

KAYNAKLI ÇELİK YAPILARDA TAMİR KAYNAĞI VE PROSEDÜRÜ*

Onur Özkiraz

TMMOB

Makina Mühendisleri Odası,
Ankara Şube, Ankara
onur.ozkiraz@mno.org.tr,

Mehmet Zeybek

Kaynak Uzm.,

Hidromek A.Ş.

Kaynaklı İmalat Yöneticisi
mehmet.zeybek@hidromek.com.tr

İbrahim Ertürk**

Dr.,

Gedik Kaynak A.Ş. Teknik Danışmanı
iberturk06@gmail.com

ÖZ

Büyük maliyetlerle hazırlanan kaynaklı yapıların birçok fonksiyonu birden yapması sırasında; dinamik, statik yüklere ve korozyona karşı uzun süre çalışma ömrünü sürdürmesi gerekmektedir. Buna mukabil, zaman içerisinde oluşabilecek anormal zorlamalar hatalı üretilen kaynaklı yapının çalışma ömrünü kısaltacağı gibi, telafisi mümkün olmayan can ve mal kayıplarına da yol açabilmektedir. Bu nedenle, kaynaklı yapıdaki hataların (düzensizliklerin) üretim esnasında ya da yapı servise alınmadan önce tespit edilerek tamir edilmesi (giderilmesi) gerekmektedir. Bu çalışmada, hataların giderilmesinde en etkili ve ekonomik yöntem olan kaynak ile tamir üzerinde durulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kaynak, prosedür, hata, tamir, muayene

IN WELDING STEEL STRUCTURES REPAIR WELDING AND PROCEDURE

ABSTRACT

The structures which are prepared with high cost welding processes must continue its working life despite corrosion and static and dynamic loads while doing a lot of functions at the same time. Therefore, extreme stresses which may be occur in time may shorten the life of the welded structure which has produced wrongly, also it may cause dramatic life and property losses. Because of that, the faults in welded structures must be identified and repaired while producing or before structure is taken to service. The most efficient and economic method about correcting these faults is to repair by welding.

Keywords: Welding, procedure, fault, repair, examination

** İletişim Yazarı

Geliş tarihi : 30.01.2016

Kabul tarihi : 02.02.2016

* 20-21 Kasım 2015 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası tarafından Ankara'da düzenlenen Kaynak Teknolojisi IX. Ulusal Kongre ve Sergisi'nde bildiri olarak sunulan bu metin, yazarlarınca makale olarak yeniden düzenlenmiştir.

Özkiraz, O., Zeybek, M., Ertürk, İ. 2016. "Kaynaklı Çelik Yapılarda Tamir Kaynağı ve Prosedürü," Mühendis ve Makina, cilt 57, sayı 673, s. 39-47.

1. GİRİŞ

Tamir kaynağı; çelik yapıların (konstrüksiyonun) imalatı ya da çalışması esnasında oluşan hataları gidermek için yapılan kaynak işlemidir veya lokal olarak aşınan kısımların doldurulmasında kullanılan dolgu kaynağı yöntemidir. Yapıda küçük ya da büyük hataların meydana gelmesi, üretim aşamasında verim düşüklüğünden başlayıp konstrüksiyonun devreden çıkmasıyla sonuçlanacak olayları yaratabilir. Bu nedenle, kaynaklı birleştirmelerdeki hatalardan dolayı ortaya çıkan işletme dışı zamanın mümkün olduğunca kısa tutulması ve tamirattan sonra da daha önceki performansını sisteme kazandırıp, çalışma ömrünü uzatması işletmeye önemli ölçüde ekonomi sağlaması demektir. Bundan dolayı da kaynaklı imalatta çalışan mühendis ve teknik elemanların, malzemelerin kırılma mekaniği konusunda bilgi sahibi olmaları gerekir.

1.1 Kırılma Mekaniği

Kaynaklı çelik yapıların kullanım imkanları, parçaların şekil değişimi ya da kırılma riskleri sebebiyle sınırlandırılmıştır. Verilen bir malzeme için bu malzemenin üretimi aşamasında hem kırılmaya eğilimli olduğunu hem de kırılmanın fiziksel sebeplerini anlamak önemlidir. Hatanın incelenmesi ve ortaya konması en önemli problemlerden biridir. Bu araştırma malzeme laboratuvarlarında neden mekanik deneylerin çok büyük yer tuttuğunu açıklar. Buna rağmen deney makinalarında verilen neticeler bir çatlağın nasıl doğduğunu bilinen metal ya da kaynaklı yapı içinde nasıl ilerlediğini bilmek için yeterli değildir. Zira bu sonuçlar aynı zamanda kırılma denemelerinin neticeleri ile de karşılaştırılmaktadır. Kırık yüzeyin incelenmesi, gözle, büyüteç ile makroskobik olarak adlandırılabilir. Bu malzeme ile metal ve alaşımlarının homojen olarak birleştirilmesi, kırık pozisyonu, geometrisi, parlaklığı, renklenmesi, kırılma tipleri ve kırılmanın oluşum nedenleri ile ilgili bilgiler vermektedir. Bu konuda uzman olan kişi, çalışma esnasında kırılmış bir parçanın kırığında oluşan hata türünü, mekanik, ısı ve kimyasal olarak değerlendirir. Kalıntı gerilim dağılımına ait gevrekleştirici faktörleri araştırır. Kırılma incelmeye yardımcı olan bu bilgiler, tasarım, imalat ya da kullanım hatalarının belirlenmesine yardımcı olur. Kırılma mekaniğinden, imalat endüstrisinde içinde hata bulunan bir parçanın gevrek kırılma riskinin belirlenmesinde ya da ani kırılma sebebinin analizinde faydalıdır.

