T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

304 PASLANMAZ ÇELİĞİNİN KAYNAK YOLUYLA St 37 ÇELİĞİ İLE BİRLEŞTİRİLMESİ ve MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Erim Emre BARAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA 2006

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

304 PASLANMAZ ÇELİĞİNİN KAYNAK YOLUYLA St 37 ÇELİĞİ İLE BİRLEŞTİRİLMESİ ve MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ERİM EMRE BARAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez ..... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Emin GULLU (Danışman) Prof.Dr. Ali BAYRAM Prof.Dr. Recep EREN

ÖZET

Bu çalışmada st37 çeliği ile 304 paslanmaz çeliğinin birbirine MAG kaynağıyla birleştirilmesi ve oluşan kaynak dikişinin sıcaklık ve zaman ile değişen mekanik özellikleri incelenmiştir.

İncelemeler sonucu en yüksek kopma mukavemet değeri difüzyon ve Krom – Karbür çökelmesi sebebiyle ısıl işlem uygulanmamış parçada bulunmuş (64,53 DaN/mm^2) en düşük kopma mukavemeti ise 450℃ de 4 saat bekletilmiş parçada elde edilmiştir (44,96 DaN/mm^2). En yüksek sertlik değeri ise 450℃ de 4 saat bekletilmiş parçada elde edilmiştir (547 HV)

Anahtar kelimeler: St37,304 paslanmaz çeliği, uyumsuz metallerin kaynak özellikleri.

ABSTRACT

In this study St37 and 304 steels are welded with MAG welding method. Changing mechanical properties of welded area under high temperatures and time is researched.

According to the results the highest tensile strength value was determined on the piece that was not treated with heat (64,53 DaN/mm^2) and the lowest tensile strength value was determined on the piece that had been kept under 450℃ for 4 hours (44,96 DaN/mm^2). The highest hardness value was determined in the piece that had been kept under 450℃ for 4 hours (547 HV).

Keywords: St37, 304 stainless steel, welding properties of incompatible metals.

İÇİNDEKİLER

ÖZET I

ABSTRACT II

İÇİNDEKİLER III

ŞEKİL DİZİNİ V

TABLO DİZİNİ VI

1 GİRİŞ 1

2 KAYNAK ARAŞTIRMASI 2

2.1 KAYNAK TEKNOLOJİSİNİN ENDÜSTRİYEL GELİŞİM SÜRECİ 2

2.1.1 Ergiyen Elektrot İle (MIG-MAG)Gazaltı Kaynak Yöntemi 29

2.2 PASLANMAZ ÇELİK 37

2.2.1 Özet Tarihçe 37

2.2.2 Sınıflar ve Tipler 38

2.2.3 Intergranüler Korozyon 41

2.2.4 Teoriler ve Çareler 42

3 MATERYAL ve YÖNTEM 44

3.1 Numunelerinin Hazırlanması 44

3.2 Isıl işlemler 45

3.3 Uygulanan deneyler.....46

4 ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA.....47

4.1 Çekme Deneyi Sonuçları.....47

4.2 Serlik Muayenesi Sonuçları.....48

5 SONUÇLAR.....51

6 KAYNAKLAR.....52

7 TEŞEKKÜRLER.....53

8 ÖZGEÇMİŞ.....54

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1 Benardos kaynak yöntemi 5

Şekil 2 Zerener Kaynak Yöntemi.....6

Şekil 3 Slavianof kaynak Yöntemi 7

Şekil 4 Kaynaklı bağlantıda ısıdan etkilenmiş bölgede oluşan ve yapının hasarına yol açan çatlaklara bir örnek 10

Şekil 5 İleri kaynak yöntemlerinin bir çoğunu üzerinde bulunduran uzaymekiği. 18

Şekil 6 Modern bir kaynak robotu.....22

Şekil 7 Sürtünen elemanla birleştirme kaynak yönteminin uygulama prensibi. .26

Şekil 8 Mig Kaynak yönteminde kaynak bölgesi 29

Şekil 9 Mig Mag kaynağı donanım blok şeması 30

Şekil 10 Parçaların kaynak işlemine hazırlanması 44

Şekil 11 Tornalanmış deney numunesi. 45

Şekil 12 Sertlik Muayenesi Yapılan Bölgeler.....46

Şekil 13 Çekme Deneyi Sonuçları Grafiği 48

Şekil 14 Sertlik Muayenesi Uygulanan Bölgeler.....48

TABLO DİZİNİ

Tablo 1 Kaynağın Kronolojisi 28

Tablo 2 Çekme Deneyi Sonuçları 47

Tablo 3 Ortalama Kopma Gerilmeleri.....47

Tablo 4 Sertlik Muayenesi Sonuçları.....49

1 GİRİŞ

Bilindiği üzere ostenitik yapıdaki 304 paslanmaz çeliği hem iyi olan mekanik özellikleri hem de korozyona karşı yüksek direnci açısından gıda ve kimya sanayinde tercih edilen bir malzemedir.

