GAZALTI KAYNAĞINDA ALTERNATİF KORUYUCU GAZ YÖNLENDİRME TÜRLERİNE TOPLU BAKIŞ

Tolga Mert*
Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi,
Makina Mühendisliği Bölümü,
Beşiktaş - İstanbul
tmert@yildiz.edu.tr

Nurullah Gültekin
Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi,
Makine Mühendisliği Bölümü,
Beşiktaş - İstanbul
nurullah.gultekin@yahoo.com

Selahattin Yumurtacı
Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi,
Makine Mühendisliği Bölümü,
Beşiktaş - İstanbul
yselahat@yildiz.edu.tr

ÖZET

Gazaltı kaynağında koruyucu gaz olarak karışım gazlarının kullanımı uzun yıllardır devam etmekte ve geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Karışım gazı kullanımıyla ilgili araştırmalar, düşük karbonlu çelik ve paslanmaz çelik malzemeler üzerine yoğunlaşmış ve genellikle çeşitli karışım oranlarının, mekanik mukavemet, mikroyapı, ergime hızı, sıçrama miktarı, gözeneklilik vb. özellikler üzerine etkisi incelenmiştir. Koruyucu gazların kaynak bölgesine, karışım yerine farklı şekillerde gönderilmesi fikri sonucunda, dönüşümlü gaz besleme ve farklı kanallardan bağımsız şekilde koruyucu gaz besleme gibi prosesler için çeşitli donanım ve tasarımlar geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda, gözeneklilik, nüfuziyet derinliği, distorsiyon, mekanik mukavemet gibi konularda elde edilen sonuçların olumlu olduğu ve genellikle karışım gazlarıyla elde edilenlerden daha iyi sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Karışım gazları, dönüşümlü gaz besleme, çift kanal gaz besleme

Synopsis on Alternative Shielding Gas Guiding Types in Gas Metal Arc Welding

ABSTRACT

Shielding gas mixtures have been used in gas metal arc welding for years and this usage has a wide area of application. Research with regard to mixture gases have focused on utilization of low carbon and stainless steel materials and usually the effect of mixture rates on mechanical strength, microstructure, melting rate, spatter amount, porosity etc. has been studied. As a consequence of an idea of guiding shielding gases to welding area in different forms instead of mixing, various equipment and designs have been developed for alternate and double channel supply processes of shielding gases. As a result of tests realized, it has been observed that the obtained results in porosity, penetration depth, distortion, mechanical strength etc. tests are affirmative and these are usually better than the results acquired with the use of mixture gases.

Keywords: Mixture gases, alternate gas supply, double channel gas supply

* İletişim yazarı

Geliş tarihi : 15.10.2012
Kabul tarihi : 26.11.2012

Mert, T., Gültekin, N., Yumurtacı, S. 2012. "Gazaltı Kaynağında Alternatif Koruyucu Gaz Yönlendirme Türlerine Toplu Bakış," TMMOB MMO Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 53, sayı 633, s. 36-42

1. GİRİŞ

Örtülü elektrotta örtünün gerçekleştirdiği korumaya benzer bir koruma elde etmek için asal gaz kullanma fikri 1920'lere kadar gitmektedir. Gazaltı kaynak yöntemi, yüksek akım yoğunluğuna sahip, küçük çaplı çıplak tel elektrotlar ve asal gaz kullanımıyla esas olarak alüminyumun ve alaşımlarının kaynağında kullanılmıştır. Daha sonraları bu yöntem, yüksek alaşımlı çelikler, bakır ve alaşımları ile karbonlu çeliklere uygulanmıştır. Bu yöntemle ilgili proses gelişimleri, düşük akım yoğunlukları ve darbeli akım ile aktif (CO_2 gibi) koruyucu gazlar ve gaz karışımlarının kullanımını içermiştir. Karbondioksit gibi aktif bir gazın kullanımıyla ilgili ilk çalışmalar 1952 yılında olmuştur. Reaktif gazlar ve gaz karışımlarının kullanımıyla, metal asal gaz kaynağı tabiri yerini, gazaltı kaynağı isimlendirmesine terk etmiştir [1-3].

O Günümüzde, gerektiğinde arkı yumuşatmak ve sıçramayı azaltmak için %85 ve hatta daha fazla oranlarda argonun CO_2'ye karıştırılıp kullanılması tercih edilmektedir. Argon içine çok az miktarda oksijen katılarak çeliklerin kaynağında her pozisyonda kaynak imkanı sağlanmış ve daha düzgün görünüşlü dikişler elde edilmiştir [1].