1.2 Kırılmaya Neden Olan Hata Türleri

Birçok hatanın oluşumu değişik zamanlarda ve değişik sebeplerden olabilir. Bu hatalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Ham Malzemenin İşlenmesi Sırasında Oluşan Hatalar

- Gerilim çatlakları

- Gaz boşlukları
- Cüruf kalıntıları
- Kendini çekme boşlukları
- Toplanmalar

Üretim Esnasında Oluşabilen Hatalar

- İşlem hataları
- Kaynak hataları
- Kalıntı gerilim çatlakları
- Isıl işlem hataları

Yapının Çalışma Sürecinde Oluşabilecek Hatalar

- Yorulma
- Gerilme korozyonu
- Sürünme ve sünme
- Korozyon yorulması

2. KAYNAK HATALARI VE OLUŞUM NEDENLERİ

2.1 Tanımlar

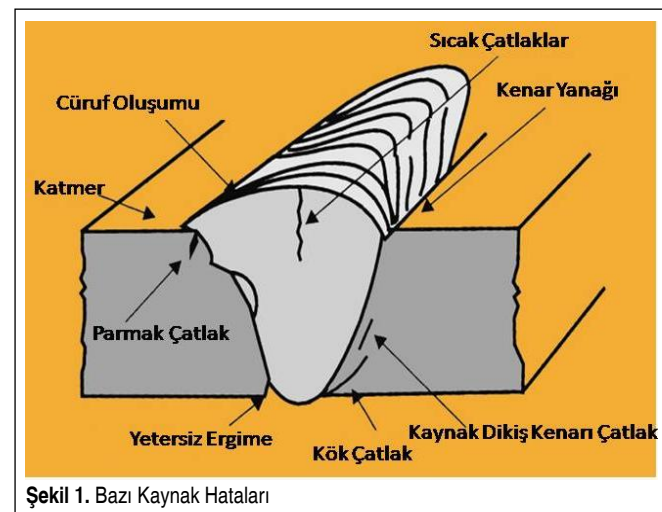
Kalite: Bir ürünün veya hizmetin belirlenen ya da olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan özelliklerin toplamıdır.

Düzensizlik: Şartname, talimat ya da teknik spesifikasyonlarda olması istenen ölçü veya şekillerden meydana gelen sapmalardır.

Hata: Tolerans dışına çıkan düzensizlikler hata olarak kabul edilir.

2.2 Kaynak İşlemi Sırasında Oluşan Hatalar

Kaynaklı yapının oluşturulması için, parçaların imalatı ve



Şekil 1. Bazı Kaynak Hataları

Tanım	Kaynak Kesiti	Radyogram Röntgen (İç Yapı)
Kurt Oyuğu Gözeneği		
Doğrusal Cüruf Oluşumu		
Gaz Kalıntıları (Gözenek)		
Doğrusal Gözenek		
Kemer Duvar Erime Eksikliği		
Geçiş Çalışmada Erime Eksikliği		
Boyuna Çatlak		
Enine Çatlak		
Çatlak		

Şekil 2. Kaynak Hatalarının Radyografik Görüntüleri

montajında çeşitli yöntemler kullanılmakta ve bunların kullanımları sırasında belirli bölgelerde gerilmeler oluşmaktadır. Örneğin kaynak işlemleri sırasında oluşan gerilmeler kaynak yönteminin ve kaynak parametrelerinin uygun seçilmemesi, kaynak dolgu metalinin uygun olmaması, kaynakçının kalifiye olmaması, kaynak koşullarının uygun olmaması vb. nedenlerden dolayı Şekil 1'de görülen kaynak hatalarından bazıları oluşabilmektedir.

2.2.1 Çatlaklar

Kaynak işlemi sırasında oluşan gerilmeler sıcak ve soğuk çatlakları meydana getirirler.

Sıcak Çatlaklar

Sıvı → katı faz bölgesinde (yaklaşık 1200 °C'de) katılaşma esnasında ya da hemen sonra, tane sınırlarını takiben ilerleyen kaynak dikişi boyunca ve ITAB bölgesinde oluşmaktadır.

Soğuk Çatlaklar

Kaynak metalinin gerilmelerden dolayı kendisini çekmesi ve bu çekmenin engellenmesi sonucunda meydana gelir. Tane içi ve taneler arasında ilerler. Genellikle yüksek karbonlu, alaşımsız ve düşük alaşımlı yüksek dayanıklı çeliklerde görülebilir. Bunlar, esas metal sertleşmeye duyarlı ise kaynak dikişinin soğuması sırasında ya da hidrojenin difüze olması nedeniyle, ITAB'da kaynak dikişine 1-2 mm mesafede dikiş boyunca tane içi ve taneler arasında ilerleyerek veya yüksek dayanımlı yapı çeliklerinde kaynak dikişinden başlayıp esas malzemeye tane içi kırılma şeklinde intikal eden çatlak tipidir.

Süneklik Düşmesi (Gevrekleşme) Çatlakları

Örnek olarak austenitik çeliklerin soğutulması sırasında kırılan davranış göstermesi, çatlakların oluşumuna neden olur. İç gerilmelerin yardımı ile de oluşan bu çatlaklar büyür.

Yeniden Kristalleşme veya Gerilim Giderme Çatlakları

Kaynak sonrası ısı işlem sırasında meydana gelebilir. Çökelmiş olan karbür, nitrür ve benzeri maddeler, ısıtma işlemi metal içinde yayılır. Bu da metalin dayanımını artırır, bu durumun önlenmesi tane sınırlarının kayması ile olur ki bu da çatlakların oluşumuna yol açabilir.

Krater Çatlakları

Bu çatlaklar boylamasına, enlemesine ve yıldız çatlaklar olarak isimlendirilir. Kraterin zayıf olmasından meydana gelebilir. Kaynak sonunda elektrotu henüz kaldırmadan 10 mm geri hareket ile krater dolgusu güçlendirilir ise çatlaklar önenebilir.

Katmanlaşma Çatlakları

Kaynak bölgesinde esas metalin içinde yüzeye paralel olarak görülebilir. Nedenleri ise ITAB bölgesinde metal asıllı olmayan, oksitlerin, silikatların, sülfürlerin hadde yönünde uzamış şekiller almasıyla görülür.

Gerilim Korozyon Çatlaması

Kaynak bölgesi ile aşındırıcı bir çözelti temas halinde ve bu bölgede yüksek gerilme mevcut ise korozyon çatlakları söz konusudur. Burada aşındırıcı madde korozyonu artıracak, gerilmelerde çatlama hızlandıracaktır. Önlenmesi için malzeme-deki gerilmeleri azaltmak gerekir.

Grafitleşme Çatlakları

Kaynaklı yapı (konstrüksiyon), kullanım sırasında devamlı ısınmaya ya da soğumaya maruz kalır ise karbürler ayrışarak çelik içinde grafit dönüşür. Grafit çökeltileri yumuşak bir faz olduğundan bu bölgelerde çatlaklar başlar ve bu çatlaklar da büyür. Önlenmesi için çeliğe molibden (Mo) ilave edilir. Molibden grafitleşmeyi önleyici bir elementtir. Çünkü molibden, molibden karbür (MoC) oluşturur. Bu da demir karbürden (Fe₂C) zor çözünür. Bu nedenle, yüksek sıcaklıklarda molibdenli çeliklerin kullanılması tavsiye edilir. Bu çeliklerin kaynağı için de aynı bileşimi veren elektrotlar kullanılmalıdır.