Buna karşılık maliyet açısından ise yapısal çeliklerle karşılaştırıldığında maliyeti oldukça yüksektir. Bunun için sadece korozyona dayanım gerektiren yerlerde kullanılmaktadır.

Kaynak ile birleştirme metodu hem ucuzdur hem de birleştirilen malzemeler arasında boşluk oluşturmaz. Bu sebeple konstrüksüyonlarda tercih edilen bir metottur.

Ostenitik Paslanmaz çeliklerde kaynak ile birleştirme metodunun ilk tercih olmamasının asıl sebebi ısı etkisinde kalan bölgedeki korozyon direncinin kaybolması ve kaynak dikişinin mekanik özelliklerinin zayıf olmasıdır.

2 KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 KAYNAK TEKNOLOJİSİNİN ENDÜSTRİYEL GELİŞİM SÜRECİ

İnsanoğlu, tarih boyunca gereksinim duyduğu araç ve gereçleri yapabilmek için bulduğu malzemelerin biçimlendirilmesi ile uğraşmıştır; bu uğraş günümüzde de devam etmekte ve insanoğlu yaşadıkça da devam edecektir. Taş devrinde sorun, taşların seçilmesi ve yontulmasında; bronz ve demir çağının başlarında ise, bu malzemelerin bulunmasında ve biçimlendirilmesinde idi. Yüzyıllar boyunca metalsel malzemelerin elde edilmesi ve biçimlendirilmesi büyük emek ve masraf gerektirmiştir; örneğin XIII. yüzyılda bir zırhlı şövalyenin donanım ve atına ödenen tutar yaklaşık olarak II. Dünya Savaşı'nda kullanılmış olan bir Centurion tankının maliyetine eşittir (KALUÇ 2004).

Metalleri biçimlendirme diğer bir deyim ile üretim yöntemleri genel olarak işlem prensibi açısından dört ana grup altında toplanabilir.

Metalin ergitilerek bir kalıbın içine dökülüp katılaştırılması; yani döküm teknolojisi, metal malzeme üzerine kuvvet uygulayarak biçimlendirme, plastik biçim verme teknolojisi, blok malzeme üzerinden parçacıklar koparark işleme, talaşlı üretim teknolojisi ve parçaları birleştirerek bir bütün elde etme, mekanik bağlama yöntemleri ile kaynak ve lehimleme teknolojileridir.

Metalleri keşfettikten sonra günlük yaşantısında daha verimli kullanma arzusu duyan insan, bunların ergitilmesi ve birleştirilmesi konularında yoğun bir uğraş ve arayışlar içine girmiştir. Bu çabaların sonucunda da, bugün demirci kaynağı ve gaz ergitme kaynağı olarak adlandırılan kaynak yöntemlerinin ilkel uygulamaları ortaya çıkmıştır(KALUÇ 2004).

İnsanoğlu günümüzden yaklaşık 3500 yıl kadar önce, iki metal parçasını sıcak durumda çekiçleyerek kaynak ederek birleştirmeyi gerçekleştirmiştir (Şekil 1.1). Demirci kaynağının, özellikle orta bronz devrine ait bu tür örneklerine

dünyanın çeşitli müzelerinde rastlanmaktadır. Batılı tarihçiler, demirci kaynağı ile demirin, M.Ö. 1400 yıllarında Ön Asya'da yaygın bir şekilde birleştirildiğini yazmaktadırlar. Mısır Firavunları devrinde yapılmış birçok orijinal metal işleri üzerinde de, bu tür birleşmeler ile lehim bağlantılarının izleri görülmektedir (KALUÇ 2004).

Yüzyıllar öncesine dayanan bu buluşlar, çeşitli medeniyetlerde metalleri birleştirmek ve ergitmek amacı ile kullanılmıştır. Bilim tarihçilerinin incelemelerine göre Eski Mısır, İon ve Roma medeniyetlerinde metalleri ergitebilmek için alkol veya yağ alevi kullanılmıştır. Aslında, alevin ısıl enerjisinden yararlanarak yapılmış lehim birleştirmelerinin tarihi, demirci kaynağından çok daha eskilere dayanmaktadır.

İlk uygarlıklardan kalan eşyalar arasında bulunan altından yapılmış süs eşyaları, mücevherat, bronz vazolar ve kaplar, dini eşyalar, altın ve altın alaşımları kullanılarak lehimle birleştirilmişlerdir. Ortadoğu'da yapılan kazılarda günümüzden 5000 yıl öncesine ait lehimlenmiş vazo ve kaplar bulunmuştur. Bunlardan bir örnek halen "British Museum'da sergilenmektedir ve üzerinde yapılan araştırmalar bunların M.Ö. 3000 yıllarına ait olduğunu ortaya çıkarmıştır. Dünyanın çeşitli müzelerinde bulunan ve M.Ö. devirlerine ait birçok ziynet eşyası üzerinde, ortaçağ şövalyelerinin zırhlarında da lehimleme izleri görülmektedir.