Hem MIG hem de TIG gazaltı kaynağında, kaynak telinin ve koruyucu gazın türünün kaynak metalinin bileşimine ve mekanik özelliklerine etkisi çok büyük olmaktadır. Literatürde bu etkinin araştırıldığı pek çok yayına rastlamak mümkündür. Bu yayınların büyük kısmında koruyucu gaz olarak çeşitli karışım gazları, ana malzeme olarak ise düşük karbonlu ve düşük alaşımlı çelikler ile paslanmaz ve alaşımlı çelikler kullanılmıştır. Mukhopadyay ve Pal [4], yüksek mukavemet düşük alaşımlı (HSLA) çeliğin farklı koruyucu gaz kompozisyonları kullanarak masif ve özlü tel ile kaynağını gerçekleştirmişlerdir. Koruyucu gaz olarak çeşitli oranlarda Ar, CO_2 ve O_2 karışımları kullanmışlar ve mikroyapı bileşenlerinin, koruyucu gazdaki oksijen ve karbondioksit içeriğinden etkilendiğini bulmuşlardır. Uygur ve Gülenç [5], AISI 1020 düşük karbonlu çeliğin kaynaklı bağlantısından çıkartılan kaynak metalinin mekanik özellikleri üzerine yoğunlaşmıştır. Kaynak ilave malzemesi olarak SG2 tel ve koruyucu gaz olarak da saf Ar, saf CO_2 ve Ar, CO_2 ve O_2 karışımları kullanmışlardır. İlave malzemenin çekme özelliklerinin koruyucu gazdan etkilendiğini ve CO_2 içeriğindeki artışın, çekme mukavemetinde artışa ve süneklikte azalmaya neden olduğunu görmüşlerdir. Dillenbeck ve Castagno [6], farklı koruyucu gaz kombinasyonları kullanarak atmosfere karşı hangi gazın en iyi korumayı sağladığı, sıçramayı en iyi hangi gazın kontrol ettiği, kaynak yüzeyi ve dikiş profilini hangi gaz veya gazların kaydedilir derecede iyileştirdiği, hangi gazın en fazla kaynak nüfuziyetine yol açtığı, değişik koruyucu gazlarla ilgili maliyet analizleri, yumuşak çeliğin gazaltı kaynağı için genel performansı en iyi ve en ekonomik gaz veya gazların tespit edilmesi konularını araştırmışlardır. Deneylerde saf Ar, Saf CO_2 ve çeşitli oranlarda Ar, CO_2 ve O_2 karışımları ile Ar, CO_2 ve He karışımları kullanmışlardır. Sıçrama miktarının koruyucu gazdaki CO_2 oranıyla doğru orantılı olduğunu, argona kıyasla helyumun, yüksek oranda karbondioksit içeren karışımlarda daha iyi sıçrama kontrolü sağladığını gözlemlemişlerdir. Karbondioksit miktarı %25 ile %60 arasında tutulduğunda kaynak görünümü için en iyi sonucu elde etmişlerdir. Ebrahimnia vd. [7] yaptıkları çalışmada, St 37-2 çeliğin kaynak özellikleri üzerine koruyucu gaz kompozisyonundaki değişimin etkisini incelemişlerdir. Deneylerde argona %2,5 ile %25 arasında CO_2 katarak karışım gazları elde etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre karbondioksit miktarının artmasının kalıntı ve gözeneklilikte azalmaya yol açtığını ve karbondioksit miktarındaki artışla kaynak metali sertliğinin azaldığını, Charpy V-çentik enerjisinin ise önce arttığını ve daha sonra sabit kaldığını bulmuşlardır. Tusek ve Suban [8], östenitik paslanmaz çeliğin ark kaynağında argon içindeki hidrojenin etkisini incelemişlerdir. Çalışmalar, TIG ve MIG kaynağında; argon içinde farklı hidrojen miktarlarıyla (% 0,5-20) gerçekleştirilmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre, argona hidrojen ilavesi ark gücünü arttırmış ve sonuç olarak ergiyen malzeme miktarı artmıştır. TIG'de %10 hidrojen ilaveli argon ile ergiyen ana malzeme miktarı 4 kat artmıştır. MIG kaynağında argona hidrojen ilavesi arkın ergitme miktarı ve verimliliği artmaktadır; ancak bu artışın TIG'dekinden çok daha az olduğu gözlemlenmiştir. Gülenç vd. [9], MIG kaynağıyla birleştirilen 304L paslanmaz çeliğin kaynaklı numunelerinin mekanik ve mikroyapısal özelliklerini incelemişlerdir. Ar ve Ar'a farklı oranlarda H_2 ilavesi ile elde edilen koruyucu gazlar ile kaynak işlemleri gerçekleştirilmiştir. Koruyucu ortama hidrojen ilavesi, kaynağın mekanik özelliklerini arttırmıştır bununla birlikte %1,5 H_2 ilavesi, %5 H_2 ilavesinden daha iyi sonuçlar vermiştir. Liao ve Chen [10], AISI 304 paslanmaz çeliğin mikroyapı ve mekanik özelliklerinin koruyucu gazdan nasıl etkilendiğini araştırmayı amaçlamışlardır. Çalışmada koruyucu gaz olarak çeşitli oranlarda Ar, CO_2 ile Ar, CO_2 ve O_2 karışımları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Ar+CO_2'deki oksijen potansiyeli ve CO_2 oranı %2'den %20'ye arttıkça, sıçrama miktarı artmaktadır. CO_2 oranı %2 ila %20 arasındaki Ar+CO_2 gaz karışımlarındaki CO_2 oranının artışı, kaynak metali karbon içeriğini arttıracak ve dolayısıyla ferrit numarası azalacaktır. Kaynak metallerinin çentik darbe tokluğu delta-ferrit ve oksijen potansiyelinden etkilenmektedir. Lozano vd. [11], AISI 304 paslanmaz malzeme üzerine ER 308LSi tel elektrot ile kaynaklar gerçekleştirmişlerdir. Deneylerde koruyucu gaz olarak çeşitli oranlarda Ar, He, CO_2; Ar ve O_2; Ar, CO_2; Ar, CO_2 ve H_2; Ar ve NO karışımları kullanılmıştır. Araştırmacıların elde ettikleri sonuçlara göre, en büyük dikiş genişliğine Ar+%55He+%2CO_2 ve en derin nüfuziyete ise Ar+%5He gazı ile ulaşılmıştır. NO içeren ve içermeyen Ar tabanlı düşük CO_2 içerikli koruyucu gazlar en büyük dikiş yüksekliğini vermişlerdir. Liao ve Chen [12], AISI 304 paslanmaz çeliğin kaynağı