Balgözü Oluşumu

Genelde bu çatlaklar hidrojenin malzemeyi gevrekleştirme neticesinde ortaya çıkar. Kaynak dikişinde önce, parlak bir gözenek ve gözenekten başlayan çatlaklar şeklinde görülür ya da metalin akma sınırını geçen iç gerilmelerden meydana gelir. Önlenmesi için malzeme, yüksek sıcaklıklarda yaşlandırılmalı veya kaynak sonrası ısı işleme tabi tutulmalıdır.

Segregasyon Oluşumu

Kaynak metalinin ve ilave metalin ergimesi sırasında, alaşım elementlerinin eşit dağılmayı ya da dokunun homojen olmaması olayıdır. Bu durum, iç gerilmelere ve çatlamalara yol açar.

2.3 Gözenekler ve Önlenmesi

- Kaynak ağzı bölgesinin, oksit, boya, gres yağı ve rutubetten temizlenmesi,

- Kaynak metalinin yeteri kadar ergimiş halde tutularak gazların çıkışını sağlamak,
- Kaynak elektrotunun örtüsündeki rutubeti azaltmak,
- Kaynak esnasında ark boyunu kısa tutmak,
- Düşük karbonlu ve manganlı; fakat yüksek fosfor içeren çeliklerin kaynağında düşük hidrojen içeren (bazik örtülü) elektrot kullanmak,
- Kaynak metalindeki sülfür miktarını düşük tutmak,
- Dolgu metalinin temiz olmasına özen göstermek gerekir.

2.4 Nüfuziyet Azlığı

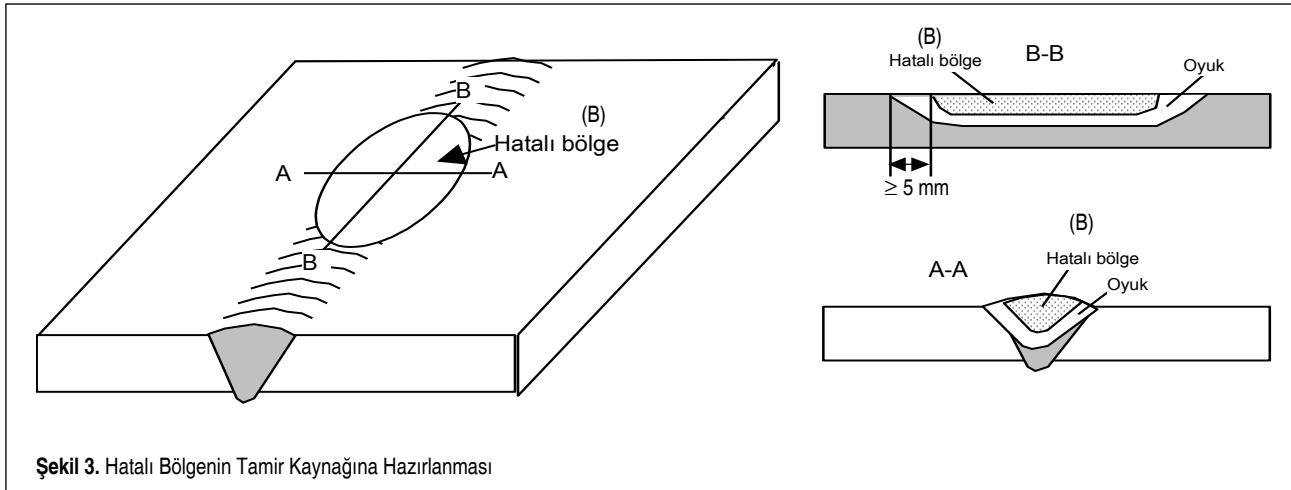
Esas metal ile kaynak metali arasında ya da kaynak metalinin pasoları arasında oluşur. Bu hataların kaynak anında önlenmesi için uygun akım şiddeti ve kısa ark boyu ile çalışmak önemlidir. Fazla düşük akım şiddeti yetersiz birleşme meydana getirebileceği gibi, yüksek akım şiddeti de elektrodun çabuk ergimesine yol açar. Neticede aynı hata oluşur. Kaynak kesitindeki birleşme azlığı, statik ve dinamik zorlamalarda büyük oranda kaynak bağlantısının dayanımını düşürür. Bu hatayı yok etmek için kaynak dikişinin hatalı kısımlarını tamir kaynağı yöntemi ile temizleyip kaynak etmek gerekir. Nedenleri;

- Kaynak metali ile esas metalin yüzeyleri arasındaki ergime yetersizliğinden,
- Kaynak pasoları arasındaki ergime yetersizliğinden,
- Kök paso ile esas metal arasındaki ergime yetersizliğinden olur.

3. TAMİR KAYNAĞI VE PROSEDÜRÜ

3.1 Hataların tamiri

Tamir kaynağına başlamadan önce tamir prosedürü hazırlanarak onaylatılmalı ve kayda alınmalıdır.



Şekil 3. Hatalı Bölgenin Tamir Kaynağına Hazırlanması

Tamir kaynağı prosedürü aşağıdaki hususları içermelidir:

- Hatalı bölgenin daha önce tamir kaynağı yapıp yapılmadığının bilinmesi
- Hatalı bölgeyi tespit etme yöntemi
- Çatlak uzaklaştırma yöntemi
- Kaynak kanalı (oyuğu) açıldıktan sonra çatlakların ya da hatanın tam olarak uzaklaştırıldığından emin olmak için, manyetik partikül testi ya da penetrant testi ile kontrol edilmesi
- Ön ısıtma ve nüfuz edebilecek ısı gereksinimleri
- Kaynak işlemi sonrası ısıtma işlem gereksinimleri
- Tahribatsız muayene gereksinimleri

3.2 Uygulanacak Kaynak Prosesleri

Kaynak pozisyonuna, malzeme kalınlığına ve kaynak bölgesine ulaşılabilirliğine dikkat edilerek en iyi ergitme verimi olan aşağıdaki kaynak proseslerinden biri seçilebilir.