Roma çağında metal işçiliği çok gelişmiştir; bu çağa ait pek çok eser üzerinde de bu tür birleştirmeler görmek olasıdır. Roma medeniyetinde metal işçiliğine çok büyük önem verilmiştir; ateş tanrısı Vulkan aynı zamanda demircilik ve metal işçiliğinin de tanrısı olarak kabul edilmiştir.

Tüm endüstrileşmiş ülkelerde demircinin çekici ile yaptığı kaynak hemen hemen tarihe karışmıştır; örs, antik koleksiyon eşyaları arasına girmiştir; yalnızca kıyıda köşede kalmış demirci atölyelerinde ve yarış hipodromlarının nalbant atölyelerinde görülebilir konuma gelmiştir (KALUÇ 2004).

Kaynak yönteminin endüstriyel uygulamaları ise, 19; yüzyılın ikinci yarısında başlamıştır. Oksijenin endüstriyel çapta eldesi, özellikle tamir işlerinde oksi-asetilen kaynağının yaygınlaşmasını sağlamıştır. Elektrik arkının 18. yüzyılın sonlarında Volta tarafından keşfedilmesine karşın bu enerjinin kaynakta uygulanma alanı için 19. yüzyılın son çeyreğini beklemek gerekmiştir.

Bir yanıcı gaz ile yakıcı bir gazın oluşturduğu alevin ısıl enerjisinden yararlanarak gerçekleştirilen birleştirme tekniğinin daha verimli kullanımı için de 19. yüzyılı beklemek gerekmiştir. Bu yıllarda, çeşitli gazlar deneysel kaynak uygulamalarında kullanılmaya başlanmış ve kıymetli metallerin birleştirilmesi amacı ile, ilk olarak 1847 yılında Robert Hare, oksi-hidrojen alevi ile Platin'i ergitmeyi başarmıştır. 1880'li yıllarda suyun elektrolizi yapılarak, oksijen ve hidrojen eldesi başarılmış ve bu gazların basınç altında tüplere doldurularak dağıtım olanağı bulunmuştur. Araştırmacılar, oksijen-kok gazı ve oksijen- hidrojen alevleri kullanarak laboratuarlardaki çalışmalarını 1800'lerin sonlarına kadar sürdürmüşlerdir.

Bugünün endüstrisinde oksi-asetilen kaynak yöntemi olarak bilinen gaz ergitme kaynağının endüstriyel ölçüde kullanılabilmesi amacı ile de bir dizi buluşun gerçekleşmesini beklemek gerekmiştir.

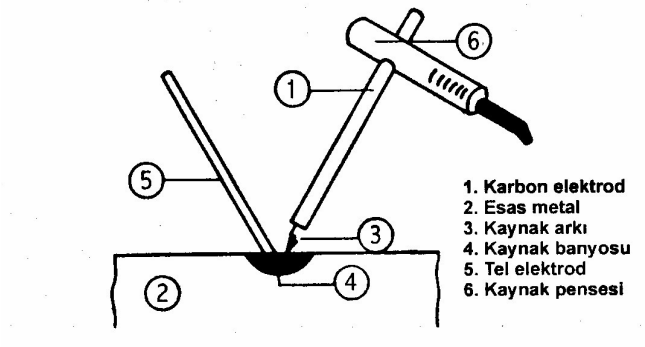
Asetilen gazının ekonomik olarak eldesinin başlangıcı Edmund Davey'in 1836'da asetilen gazını buluşu ile başlar. 1862'de kalsiyum karbürden asetilen eldesi, 1895'de Thomas L. Wilson'un ticari olarak kalsiyum karbürün üretimini gerçekleştirmesi sonucunda aynı yıl Fransız kimyager H. Le Chatelier'nin oksi-asetilen alevini inceleyerek, diğer alevlere göre daha sıcak olduğunu kanıtlaması, bu alevin daha verimli kullanımına olanak sağlamıştır. Bu zaman sürecinde de, St. Claire Deville, oksijen-hidrojen alevi ile 2600°C sıcaklık elde edilebildiğini göstermiştir. Bu gelişmeler sonucunda Edmond Fouche, 1900'de yüksek basınçlı üfleci geliştirdikten sonra ilk enjektör sistemli düşük basınçlı üfleci tasarlayarak üretmiştir(KALUÇ 2004).