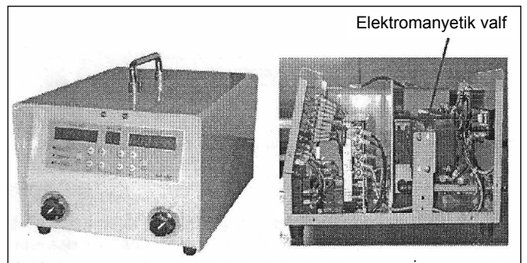
için özlü ve masif tel ile gazaltı kaynağı gerçekleştirmişlerdir. Masif elektrot için koruyucu gaz olarak argona %2 ile %20 arasında CO_2 ilave etmişler; özlü elektrot için koruyucu gaz olaraksa argona %20 ile %80 arasında CO_2 eklemişlerdir. Araştırmacıların elde ettikleri sonuçlara göre, masif tel kullanıldığında koruyucu gaz kompozisyonlarının paslanmaz çelik kaynak metali özelliklerine büyük etkileri olduğu, özlü tel ile kaynakta ise gaz kompozisyonunun küçük bir etki gösterdiği görülmüştür. Özlü telle kaynak edilen numunelerde sıçramalar sadece özden etkilenmektedir; koruyucu gaz kompozisyonundan etkilenme olmamıştır. Her iki numune grubu için de Ar+CO_2 karışımındaki CO_2 miktarı arttıkça, ferrit içeriğinin azaldığı gözlemlenmiştir.

2. ALTERNATİF ŞEKİLDE KORUYUCU GAZ YÖNLENDİRMELERİ

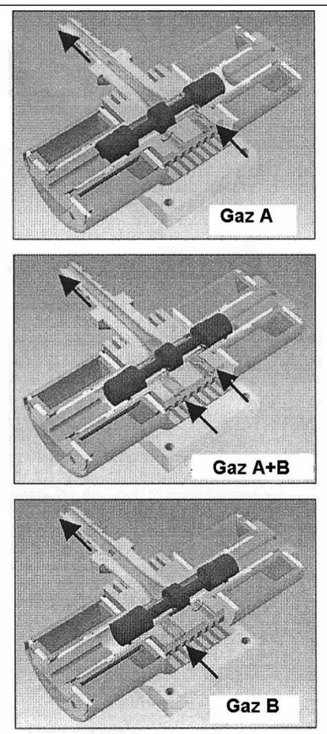
Gazaltı kaynağında koruyucu gazların saf halde veya birbirleri arasında çeşitli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen karışım gazlarının kullanımı, yaygın uygulama alanı bulmuştur. Bunun yanında çeşitli aparat ve donanım kullanımı ile geleneksel olmayan çeşitli torç tasarımları sayesinde hem asal hem de aktif gazların kaynak bölgesine yönlendirilmeleriyle ilgili çeşitli araştırmalar da gerçekleştirilmiştir. Kang vd. [13] yaptıkları çalışmada kaynak bölgesine saf argon ve saf helyum koruyucu gazları, kaynak bölgesine dönüşümlü olarak gönderecek bir sistem tasarlamışlar ve bunu alüminyumun gazaltı kaynağına uygulamışlardır.

Şekil 1'de görülen ekipman, koruyucu gazların debisini ve beslenme frekansını kontrol eden elektronik parça ile gazları dönüşümlü olarak besleyen elektromanyetik kuvvetle çalışan valften oluşmaktadır. Şekil 2'de elektromanyetik valfin çalışma prensibi görülmektedir. Geleneksel metodun aksine bu yöntemde valf, farklı debilerde önce bir gazı sonra bu iki gazın karışımını ve daha sonra diğer gazı, 2 ile 10 Hz arasındaki frekanslarda göndermektedir. Yapılan çalışmada ilk olarak dönüşümlü gaz beslemenin kaynak gerilimi dalga formları incelenmiş ve gazların dönüşümlü olarak beslendikleri kanıtlanmıştır.