- Örtülü elektrot ark kaynağı (atelye ve şantiye ortamında her kaynak pozisyonunda)
- MAG kaynağı, özlü tel ile MAG kaynağı (kapalı ortamda düz ve yatay pozisyonda)
- TIG kaynağı (kapalı ortamlarda ve her pozisyonda)
- Oksi-gaz kaynağı (başka imkanların olmadığı durumlarda)

3.3 Dolgu Metali Kullanarak Tamir

- Kaynak dikişinin özellikleri, esas malzemenin özelliklerine uygun olmalıdır.
- Hatalı bölge, iki uçtan, en az 5 mm'lik bir bölgeyi kapsayacak kadar Şekil 3'te B-B kesitinde görüldüğü gibi ve Tablo 2'deki proseslerden biri ile yanılarak temizlenmelidir.
- Yarma işlemi sırasında hatanın tam olarak giderildiğinden

Tablo 1. İç Kaynak Hatları ve Düzeltici Faaliyetler

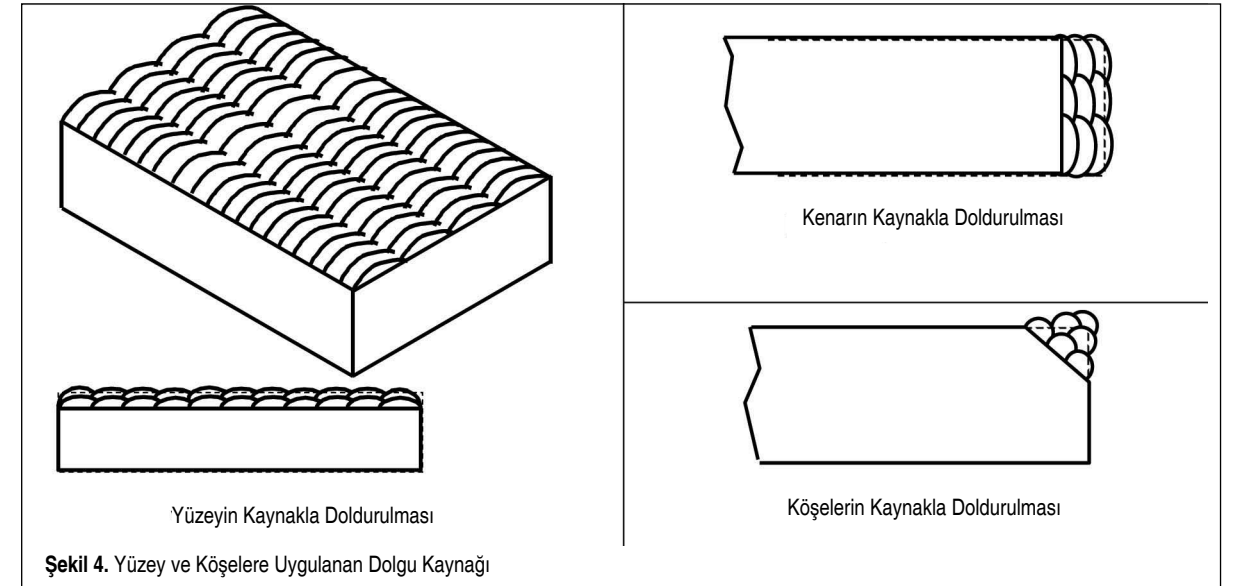
Hat Grubu	Hata Tanımı	Düzeltici Faaliyet
İç Kaynak Hataları	<ul style="list-style-type: none"> • Çatlaklar • Birleşme hataları • Gözenekler • Yetersiz nüfuziyet • Katı Kalıntılar 	Tablo 2'deki prosedürlerden biri uygulanarak hatalı bölge oyulur, kaynakla doldurulur ve taşlanır.

- emin olmak için sıvı penetrant ya da manyetik partikül testi ile kontrol edilmelidir.
- Açılan oluğun kök yarıçapı en az 3 mm, oluk açısı en az 50° olmalıdır.
- Hatalı bölge, daha sonra uygulanacak olan tahribatsız muayene yöntemine ve kaynak işlemine izin verecek şekilde oyulmalıdır.
- Oyulan bölge, kaynak ile doldurulmalıdır.
- Kaynak ile doldurulan bölge, gerekir ise taşlanarak ya da mekanik işlemler ile istenilen şekle getirilir.
- Eğer hata tüm kalınlığı kapsıyorsa, hatalı bölge kesilir, kaynak mühendisi ya da imalat yetkilisinin onayına göre sabit ya da sökülebilir kaynak altlığı kullanılarak kesilen bölge kaynakla doldurulur. İşlenerek orijinal boyut ve ölçülere getirilir.

3.4 Aşınan Yüzey ve Kenarların Doldurulması

Kullanım sırasında aşınan ya da eksik olduğu tespit edilen makina parçalarının yüzey ve köşelerinin doldurulması işlemdir.

- Doldurulacak yüzey, mekanik ya da kimyasal yöntemlerle temizlenir.
- Yüzey ya da eksik köşe kaynak ile doldurulur.



Şekil 4. Yüzey ve Köşelere Uygulanan Dolgu Kaynağı

- Mekanik yöntemlerle ya da taşıyarak kaynak yüzeyi olması gereken ölçüye gelinceye kadar işlenir.

3.5 Yarma ve Oyma İşleminde Kullanılan Prosesler

Yarma veya oyma işlemi, kaynaklı imalatın tamirinin vazgeçilmez bir parçasıdır.

3.5.1 Yarma ve Oyma İşlemi

- Çift taraflı kaynaklarda kök bölgesinde tam nüfuziyeti ve röntgen kalitesini garantilemek için tersten yarma (Şekil 5),
- Punta kaynaklarının ya da geçici kaynakların giderilmesi,
- Köşe ve alın birleştirmelerinde kaynak hataları (Şekil 6),
- Hatalı bölgelerin tamir kaynağına hazırlanması (Şekil 7),
- Geçici olarak kaynatılan parçaların temizlenmesi,
- Aşırı bombelerin giderilmesi için uygulanır.

Yarma ve oyma işlemi için kullanılan prosesleri iki grupta incelemek yerinde olur.

Mekanik Yarma

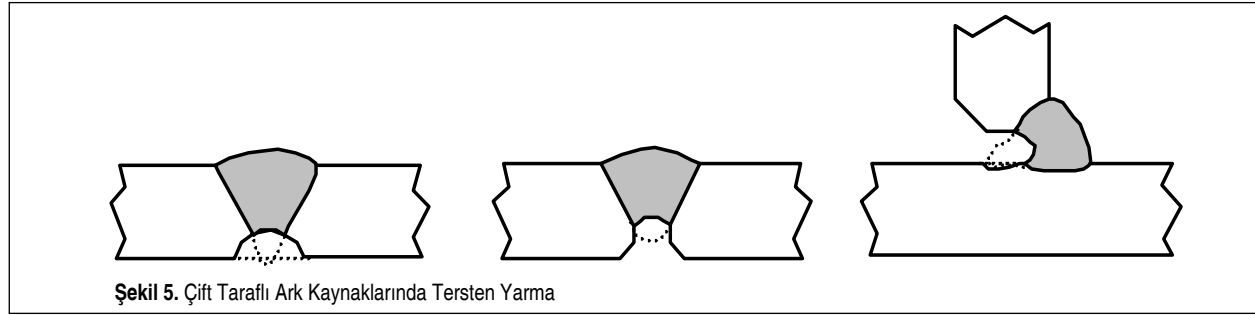
Mekanik yarma işlemlerinde en yaygın kullanılan yöntem taşlamadır. Diğer yöntemlere (frezleme vb.) özel durumlarda başvurulur.