1902 yılında Cari von Linde' nin endüstriyel olarak ucuz oksijen üretimini gerçekleştirmesi ile Avrupa'da oksi-asetilen kaynağı yaygın olarak kullanıma girmiştir. 1906'da Eugene Bourbonville, ilk kaynak üflecini Amerika'ya götürmüş ve Yeni Dünya'da oksi-asetilen kaynağı tamir ve bakım işlerinde yaygın bir uygulama alanı bulmuştur. I. Dünya Savaşı yılları oksi-asetilen kaynak yönteminin bir üretim yöntemi olarak kullanılmasında büyük rol oynamış, oksijen ile kesmenin de gerçekleştirilmesi, bu yöntemi günün koşullarında vazgeçilemez bir konuma getirmiştir. Savaş araç ve teçhizatlarının yapımında, makina parçalarının üretiminde yaygınlaşan bu kaynak yöntemi, uygulanmasında bilgi ve beceri gerektirmesinden dolayı yeni bir mesleğin de doğmasına yol açmıştır (KALUÇ 2004).

Günümüzde oksi-asetilen kaynağı bir üretim yönteminden daha çok bir tamir yöntemi olarak geniş bir uygulama alanına sahiptir. Her tür metal ve alaşımının oksi-asetilen alevi ile sert lehimlenebilmesi, kaynak edilebilmesi, tavlanabilmesi, sert dolgu yapılabilmesi ve ayrıca aşınmış yüzeylerin oksi- asetilen alevi ile toz püskürtülerek doldurulabilmesi bu yönteme evrensellik kazandırmıştır.

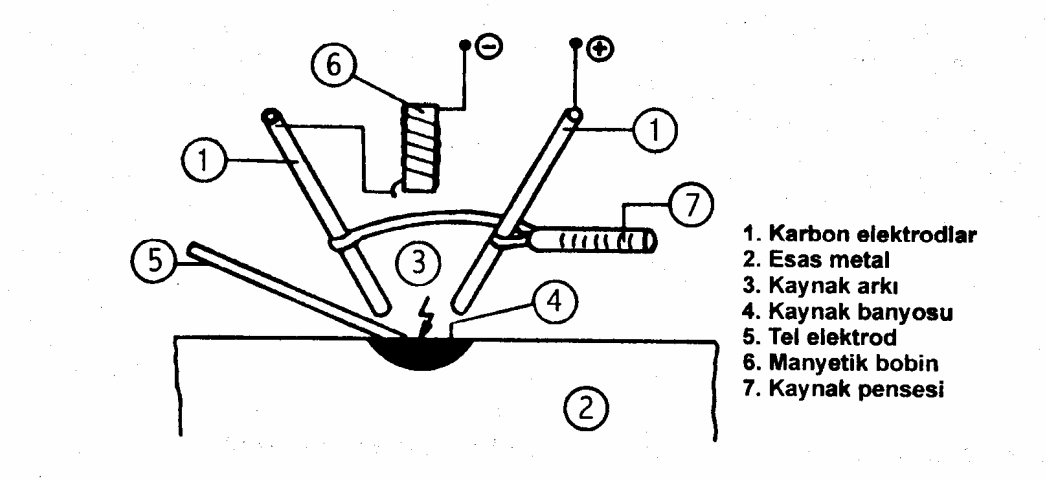
Çelik konstrüksiyon fabrikalarında kullanılan yalın karbonlu ve az alaşımlı kaynaklanabilir çeliklerin oksijen ile kolay ve ekonomik olarak kesilebilmesi olanakları, yöntemi hazırlama, kaynak ağzı açma işlerinde rakipsiz kılmıştır.

Kaynak sonrası çarpılmış parçaların alev ile düzeltilmesi ve alev ile yüzey sertleştirme işleri de oksi-asetilen alevi yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.



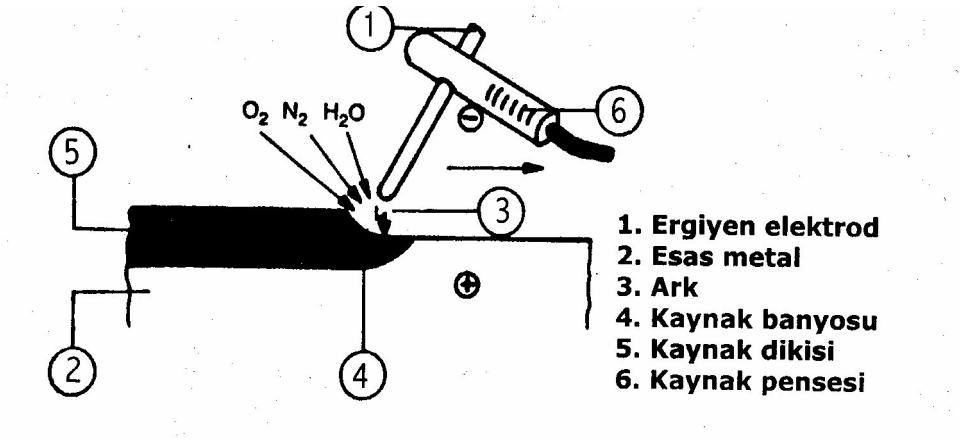
Şekil 1 Benardos kaynak yöntemi(KALUÇ 2004)