Daha sonra alüminyumun gazaltı kaynağında, dönüşümlü gaz

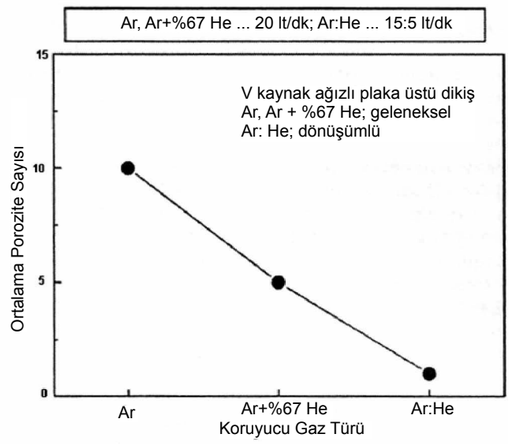


Şekil 1. Koruyucu Gazların Dönüşümlü Şekilde Beslenmesi İçin Aparat [13]

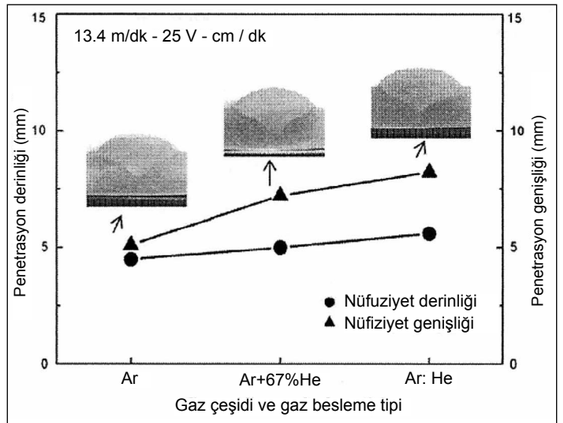


Şekil 2. Dönüşümlü Gaz Besleme Yönteminde Elektromanyetik Valf [13]

beslemenin geleneksel gaz beslemeye kıyasla kaynak gözenekliliği (porozitesi) ve kaynak dikişi formuna olan etkileri



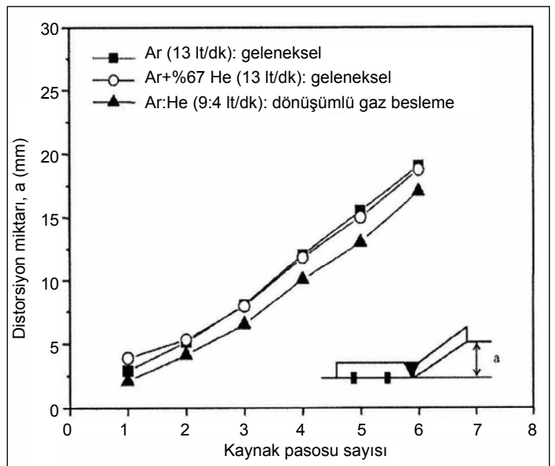
Şekil 3. Koruyucu Gaz Tipi ve Besleme Çeşidinin Ortalama Gözeneklilik Sayısına Etkisi [13]



Şekil 4. Kaynak Dikiş Formunun Gaz Çeşidi ve Gaz Besleme Tipi ile Değişimi [13]

incelenmiştir. Dönüşümlü gaz beslemeyle elde edilen gözeneklilik seviyesi, saf Ar ve Ar+%67He karışım gazı koruyuculuğunda olanlara kıyasla oldukça düşük çıkmıştır (Şekil 3). Ayrıca bu yöntemle gerçekleştirilen kaynaklı numunelerin makroskopik muayeneleri yapıldığında (Şekil 4), nüfuziyet derinliği ve genişliğinin de geleneksel karışım gazıyla elde edilenlere kıyasla fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Aynı araştırmacıların dönüşümlü gaz besleme yöntemiyle yaptığı diğer bir araştırmada ise [14] 304 östenitik paslanmaz çelik malzemelerin TIG kaynağı gerçekleştirilmiştir. Dikiş genişliği ve yüksekliği sabit tutularak yapılan kaynak denemelerinde, geleneksel metotla saf Ar, Ar+%67He karışımı göndermeye kıyasla, saf argon ve saf helyumun dönüşümlü



Şekil 5. Koruyucu Gaz Çeşidi ve Gaz Besleme Tipine Göre TIG Kaynağında Alın Kaynak Dikişindeki Açısal Çarpılma [14]

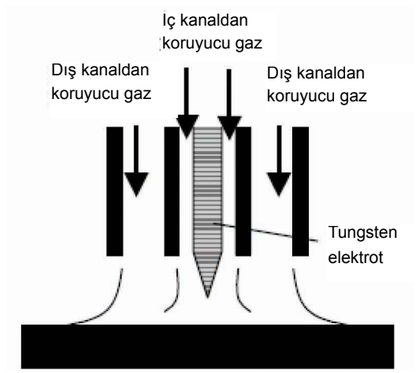
olarak kaynak bölgesine beslenmesi ile kaynak hızında artış gözlemlenmiştir.

Dönüşümlü olarak gaz beslemeyle gerçekleştirilen kaynaktaki ısı girdisi, saf Ar ve Ar+%67He karışım gazı ile elde edilen ısı girdisinden daha düşük olmuştur. Geleneksel metotlara (saf Ar ve Ar+%67He koruyucu gaz ile) kıyasla dönüşümlü gaz besleme metoduyla daha düşük derecede kaynak distorsiyonu meydana gelmiştir. Ayrıca geleneksel karışım gazları ile kaynakla karşılaştırıldığında, yeni geliştirilen metotlarla yapılan işlemlerde kaynak kalitesinin artmasının yanında enerji tüketimi de %20 azalmakta ve ayrıca gaz emisyon miktarında düşüş göstermektedir.