Termik Yarma

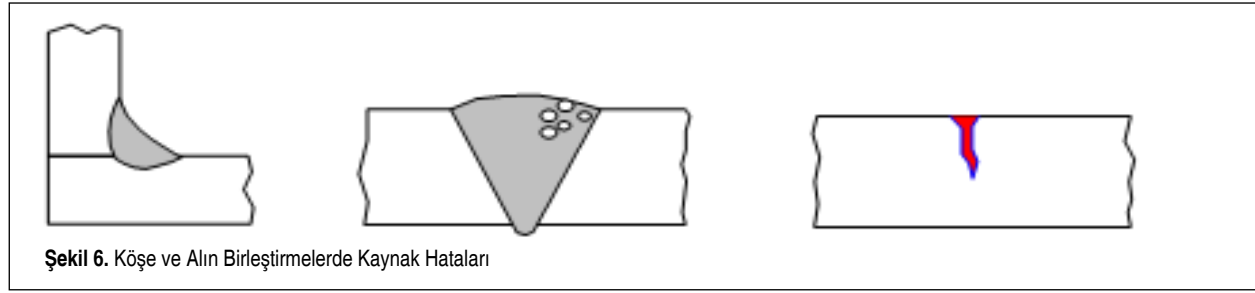
Termik yarma işleminde aşağıdaki prosesler uygulanır:

- Oksi gaz alevi ile yarma
- Örtülü elektrot arki ile yarma
- Karbon elektrot arki ile yarma
- Plazma arki ile yarma

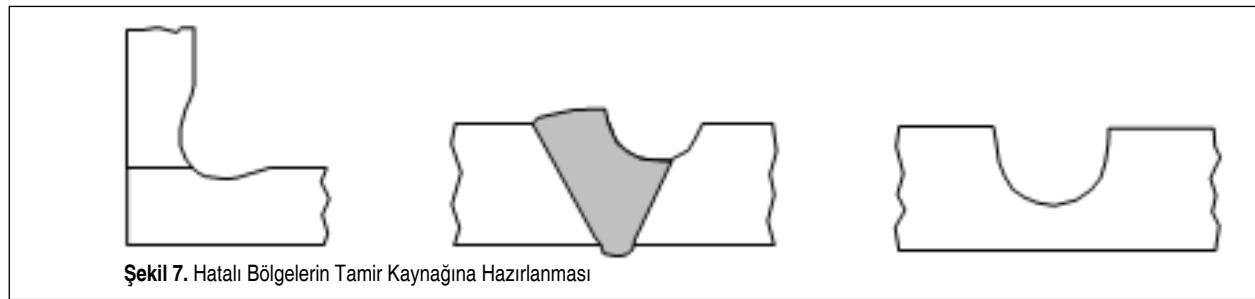
Mekanik yarma prosesinde, çatlakların ve gözeneklerin üzerleri sıvanarak kapanabilir. Ancak termik proseslerde tabanda-



Şekil 5. Çift Taraflı Ark Kaynaklarında Tersten Yarma



Şekil 6. Köşe ve Alın Birleştirmelerde Kaynak Hataları



Şekil 7. Hatalı Bölgelerin Tamir Kaynağına Hazırlanması

ki hatalar daha net görülür. Ayrıca köşelere ve dar yerlere daha kolay yanaşılabilir. Termik yarma işlemleri mekanik yarma işlemlerine göre daha hızlıdır. Buna karşın termik yarma işlemlerinde ısı girdisi daha fazladır, yalnız her termik proses her malzemeye uygulanmayabilir.

3.5.2 Termik Yarma ve Oyma Prosesleri

Termik yarma proseslerinde malzemenin hatalı bölgesi ısıtılarak ergitilir veya oksitlenir. Ergimiş madde ve oksitler üflenerek uzaklaştırılır. Uygulama amaçları ve uygulandıkları malzemeler Tablo 2'de verilmiştir.

Oksi-Gaz Alevi ile Yarma

Alevle yarma, çeliği oksitlemek üzere, oksijen ve yanıcı gazı ihtiyacı vardır. Özel düzeneklerde (kesme üfleçlerinde) %50 oksijen %50 asetilen oranında yakılarak nötr alev ile çelikler önce 900-1000 C° civarlarında ısıtılarak kesme ya da oluk açmaya hazır hale getirilir. Isıtılan bölgeye basınçlı saf oksijen üflenerek çeliğin yanması sağlanır. Yanma sonucunda sıvı halde oluşan cüruf ve oksitler jet hızındaki basınçlı oksijen ile hatalı bölgeden uzaklaştırılır.

Oksijen jetindeki oksijen miktarı, açılan oyuğun derinliğini

ve genişliğini belirler, tipik bir yarma ve oluk açma işlemine ait parametreler Tablo 3'te verilmiştir.

Isıtıcı alev ve oksijen jeti doğru ayarlandığında, oyuğun şekli, derinliği, yüzey kalitesi ve cüruf uzaklaştırılabilirliği açısından oksijen-asetilen ile yarma işlemi, karbonelektrot ile yarma işlemine göre daha iyidir.

Çalışma Tekniği: Oyuğun derinliği torçun hızı ve açısı tarafından belirlenir. Daha derin bir oyuk elde etmek için torç dikleştirilir ve hızı düşürülür. Sığ bir oyuk elde etmek için torç yatık hale getirilir ve hızı artırılır. Oyuğu genişletmek için torça zik-zak hareketi yaptırılır. Oyuğun profili, nozulun büyüklüğüne ve çalışma parametrelerine bağlıdır. Eğer kesme oksijeninin basıncı düşük olursa, alev bir çeşit yıkama etkisi yapar ve oyuğun dibinde düzgün tırtıllar oluşur. Kesme oksijeninin basıncı yüksek olursa, kesme işlemi sıvı metalin önünde gerçekleşir. Bu durum özellikle dar oyuklarda yarma işleminin durmasına yol açabilir.

