akım kaynak makinaları.

KAYNAKÇA:

GÖNENÇ İZZET, “Yüksek Gerilim Tekniği, Statik Elektrik Alanı ve Basit Elektrod Sistemleri” s275-280, İTÜ Elektrik Fakültesi 1977
 GUILÉ A.E., “The Electric Arc”, s 120-124, The physics of welding 2nd edition International Institute of welding
 LEBLEBİCİOĞLU Y., “Elektronik Ders Notları-1981” ,İTÜ Elektrik ve Elektronik Fakültesi
 MANZ A.F. , “Welding Power Handbook” ,AWS,N.Y.
 TELEDYNE-WAH CHANG HUNTSVILLE , “Tungsten Welding Electrodes”