Kim vd. [15], östenitik paslanmaz çeliğin TIG kaynağında koruyucu gazların alternatif beslenmelerinin bilgisayarlı analizini gerçekleştirmişlerdir. Koruyucu gazların alternatif şekilde beslenmelerinin etkisini doğrulamak için iki boyutlu eksenel simetrik ısı ve akışkan matematiksel modelini oluşturmuşlardır. Modelde elde edilen sonuçları, Ar ve He gazlarının akışının 5 Hz'lik frekansla değiştiği deneyde elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Ar ile elde edilen ark basıncının He ile elde edilene göre 3 kat fazla olduğu bulunmuştur. Ayrıca deneysel ölçümler ile modellemede elde edilen sonuçların da birbirine çok yakın olduğunu ortaya koymuşlardır.

Schultz [16] ise çift koruyucu gazlı TIG kaynağını incelemiştir. Araştırmacı, dış kanaldan akan koruyucu gazın iletkenliği iyi ise (örneğin helyum) ve/veya merkezdeki gaz çok yüksek sıcaklıklara ulaşırsa, ark sütununun merkezinden önemli ölçüde uzakta iyonize olmuş gaza rastlanacağını ve bunun da arkın sınırlanması açısından istenmeyen bir durum olduğunu belirtmektedir. Ayrıca çevresel ikinci bir gaz akışının arkın sınırlanması üzerine etkisi olduğunu ifade etmektedir. Sabit bir ark boyu için gaz debisinde bir noktaya kadar ark geriliminin sabit olduğu, gaz akış miktarının bu noktanın altında olması durumunda ise ark geriliminin birden yükseldiği rapor edilmiştir. Ark gerilimi yükselmesinin sebebinin ise arkın stabilitesinin bozulması olduğu düşünülmektedir. Aynı araştırmacıya göre ark boyunun artması durumunda ark gerilimi de artacak ve bu ark geriliminin sabit kalması için de gaz debisinin arttırılması gerekecektir. Yine çift kanallı TIG yöntemiyle, geleneksel TIG yöntemine kıyasla ve ön hazırlık işlemleri yapmadan daha kalın parçaların kaynak edilebildiği ifade edilmektedir.

Kutsuna vd. [17], karbonlu çelik ve paslanmaz çeliğin masif ve özlü telle çift kanallı torç ile kaynağını ve hem iç hem de dış nozulda biriken çapak miktarlarını incelemişlerdir. Ayrıca iç ve dış nozuldan akan koruyucu gazlardaki Reynolds sayısındaki farkları da araştırmışlardır. Araştırmacılar, özlü tel kullanılarak sprey transfer modunda DMAG (çift kanallı gaz yönlendirme) yöntemiyle en düşük sıçrama miktarını 20mg/dk olarak elde etmişlerdir. Ayrıca özlü tel kullanımındaki me-

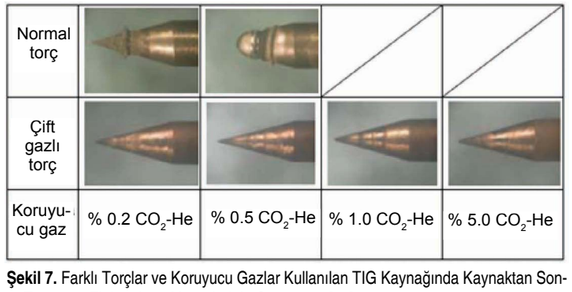


Şekil 6. Çift Kanal Gaz Yönlendirmeli TIG Kaynağının Şematik Gösterimi [18]

tal transferinin masif tele göre daha farklı olduğu ve metal damlacıklarının cüruf kutbu üzerinden olduğunu bulmuşlardır. Reynolds sayısındaki fark -200 ile 400 arasında olduğunda nozüldeki sıçrama miktarı 200mg/dk olmuştur; fakat bu aralığın dışına çıkıldığında daha yüksek sıçrama değerleri elde etmişlerdir.

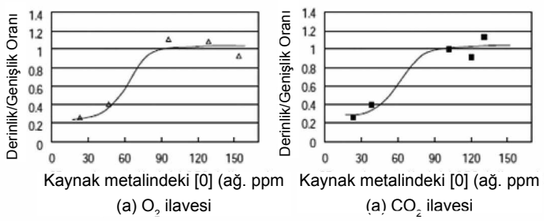
Sato vd. [18], 304 tip paslanmaz çelik malzeme üzerine çift kanal gaz korumalı TIG yöntemiyle çeşitli kaynaklar gerçekleştirmişlerdir. Bu yöntemin şematik gösterimi Şekil 6'da verilmiştir.