Karbon Elektrot ile Yarma

Karbon elektrotla parça arasında bir ark oluşturulur. Ergiyen sıvı metal, elektrota paralel olan basınçlı hava ile oyuktan uzaklaştırılır. Prosesin uygulanması kolaydır. Sistemde elle

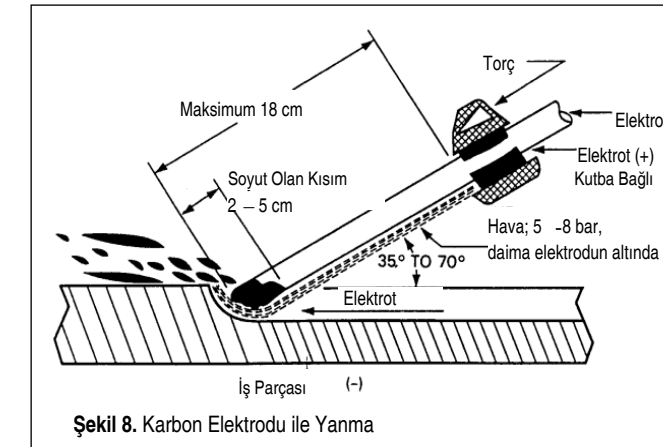
Tablo 2. Yarma ve Oyma Prosesleri Ve Uygulandığı Metaller

Proses	Proses İşlemleri		Metaller
	Birincil	İkincil	
Oksi-Gaz Alevi	Yarma	Kaynak ağzı açma Pah kırma	Düşük karbonlu çelikler, karbon-mangan (yapı) çelikleri, basınçlı kap çelikleri (C ≤ %0.35), düşük alaşımlı çelikler (Cr ≤ %5), dökme demir (400-500 °C'ye ön ısıtma yaparak)
Karbon Elektrodla	Yarma	Kaynak ağzı açma Pah kırma	Düşük karbonlu çelikler, karbon-mangan (yapı) çelikleri, basınçlı kap çelikleri (C≤%0.35), düşük ve yüksek alaşımlı çelikler, dökme demir, nikel esaslı alaşımlar, bakır ve bakır alaşımları, bakır-nikel alaşımları, alüminyum
Çubuk Elektrodla	Yarma	Kaynak ağzı açma Pah kırma	Düşük karbonlu çelikler, karbon-mangan (yapı) çelikleri, basınçlı kap çelikleri, düşük alaşımlı çelikler, paslanmaz çelikler, dökme demir, nikel esaslı alaşımlar
Plazma Arkı	Yarma	Kaynak ağzı açma Pah kırma	Alüminyum, paslanmaz çelikler

Açıklama: Bütün prosesler kesme amaçlı kullanılabilir. Yarma işleminde önce bazı metallerde ön ısıtma gerekebilir veya gerekmez.

ark kaynak makinası kullanılır, özel havalı karbon pensesine ihtiyaç vardır. Çalışma hızı yüksektir ve oyuk profili kolay kontrol edilir. Dezavantajı, hava jetinin sıvı metali çok uzaklara fırlatması, yüksek akım (2000 A'e kadar) ve yüksek hava basıncına (5-7 psi kadar) ihtiyaç duyulması nedeniyle çok gürültü olmasıdır.

Çalışma Tekniği: Yarma işlemi, karbon elektrotlarının ucunu parça yüzeyine değdirip arkı oluşturmakla başlar. Örtülü elektrotla kaynaktan farklı olarak ark boyunu oluşturmak için elektrotu geri çekmeye gerek yoktur. Elektrotun altındaki sıvı metal, hava jetiyle hemen uzaklaştırılır. Sıvı metalin etkili bir şekilde giderilmesi için hava jetinin ark bölgesine yöneltilmiş olması ve elektrot ucunun alt tarafını süpürmesi gerekir.



Şekil 8. Karbon Elektrotu ile Yanma

Tablo 3. Elle Uygulanan Oksi-Asetilen Aleviyle Yarma İşleminde Çalışma Parametreleri

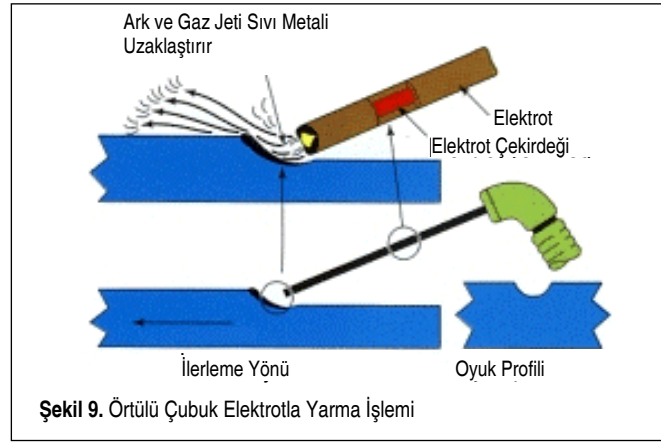
Meme Delik Çapı (mm)	Oyuğun Boyutları		Gaz Basıncı		Gaz Tüketimi			Yarma Hızı (mm/dak)
	Eni (mm)	Derinliği (mm)	Asetilen (Bar)	Oksijen (Bar)	Asetilen (Litre/dak)	Ön Isıtma (Litre/dak)	Oksijen (Litre/dak)	
3	6-8	3-9	0.48	4.2	15	22	62	600
5	8-10	6-12	0.48	5.2	29	31	158	1000
6.5	10-13	10-13	0.55	5.5	36	43	276	1200

Açılan oyuk yüzeyi daha sonra yapılacak tamir kaynağı işlemi için oksitlerden temizlenmiş olmalıdır. Eğer karbon kirlenmesi riski var ise oyuk yüzeyi taşlanmalıdır. Ayrıca yarma işlemi sırasında çatlak riskinin yüksek olduğu düşük alaşımlı yüksek dayançlı çeliklerde karbon elektrotla yardıktan sonra taşlama yapılmalıdır. Elektrotun yüzeyindeki bakır, yarma işlemi sırasında sıvı metale karışır. Eğer sıvı metal oyuğun yüzeyinden tam olarak giderilmemiş ise bakır yüzeyde kalır ve daha sonra kaynak yapıldığında çatlamaya neden olabilir. Bu nedenle, yüzeye yapışmış olan sıvı metaller (oksitler) tamir kaynağı öncesi taşlanarak temizlenmelidir.

Örtülü Çubuk Elektrot ile Yarma

Örtülü elektrotla ark kaynağında olduğu gibi, ark elektrot ile iş parçası arasında meydana gelir. Çubuk elektrotla yarma işleminde kaynaktan farklı olarak güçlü bir ark kuvveti ve gaz jeti oluşturmak amacıyla kalın örtülü kesme ve oluk açma elektrotu kullanılır. Yarma işleminde temiz bir yüzey elde edebilmek için sıvı metal ark bölgesinden hızla uzaklaştırılır. Yalnız dışarıdan bir gaz ya da hava jeti uygulanmadığı için oyuğun yüzeyi, oksijen-asetilen ya da elektrotla yarma işleminde olduğu kadar temiz olmayabilir.