El ile yapılan elektrik ark kaynağının tarihçesine göz atıldığında başlangıçta üç ayrı yöntem karşımıza çıkar. Bunların en eskisi Benardos (1885) kaynak yöntemidir (***Şekil 1)***. Benard karbon bir elektrod ile iş parçası arasında ark oluşturmuş ve oksi- asetilen kaynağında oldı gibi bir tel elektrod kullanarak kaynak yapmıştır. Daha sonraları 1889 yılıı Zerener, geliştirdiği yöntemde, elektrik arkını iki karbon elektrod arasında oluşturmuş ve elektrod arasında bulunan manyetik bir bobin yardımı ile de arkın parçaya doğru üflenme sağlamıştır. Bu yöntemde de ayrıca bir kaynak teline gerek vardır (***Şekil.2*)**.



Şekil 2 Zerener Kaynak Yöntemi (KALUÇ 2004)

Yine, 1889 yılında da Slavianoff adlı araştırmacı bugünkü elektrik ark kaynağının özı oluşturan yöntemi geliştirmiştir. Slavianoff yönteminde karbon elektrod yerine, çıplak metal elektrod ile iş parçası arasında ark oluşturulmakta ve ark sıcaklığında ergiyen elektrod, kay ağzını doldurmaktadır (***Şekil 3)***



Şekil 3 Slavianof kaynak Yöntemi (KALUÇ 2004)

Ancak, bu yöntemler ile elde edilen kaynak dikişleri, havadaki oksijen ve azotun olum etkilerinden korunmadığı için, düşük mekanik özeliklere sahip olmaktadır.

Kaynak banyosunu havanın olumsuz etkilerinden korumak; ancak İsveçli Oscar Kjellberg 1904 yılında ilk örtülü elektrodu geliştirmesi sonucunda olanaklı olabilmiştir. Bu büyük buluş kaliteli ve güvenli kaynak bağlantılarının yapılabilmesine olanak sağladığından Birinci Dün Savaşı'ndan sonra, kaynak tekniği, ilerlemesini sağlamlaştırmış ve tamir yöntemi olmanın yanında, üretim aracı haline de gelmiştir. Bu yıllar özellikle, ark ve gaz kaynağının birbirleri diğer birleştirme yöntemleri ile mücadele ettiği yıllardır. Bu iki taraflı mücadeleyi kazanmak çabasından, zamanla işbirliği doğmuştur.

1920'ler, 1930'lar ve 1940'larda örtülü elektrodların ve alternatif akımla yapılan kaynaç geliştirilmesi ile elektrik ark kaynağı zirvesine doğru tırmanmaya başlamıştır

Örtülü elektrodların geliştirilmesi, elektrik ark kaynağının itibarını artırmış ve tüm metallei kaynağı için yeni tekniklerin ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Metallerin elde edilmesinde ve işlenerek biçimlendirilmesinde kazanılan

deneyim, beceri ve bilginin artması, bunların uygulama alanlarını da genişletmiştir. Bunlardan yapılan yapılar ve ürünler sürekli doyurucu bir davranış göstermediği, beklenmeyen ani kırılmaların birçok can ve mal kaybına yol açtığı zaman içinde görülmüştür. Ortaçağ topçularının topu ateşlerken yaptıkları dua, bunun en belirgin örneklerinden birisidir (KALUÇ 2004).

Endüstri devriminin başlarında metal kullanma alanlarının genişlemesi bu ani kırılma olayları dolayısı ile ortaya çıkan kazaların da artmasına yol açmıştır. Özellikle bu yıllarda demiryolları kazaları sonucundaki can ve mal kayıpları kayda değer rakamlara erişmiştir.

Bu kazaların birçoğu tasarım hataları sonucunda ortaya çıkmıştır; ancak deneyimler ve gözlemler, bu kazalardan bir bölümüne malzemede var olan mikroçatlakların zamanla büyüyerek kırılmaya neden olduğunu ortaya çıkarmıştır. Malzeme kalitesinin iyileştirilmesi ve özeliklerinin daha uygun ve hassas bir şekilde saptanması, tasarım yöntemlerinin geliştirilmesi ve çatlak varlığı olasılığının azaltılması bu ani kırılmalar sonucu ortaya çıkan kazaların kabul edilebilir bir düzeye inmesini sağlamıştır.

Sunduğu kolaylık, hız, ekonomiklik ve malzeme tasarrufu dolayısı ile kaynaklı birleştirmelerin geniş çapta kullanılması, kırılmaya eğilimli yeni yapıların ortaya çıkmasına neden olmuştur. II. Dünya Savaşı sırasında inşa edilmiş olan 2500 adet Liberty türü şilepten 145 tanesi ortadan ikiye bölünmüş ve diğer 700 tanesinde de oldukça ciddi hasarlar saptanmıştır Aynı tür kazalar ile yine kaynaklı olarak inşa edilmiş birçok köprü, boru hattı ve akaryakıt tanklarında da karşılaşılmıştır.