İlk deney, tungsten elektrodun tüketimi üzerine çift koruyucu gazlı torcun etkisini değerlendirmek için gerçekleştirilmiştir. Dış koruyucu gaz küçük bir miktar oksijen içeren oksitleyici bir gaz ve iç koruyucu gaz sadece soy gazdır. Ayrıca normal torçtaki koruyucu gaz, çift koruyucu gazlı torçtaki dış gaz ile aynıdır. Elde edilen sonuçlara göre normal torçta koruyucu gazdaki küçük bir miktar oksijen bile tungsten elektrodun ucunun bozulmasına yol açmışken, çift kanallı torçta böyle bir olumsuzluğa rastlanmamıştır (Şekil 7).



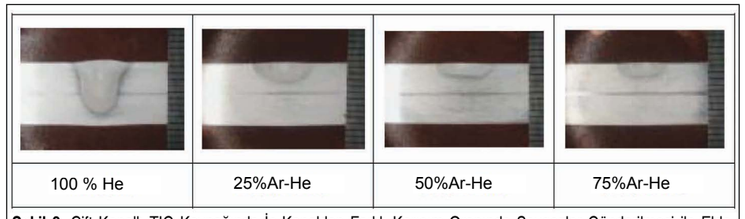
Şekil 7. Farklı Torçlar ve Koruyucu Gazlar Kullanılan TIG Kaynağında Kaynaktan Sonra Tungsten Elektrotların Yüzeylerinin Görünümü [18]

İkinci deney, çift koruyucu gazlı torçta gaz kompozisyonunu optimize etmek için gerçekleştirilmiştir. Kaynak metalindeki nüfuziyet derinliği ve şekli ile oksijen içeriği değerlendirilmiştir. İkinci deneyde iç kanaldan gönderilen koruyucu gaz saf helyumdur. Dış kanaldan ise hafif oksitleyici olan küçük miktarda oksijen veya karbondioksit gönderilmiştir. Kaynaktaki oksijen miktarı 90 ppm'in üzerine çıktığında, oksitleyici gazın oksijen veya karbondioksit olması farketmeksizin derinlik/genişlik oranı keskin şekilde artmaktadır (Şekil 8).



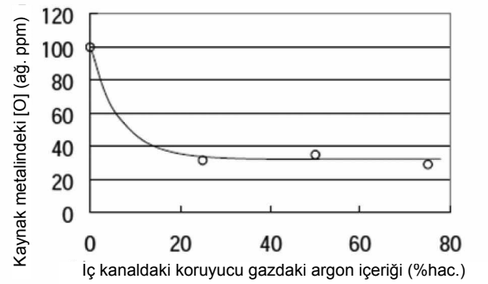
Şekil 8. Değişik Oksidasyon Potansiyellerine Sahip Koruyucu Gazlarla Kaynak Metalindeki Oksijen İçeriğine Karşılık Derinlik/Genişlik Oranları [18]

Araştırmacılar ayrıca çift kanallı torçta iç kanaldan çeşitli karışım oranlarında soy gazlar (Ar ve He) ve dış kanaldan da hafif oksitleyici bir gaz göndererek elde edilen kaynak dikişlerini incelemişlerdir. İç kanaldan gönderilen gazdaki argon miktarı arttıkça nüfuziyet derinliğinde önemli bir azalma görülmüştür (Şekil 9).

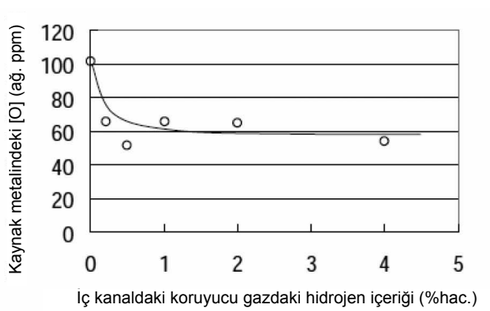


Şekil 9. Çift Kanallı TIG Kaynağında İç Kanaldan Farklı Karışım Oranında Soygazlar Gönderilmesi ile Elde Edilen Kaynak Dikiş Kesitleri [18]

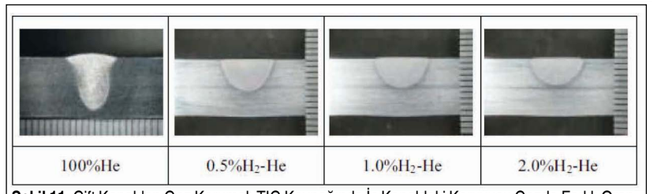
İç kanaldan gönderilen koruyucu gazdaki argon içeriği ile kaynak metalindeki oksijen içeriği Şekil 9'da gösterilmiştir. Helyuma argon ilavesi kaynak metalindeki oksijen içeriğini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bundan ötürü, nüfuziyet derinliğindeki önemli derecedeki düşüş, oksijen miktarının azalmasıyla açıklanabilmektedir. Argon gazı koruyuculuğundaki arkın plazma akışı helyumunkinden daha geniştir. Bu yüzden, kaynak metalindeki oksijen içeriğinin azalmasının sebebi, argonun geniş plazma akımının, oksitleyici dış kanaldaki gazdan ergimiş kaynak metaline oksijen soğurulmasını engellemesidir.