Genel amaçlı uygulamalarda yarma işleminden sonra yüzeyin taşlanmasına gerek yoktur; ancak paslanmaz çeliklerde yüzeyde daha yüksek karbonlu bir tabaka kaldığı için bu tabakanın taşlanarak giderilmesi gerekir.



Şekil 9. Örtülü Çubuk Elektrotla Yarma İşlemi

Çalışma Tekniği: Örtülü elektrot parçaya 75°'lik bir açıyla tutularak ark oluşturulur. Ark oluşturulduğunda elektrot parçaya 15-20° açı yapacak şekilde hemen geri doğru yatırılır. Elektrotun ucu hareket yönünü gösterecek şekilde hafifçe ileri doğru hareket ettirilir. Daha sonra geri çekilerek elektrodun örtüsünden çıkan gaz jetinin ergimiş olan metali uzaklaştırması sağlanır. Elektrot bu şekilde ileri geri hareket ettirilerek yarma işlemine devam edilir.

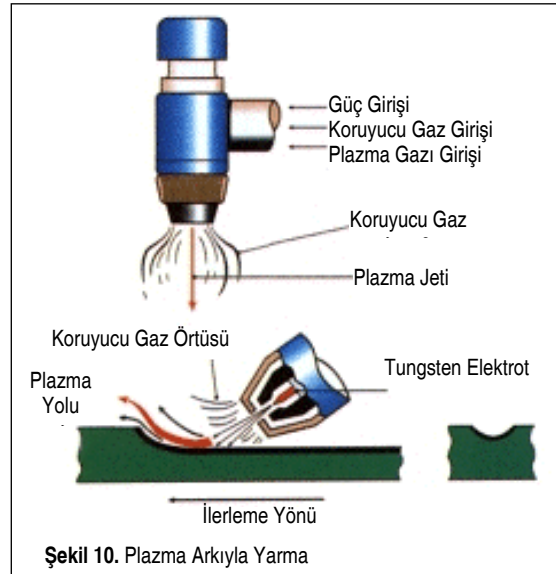
Açılan oyukun derinliğinin ve genişliğinin sabit olması gerekir. Elektrot açısı 20°'nin üzerine çıkarsa, nüfuziyetin artması nedeniyle ergimiş cüruf ve sıvı metal miktarı artar. Nüfuziyetin artması durumunda yarma işleminin kontrolü zorlaşır ve yüzey profili kötüleşir.

Plazma Arkıyla Yarma

Plazma arkıyla yarma, plazma ark proseslerinin bir varyasyonudur. Plazma arkı, tungsten elektrodla parça arasında oluşur. İnce delikli bakır bir nozulla ark daraltılarak yoğun bir plazma elde edilir. Elektrod nozulun gerisinde tutularak, plazma oluşturan gaz diğer gazlardan ayrı tutularak oluşan sıvı metal kanaldan uzaklaştırılır.

Plazma arkının, sıcaklığı ve gücü, akım ve plazma gazının akışının hızı tarafından belirlenir. Bu sayede, oyukun boyu ve şekli hassas bir şekilde kontrol edilebilir. Parça yüzeyindeki hatalar kolayca temizlenebilir. Yarma işlemi sırasında ışığın ve sıcak metalin etkilerinden korunmak için normal önlemler alınır. Diğer yarma proseslerinden farklı olarak, oluşan du-man metal artıkları ve oksit kalıntıları daha uzağa gider.

Makina ve Ekipmanı: Yarma işleminde kullanılacak olan makinanın boşa çalışma voltajının 100 voltun üzerinde olması gerekir. Torç, artı; yapılacak olan hatalı parça eksi kutba bağlanır. Yarma için kullanılan plazma torcu, kesme için kullanılan torç ile aynıdır. Soğutma tipi suyla ya da havaylıdır, tek veya çift gazla çalışacak şekildedir. Argon ya da argon karışımlarından tungsten elektrot kullanılır. Plazma gazı olarak hava kullanıldığında oksidasyona dirençli olması için hafniyum uçlu bakır elektrodlar kullanılmalıdır.



Şekil 10. Plazma Arkıyla Yarma

Çalışma Tekniği: Yarma işlemi sırasında torç, kontrollü bir hızla ileri doğru itilir. Her 200-250 mm'de bir plazma jeti oyukunun derinliğini ya da genişliğini değiştirecek şekilde yeniden ayarlanır veya aynı koşullarda yarmaya devam edilir. Temelde proses parametreleri; akım, gaz debisi ve yarma hızıdır.

Torcun parçaya olan mesafesinin ve parçayla yaptığı açının, ilerleme hızına, oyuk profiline ve yüzey kalitesine önemli bir etkisi vardır. Torçun parçadan uzaklığı normalde 20 mm, parçayla açısı geri doğru yatık konumda 40-45° olmalıdır. Tek pasolu bir yarma sırasında yaklaşık 6 mm derinliğinde bir oyuk elde edilebilir.

Nozulun içine çapak birikmesini önlemek için torcun parçaya olan mesafesinin 12 mm'den az olmaması, 25 mm'den de fazla olmaması gerekir. Aksi halde arkın ve gazların kuvvetleri azaldığı için derinlik azalır. Torcun açısı arttıkça da oyuk derinliği artar, genişliği azalır.

4. SONUÇ

Metallerde en yaygın birleştirme yöntemi olan ergitme kaynağının kalitesini; kaynak hataları, kaynak iç gerilmeleri ve kaynak bölgesinin iç yapısı da belirlemektedir. Kaynak kalitesinin kaynak öncesi ve sonrası işlemler ya da önlemler ile kontrol altına alınması ile kaynaklı çelik yapıların ani kırılma eğilimini azaltmak mümkündür. Her şeyden önce, kaynak bölgesi ve HAZ bölgesinde meydana gelen yüksek sıcaklıkların ardından hızlı soğumalar malzemede önemli sertlikler ve iç gerilmelere neden olur. Bu durum kısmen ısı işlemlerle giderilebilirse de tamamen ortadan kaldırılamaz. Bu nedenle, imalat sırasında ya da imalat sonrası oluşan hataların giderilmesi için tamir kaynağı devreye girer.