Kırılma , katı haldeki bir malzemenin etkiyen gerilmeler altında iki veya daha fazla parçaya ayrılması veya daha kaba biçimiyle parçalanmasıdır. Kırılma gevrek ve sünek olmak üzere iki türde gerçekleşir.

Sünek kırılma, parçanın kırılmadan önce veya çatlağın ilerlemesi sırasında göstermiş olduğu deformasyon ve çatlak ilerleme hızının yavaş olması ile karakterize edilir. Özellikle, yüzeyine yakın bölgelerde fazla miktarda şekil değişimi görülür.

Metallerde gevrek kırılma, çatlağın büyük bir hızla büyümesi ile karakterize edilir; burada büyük bir kalıcı şekil değişimi görülmez, sadece kırık yüzeylerinde mikro seviyede bir değişimine rastlanır. Metalsel malzemelerin gevrek kırılmaya olan eğilimi, azalan sıcaklık, şekil değişimi derecesinin artması, çatlak ve çentik diplerinde üç eksenli gerilme durumunun oluşması, yaşlanma veya ısıl işlem sertleşmesi ile artar (KALUÇ 2004).

Yapılarda, gevrek kırılma ne pahasına olursa olsun önlenmesi gereken bir olaydır, zira hiç bir uyarıda bulunmadan aniden gelir ve tamiri olanaksız olaylara yol açar.

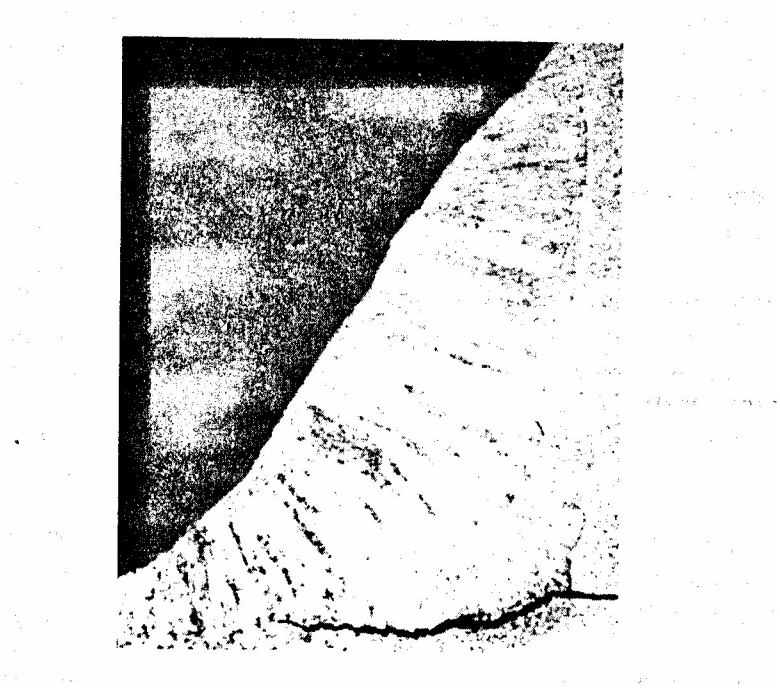
Kırılmalar, genellikle gemiler boş durumda limanda yatarken güneş ışınlarının güverteyi ısıtmaya başladığı saatlerde oluşmuştur. Olayın bir zorlanma veya yüksüzken ortaya çıkmış olması başlangıçta sorunu açıklanamaz duruma sokmuştur. Bunun sonucu olarak başta ABD olmak üzere birçok ülkede bu konuda çalışılmaya başlanmış ve olayın, var olan ufak çatlaklarda gerilme yığılmaları nedeni sonucu ortaya çıktığı anlaşılmıştır.

Gerçekte, bu yapılar oldukça rijit ve çok az bir plastik şekil değiştirme kabiliyetine sahip olduklarından; gemi limanda yatarken güvertesinin güneşte ısınarak genleşmesi, buna karşın su altında kalan kısmın, su sıcaklığının sabit olmasından ötürü aynı kalmasının oluşturduğu gerilmelerin var olan mikroçatlaklar veya kaynak hatalarından doğan çatlakların genişlemesine neden olduğu ve kaynak dikişi boyunca ısıdan etkilenen bölgede, bu çatlakların büyük bir hızla ilerleyerek gemiyi iki parçaya ayırdığı anlaşılmıştır.