Şekil 10. İç Kanaldaki Koruyucu Gazdaki Argon İçeriğine Karşılık Kaynak Metalindeki [O] İçeriği [18]



Şekil 12. İç Kanaldaki Koruyucu Gazdaki Hidrojen İçeriğine Karşılık Kaynak Metalindeki [O] İçeriği [18]



Şekil 11. Çift Kanaldan Gaz Korumalı TIG Kaynağında İç Kanaldaki Koruyucu Gazda Farklı Oranlarda Redükleyici Gazlar Kullanılarak Elde Edilen Kaynak Dikiş Kesitleri [18]

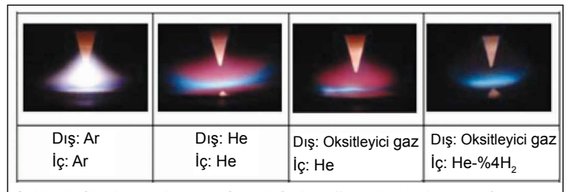
İç kanaldan gönderilen koruyucu gazda soygaza (He) hafif redükleyici gaz (H_2) ilavesiyle elde edilen kaynak dikişlerinin makro görüntüleri Şekil 11'de verilmiştir. Helyum gaza hidrojenin düşük miktarlarda ilavesi ile nüfuziyet derinliğinde önemli ölçüde azalma gözlemlenmiştir.

İç kanal koruyucu gazındaki hidrojen içeriği ile kaynaklardaki [O] miktarı arasındaki ilişki Şekil 12'de gösterilmiştir. Nüfuziyet derinliğindeki önemli ölçüde azalmanın sebebi kaynak metalindeki [O] içeriğinin azalmasıdır.

Koruyucu gaza hidrojen ilavesi ile ark sütununun sınırlandığı bilinmektedir (Şekil 13). Redükleyici gazlar ile ark sütununun sınırlandırılması ark verimliliğinin artmasına neden olacaktır. Sonuç olarak da nüfuziyet derinliği artacaktır. Deneysel sonuçlarda görülen önemli derecedeki derinlik/genişlik oranındaki artışın nedeni koruyucu gaz ile arkın sınırlandırılması değil, uygun miktarda oksijen soğuran ergimiş metalin yüzey geriliminden kaynaklanan Marangoni konveksiyonundaki değişimdir. Buna ilaveten iç kanaldan gönderilen saf helyum kullanımı ile plazma sürükleme kuvvetindeki azalma, Marangoni konveksiyonunun etkisini hızlandırmıştır.

Tablo 1. Çift Kanallı Koruyucu Gazlı TIG ile Kaynak Edilen Alın Birleştirmesinde Çekme Mukavemeti Değerleri [18]

Test numune no	Çekme mukavemeti (MPa)	Kırılma yeri
T1	593	Kaynak metali
T2	588	Kaynak metali



Şekil 13. Çift Kanallı Koruyucu Gazlı TIG Kaynağında Farklı Koruyucu Gazlardaki Ark Sütununun Görünümü [18]

Tablo 2. Çift Kanallı Koruyucu Gazlı TIG ile Kaynak Edilen Alın Birleştirmesinde Çentik Darbe Mukavemeti Değerleri [18]

Test numune no	V-çentiğin konumu	Soğurulan enerji (J)		Sünek kırılma alanı oranı (%)		Yanal genleşme (mm)	
		Tek	Ortalama	Tek	Ortalama	Tek	Ortalama
CD1	Kaynak metali	82	85	100	100	1,37	1,41
CD2		83		100		1,38	
CD3		89		100		1,49	
CH1	ITAB	177	176	100	100	2,17	2,23
CH2		173		100		2,20	
CH3		179		100		2,33	

Gerçekleştirilen kaynak işlemleri sonucunda numunelere mekanik testler de uygulanmıştır. Elde edilen değerler kaynak metalinin çekme mukavemetinin ana malzemenin standartlardaki değerinden (520 MPa) daha yüksek olduğunu göstermiştir. Çentik darbe testleri ise, numuneler -196 °C'ye soğutulduktan sonra gerçekleştirilmiştir. Hem kaynak metalinin hem de ısı tesiri altındaki bölgenin çentik darbe değerleri, TIG kaynağı için yeterlidir. Sünek kırılma alanı oranı ve yanal genleşme gibi parametreler de yüksek tokluğu göstermektedir (Tablo 1 ve Tablo 2). Ayrıca yapılan eğme testlerinde de herhangi bir hataya rastlanmamıştır. Yapılan testler dış kanalda hafif oksitleyici bir gaz olsa bile elde edilen mekanik değerlerin, geleneksel TIG kaynaklı bağlantılarında elde edilenler gibi olduğunu göstermiştir.