Hataların ortaya çıktığı anlaşıldığında; tamir kaynağından sorumlu olan teknik elemanın deneyimlerinin ışığı altında aşağıdaki bilgiler araştırılır:

• Hatalı elemanın kaynak ile tamir edilip edilemeyeceği,

- Hatalı elemanın kaynak ile tamirinden başka kolay, hızlı ve daha ekonomik bir tamir yönteminin bulunup bulunmadığı,
- Hatalı elemanın bulunduğu yerden sökülerek mi yoksa sökülmeden mi kaynak yapılabileceği,
- Hatalı elemanın kaynak yapıldıktan sonra kullanılabilirlik veriminin ve ömrünün ne olacağı sorularına cevap bulunması gerekir. Ancak bu soruların cevapları alındıktan sonra tamir kaynağının süresi ve kalitesi hakkında kesin karara varılabilir. Tamir kaynağında uygulama aşamasına gelinebilmesi için aşağıdaki temel adımları tamamlamak gerekir:
- Hatalı ve aşınmış olan bölge ile ilgili gerekli bilginin sağlanması,
- Tamir kaynağının teknolojik ve ekonomik maliyeti ile hatalı elemanın kaynaktan sonra kullanılabilirliği hakkında tahmin yapılması,
- Yukardan gelen bilgilerden faydalanarak gerekli kaynak proseslerinin tanımlanıp, kaynağın nasıl yapılabileceğinin tespit edilmesi,
- Tespit edilen bilgi ve kaynak parametrelerinin yardımı ile tamir kaynağının teknik elemanlar gözetiminde, deneyimli kaynakçılar tarafından yapılması sağlanmalıdır.

5. ÖNERİLER

- Yarma ve oluk açma işlemine çatlakların bitiminden sonra en az 5 mm daha devam ediniz.
- Çatlak boyu esas malzemenin kenarına kadar uzamış ise ya da kenara olan mesafesi 50 mm'den az kalmış ise yarma ve oluk açma işlemine kenara kadar devam ediniz.
- Tamir kaynağı öncesi oyulan kenara ~30 mm genişliğinde bir girdi çıktı parçası puntalayınız. Çünkü tamir kaynağının başlama bitiş hataları bu parça üzerinde kalacaktır. Tamir işlemlerinden sonra bu parçayı kırıp punta kalıntılarını taşlama taşı ile temizleyiniz.
- Yarma ve oluk açma işleminde keskin köşelerden kaçınınız. Çünkü keskin köşeler ısı işlem ve kaynak esnasında verilen ısı enerjisinin etkisinden dolayı çatlama riskini artırır.
- Yarma ya da oluk açma işleminden sonra, çatlakın ya da hatanın tam olarak uzaklaştırıldığından emin olmak için, manyetik partikül testi ya da sıvı penetrant testi uygulayınız.
- Kaynak ile tamiri hatalı bölgede en fazla iki defa uygulayınız.
- Isı girdisinden dolayı sertleşmeye hassas çeliklerden yapılmış yapı elemanlarındaki kaynak dikişi ağız hazırlığında kaynaklanacak yüzeylerdeki sertleşmenin (çatlak tehlikesi) önüne geçmek için ön tav uygulayınız.

- Karbon elektrot ile yapılan yarma ya da oluk açma işleminden sonra, oyuk yüzeyine sıvanan karbon ve bakır kalıntılarını taşlama taşı ile temizleyiniz.
- Yapı malzemesinin içerdiği mikro alaşım elementleri ve oluşturdukları iç yapı dolayısıyla kaynak sonrası, sıcak ve soğuk çatlak riskinden dolayı ön tav ve pasolar arası sıcaklıklara özen gösteriniz.

KAYNAKÇA

1. Ertürk, İ. 1995. "İleri Kaynak Teknikleri Ders Notları," G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ders Notları, Ankara.
2. Ertürk, İ. 1989. Oksi-Asetilen Kaynağı, T.C. Devlet Bakanlığı Yayını Yayın No: 38, Başbakanlık Basım Evi, Ankara.
3. Ertürk, İ. 2000. "İş Makinalarında Tamir Bakım Kaynağı," İş Makinaları Mühendisleri Birliği, Ankara.
4. Zeybek, M. 2010. "Metal Malzemelerdeki Hataların Tamiri," Basılmamış Seminer Notu, Ankara.
5. Dikicioğlu, A., Vural, M. 1993. "Sert Dolgu Kaynağı ile Tamir Bakım," İTÜ, Makina Fakültesi, İstanbul.
6. Toprakoğlu, B. 1996. "Kaynak Dikişlerinde Rastlanan Hatalar ve Önleme Yolları," Mühendis Makina, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayını, Kaynak Özel Sayısı 436, Ankara.
7. Kaluç, E., Sarı, N., Aytaç, Y. 1996. "WSTE İnce Taneli Yapı Çeliğinin Örtülü Elektrod İle Ark Kaynağında Gerilimleri Azaltma Tavının İTAB Tokluğuna Etkisi," Mühendis ve Makine, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayını, Kaynak Özel Sayısı 440, Ankara.
8. Anık, S., Oğur, A., Vural, M. 1996. Termik Kesme Teknolojisi, Gedik Eğitim Vakfı Yayını, Yayın No: 2, İstanbul.
9. Anık, S., Dikicioğlu, A., Vural, M. 1994. "Kaynaklı Elektrodlerdeki Hatalar ve Kaliteye Etkisi," Metal ve Kaynak Dergisi, sayı 57, İstanbul.
10. Anonim, 1998. "Tamir Kaynakları," ODTÜ, Kaynak Mühendisliği, Ders Notları, Ankara.
11. Anık, S. 1991. Kaynak Tekniği El Kitabı, Gedik Holding Yayını, Gayrettepe, İstanbul.
12. Tülbentçi, K., Kaluç, E. "Kazı Makinalarında Aşınan Parçaların Kaynakla Tamirinin Teknoloji ve Ekonomik Önemi," Kaynak Dünyası, sayı 91 (2).
13. Wirtz, H., Hess, H. 1969. "Schützende Oberflächen durch Schweißen und Metallspritzen," Band 56.
14. Ertürk, İ. 2014. "Kaynaklı Çelik Yapılarda Kalite Sorunları ve Standartlar," Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Sergisi, 21-23 Mayıs 2014, C.B.Ü, Manisa-Türkiye.
15. Özden, N. 1985. Kaynağın Isıl İşlemi, Aliğa/İzmir.
16. Oğuz, B. 1987. Karbonlu ve Alaşımli Çeliklerin Kaynağı, Metalurji-Uygulama, Oerlikon Kaynak Elektrodları A.Ş., İstanbul.
17. Anık, S., Tülbentçi, K., Kaluç, E. 1991. Örtülü Elektrot ile Elektrik Ark Kaynağı, Gedik Holding Yayını, İstanbul.