Bu araştırmalar sonucunda keskin çentik ve çatlakların ucunda oluşan üç eksenli gerilme durumunun düşük sıcaklıklarda çatlak oluşumunu teşvik ettiği görülmüştür. Özellikle, ferritik-perlitik iç yapılı yapı çeliklerinin belirli bir sıcaklık derecesinin altında gevrek bir biçimde hissedilebilir bir plastik şekil değişimi meydana gelmeden kırıldıkları görülmüştür. Buna karşın aynı tür çelikler, tranzisyon (geçiş) sıcaklığı adı verilen bu sıcaklık derecesinin üstünde oldukça sünek bir davranışa sahiptirler. Bu tranzisyon (geçiş) sıcaklığının seviyesi, çeliğin bileşimine

bağlı olduğu gibi aynı bileşimdeki çelik için uygulanan ısıl işleme göre de değişmektedir kaynak sırasında malzemenin karşı karşıya kaldığı ısıl çevrim bu kritik sıcaklığı oldukça yükseltmektedir.

Kaynaklı yapılarda karşılaşılan kırılma olaylarında, kırılmanın, kaynak bölgesinde özellikle ısıdan; etkilenmiş bölgede (IEB) var olan bir hatadan veya oluşmuş bir çatlaktan başlayarak geliştiği görülmektedir (***Şekil 4***). Kaynaklı yapılarda bu tür kırılmalara olanak vermemek için, kaynak sırasında, ısıdan etkilenen bölgede oluşan olayların iyi bilinmesi, ortaya çıkan yapının mekanik özeliklerinin hassas bir şekilde saptanması ve bunların bir tasarım kriteri olarak gözönüne alınması gereklidir. Bu konuya daha uygun bir çözüm ise, ısıdan etkilenen bölgesinin özelikleri bu tür olaylara neden olmayacak türde malzemelerin geliştirilmesi yolunda çaba sarf etmektir.



Şekil 4 Kaynaklı bağlantıda ısıdan etkilenmiş bölgede oluşan ve yapının hasarına yol açan çatlaklara bir örnek (KALUÇ 2004)

Bilinen kaynak yöntemlerin geliştirilmesi ve yeni yöntemlerin bulunması yolunda yapılan araştırmalar, sarf edilen çabalar sonucu son elli yıl içinde sayılamayacak derecede önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Kaynak konusundaki bu hızlı gelişmeyi savunma ve uzay endüstrisinin istemleri teşvik etmiştir.

Örneğin, iki dünya savaşı arasında kalın sacların, gemi ve tank zırhlarının kaynak edilebilmesi için tozaltı yöntemi geliştirilmiştir. II. Dünya Savaşı sırasında, uçaklarda kullanılan alüminyum-magnezyum alaşımlarının kaynağında karşılaşılan sorunlar TIG yönteminin gelişmesine ve yaygınlaşmasına yardımcı olmuştur.

Kaynak bölgesini bir soy gaz ile koruma fikri 1920'lerin başlarına kadar gitmektedir, o yıllarda örtülü elektrodlardaki büyük gelişmeler, uygulama kolaylığı, çeşitlilik ve yöntemin endüstrinin gereksinimlerini karşılaması, pahalı soy gaz korumalı bu kaynak yönteminin gelişmesini önlemiştir. Bununla beraber bu konuda 1930 yılında Henry M. Hobart ve Philip K. Devvers soy gaz koruman kaynak yönteminin patentini almışlardır. Sonraları, Tungsten Inert Gas kelimelerinin İlk harflerinden oluşmuş TIG kelimesi ile adlandırılan bu gazaltı kaynak yönteminde, kaynak için gerekli ısı enerjisi ergimeyen bir tungsten elektrod ile iş parçası arasında oluşturulan ark tarafından sağlanmakta ve kaynak bölgesi de elektrodu çevreleyen bir nozuldan gönderilen, bir soy gaz (Helyum veya Argon) tarafından korunmaktadır.

1944'te Russell Meredith, magnezyum ve magnezyum alaşımlarının kaynağını yapabilme olanağı veren bir gazaltı kaynak yönteminin patentini almış ve önceleri sadece doğru akım ile kullanılan bu yöntem yüksek frekans dengeleme sisteminin geliştirilmesi sayesinde alternatif akım ile de uygulanabilir duruma gelmiştir. Kaynak için eklenen metal; gerektiğinde, oksi-asetilen yönteminde olduğu gibi, tel çubuk halinde kaynakçı tarafından kaynak bölge sokulmaktadır. Yöntemin, diğer ark kaynak yöntemlerinde görülemeyen en ör üstünlüklerinden bir tanesi de ısı girdisi ve ergiyen ek kaynak metali miktarının birbirleri bağımsız olarak ayarlanabilmesidir (KALUÇ 2004).

TIG kaynak yöntemi çok geniş bir kullanım alanına sahiptir, demir esaslı alaşım kaynağında ve endüstride karşılaşılan demir dışı metal ve alaşımların çok büyük bir bölüm kaynak edilmesinde başarı ile kullanılabilmekte ve tüm kaynak pozisyonlarında sağlıklı son alınabilmektedir. Bu yöntem ince sacların kaynağında çok başarılı sonuçlar vermesinin yanı sıra kalın parçalara da kolaylıkla uygulanabilmektedir.