3. SONUÇ

Kaynak endüstrisinin uzun yıllar boyunca gazaltı kaynağında tercih ettiği karışım gazı kullanımı, kendini kanıtlamış bir yöntem olarak pek çok farklı sektörde kendine kullanım alanı bulmuştur. Karışım gazındaki gaz oranlarının etkisini araştıran literatür bilgileri oldukça fazladır ve bu konuları irdeleyen araştırmacılar, çeşitli koruyucu gaz kombinezonlarıyla elde edilen deneysel sonuçları geliştirmeyi amaçlamışlardır. Gazaltı kaynağında geleneksel karışım gazı kullanımına alternatif olarak geliştirilen bazı donanım ve torç tasarımları da mevcuttur. Bu donanım ve tasarımlarla ortaya çıkan deneysel verilerin, karışım gazlarıyla elde edilenlerle rahatlıkla rekabet edebilir düzeyde olduğu, hatta çoğu kez daha da iyi sonuçlar verebildiği görülmüştür. Alternatif gaz yönlendirme süreçleriyle ilgili literatür bilgileri sınırlıdır ve farklı malzemeler, kaynak şartları ve koruyucu gaz kombinezonları ile modifiye edilmiş bu süreçlerin daha da ayrıntılı şekilde araştırılması gerekmektedir. Özellikle, ergiyen elektrotla yapılacak çalışmalarda, elde edilecek verilerin endüstriyel yarar bağlamında sonuçlar vereceği kanısı taşınmaktadır.

KAYNAKÇA

1. **Kaluç, E.** 2004. Kaynak Teknolojisi El Kitabı Cilt I - Ergitme Esaslı Kaynak Yöntemleri, TMMOB MMO/356 Yayını, Ankara
2. ASM International, 2005. Metals Handbook volume 6 - Welding, Brazing and Soldering, USA
3. **Anık, S., Vural, M.** 1988. Gazaltı Ark Kaynağı (TIG-MIG-MAG), Gedik Eğitim Vakfı Yayını, İstanbul
4. **Mukhopadhyay, S., Pal, T. K.** 2006. "Effect of Shielding Gas Mixture on Gas Metal Arc Welding of HSLA Steel Using Solid and Flux-Cored Wires," International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 29: 262-268
5. **Uygur, I., Gülenç, B.** 2004. "The Effect of Shielding Gas Composition for MIG Welding Process on Mechanical Behavior of Low Carbon Steel," Metalurgija, 43 (1): 35-40
6. **Dillenbeck, V. R., Castagno, L.** 1987. "The Effects of Various Shielding Gases and Associated Mixtures in GMA Weklding of Mild Steel," Welding Journal, 66 (9):45-49
7. **Ebrahimnia, M., Goodarzi, M., Nouri, M., Sheikhi, M.** 2009. "Study of the Effect of Shielding Gas Composition on the Mechanical Weld Properties of Steel St 37-2 in Gas Metal Arc Welding," Materials and Design, 30:3891-3895
8. **Tusek, J., Suban, M.** 2000. "Experimental Research of the Effect of Hydrogen in Argon as a Shielding Gas in Arc Welding of High-Alloy Stainless Steel", International Journal of Hydrogen Energy, 25:369-376
9. **Gülenç, B., Develi, K., Kahraman, N., Durgutlu, A.** 2005. "Experimental Study of the Effect of Hydrogen in Argon as a Shielding Gas in MIG Welding of Austenitic Stainless Steel," International Journal of Hydrogen Energy, 30:1475-1481
10. **Liao, M. T., Chen, W. J.** 1998. "The Effect of Shielding-Gas Compositions on the Microstructure and Mechanical Properties of Stainless Steel Weldments", Materials Chemistry and Physics, 55:145-151
11. **Lozano, J., Moreda, P., Llorente, C. L., Bilmes, P. D.** 2003. "Fusion Characteristics of Austenitic Stainless Steel GMAW Welds," Latin American Applied Research, 33:27-31
12. **Liao, M. T., Chen, W. J.** 1999. "A Comparison of Gas Metal Arc Welding with Flux-Cored Wires and Solid Wires Using Shielding Gas," International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 15:49-53
13. **Kang, B. Y., Prasad, K. D. V., Kang, M. J., Kim, H. J., Kim, I. S.** 2009. "Characteristics of Alternate Supply of Shielding Gases in Aluminum GMA Welding," Journal of Materials Processing Technology, 209, 4716-4721
14. **Kang, B. Y., Prasad, Y. K. D. V., Kang, M. J., Kim, H. J., Kim, I. S.** 2009. "The Effect of Alternate Supply of Shielding Gases in Austenite Stainless Steel GTA Welding," Journal of Materials Processing Technology, 209, 4722-4727
15. **Kim, H. H., Kim, I. S., Seo, J. H., Kang, B. Y., Kim, I. J., Jang, K. C., Lee, D. G.** 2006. "A Computational Analysis of Alternate Supply of Shielding Gases on GTA Welding Process," IIW Doc. No. ICRA-2006-TH55, 512-517
16. **Schultz, J. F.** 1986. "TIG Process with Dual Shield: Intermediate Process Between TIG and Plasma Arc Welding," Welding in the World, 24 (11-12):248-259
17. **Kutsuna, M., Abraham, M., Kotani, Y., Yamawaki, K., Hayashi, D.** 1997. "Development of D-MAG Process Using Ar-He, Ar-He-O_2 or Ar-O_2 As an Inner Shielding Gas," IIW Doc. No. XII-1485-97, 65-70
18. **Sato, T., Ochiai, T., Fujii, H., Lu, S., Nogi, K.** 2006. "Effect of Shielding Gas on Penetration Shape in Double Shielded GTA Welding," IIW Doc. No. XII-1892-06, 1-12