Ergimeyen tungsten elektrod kullanılması, gerektiğinde yalnız esas metalin ergit birleştirmenin gerçekleştirilebilmesi, ek kaynak metaline olan gereksinimi de ortadan kaldırmaktadır.

Bu yöntemde, kaynak süresince kaynakçı kaynak banyosunu çok iyi bir biçimde gözleyebilmekte, dolayısı ile banyo kontrol altında tutabilmektedir; banyo üzerinde oluşmaması dikişte cüruf kalma tehlikesini ortadan kaldırmaktadır.

Bununla beraber yöntemin uygulamalarını sınırlayan bazı özelikleri de vardır: Bunlar, şu şekilde sıralanabilir:

- Kaynak hızı gerektiği kadar yüksek değildir ve özellikle kalın parçalar durumunda bu önemli bir engel oluşturmaktadır,
- Yöntem özellikle kalın parçalar için ekonomik değildir,
- Kaynakçı bu yöntem için özel olarak yetiştirilmiş olmalıdır.

Başlangıçta sadece korozyona dirençli çeliklerin kaynağında uygulanabilen TIG kaynak yöntemi, endüstriyel her tür metal ve alaşımının kaynak edilebildiği bir yöntem olarak günümüzün en vazgeçilmez tamir ve üretim kaynağı yöntemleri arasında yerini almıştır.

TIG kaynak yöntemi ile her tür endüstriyel malzemede kaliteli kaynak bağlantılar edilebilmesine karşın yöntemin yavaşlığı araştırmacıları benzer sonuçlar veren ama daha hızlı bir yöntemin arayışına yöneltmiştir.

Yapılan araştırmalar sonucu geliştirilmiş ve ilk kez 1948 yılında ABD'de

alüminyum alaşımlarının sonradan da sırası ile yüksek alaşımlı çeliklerin, bakır ve bakır alaşımlarının karbonlu çeliklerin kaynağında uygulanmış olan MIG (Metal Inert Gas) kaynak yöntemin ark, helyum veya argon gibi soy bir gazın koruması altında yanar; bu yöntemi yönteminden farkı, arkın iş parçası ile kaynak metali gereksinimini de karşılamak üzere e bir tel elektrod arasında oluşturulmasıdır(KALUÇ 2004).

Ergiyen elektrod ile gazaltı kaynağı çok geniş bir uygulama alanına sahiptir, çok ince hariç her kalınlıktaki demir esaslı, demir dışı metal ve alaşımların kaynak uygulanabilmektedir. Yatay karakteristikli, diğer bir deyim ile sabit gerilimli I makinalarının geliştirilmesi sonucu ince çaplı kaynak teli ile yüksek akım şiddeti uygulama olanağı, daha dar ısıdan etkilenen bölgesi oluşan ve daha derin nüfuziyetli I bağlantılarının eldesine olanak sağlamıştır.

Bu yöntemin uygulanması çok basittir, operatör hiçbir zorlukla karşılaşmaz; toprak kablosunu iş parçasına bağlayıp, torcun ucundaki tel elektrodu kaynak ağzına değdirmek yeterli olmaktadır, torç önceden belirlenmiş bir debide koruyucu gazı ve ergiyen tel elektrod miktarını karşılamak üzere, sabit hızda tel elektrodu bölgeye göndermekte, sistem uygun ark boyunu, kendisi otomatik olarak ayarlamakta ve sabit tutmaktadır.

Uygulama kolaylığı nedeni ile tüm demir dışı metal ve alaşımlarının kaynağında çok aranılan bir yöntem konumuna gelen MIG yönteminin yalın karbonlu ve az alaşımlı çeliklerde uygulama alanı bulamamasının nedeni soy gazın pahalılığı olmuştur.

Yalın karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin örtülü elektrod ile kaynağında ark bölgesi, örtünün yanması veya ayrışması sonucu ortaya çıkan $C0_2$ tarafından havanın olumsuz etkilerinden korunmaktadır; bu olaydan yola çıkılarak ve koruyucu gaz olarak $C0_2$ 'nin kullanıldığı ilk denemeler iyi sonuç vermemiş, çok fazla sıçrama ve dikişte aşırı gözeneklilik ile karşılaşılmıştır. Araştırmalar bunun nedeninin $C0_2$'in yeterince saf olmaması ve içerdiği nem olduğunu ortaya koymuştur.

1950'li yılların sonlarına doğru özellikle otomotiv endüstrisinde, tam otomatik olarak çalışan, yüksek ergime güçlü, çok hızlı ve sadece yatay pozisyonda çalışabilen, $C0_2$ koruyucu gazlı kaynak makinaları kullanılmaya başlanmıştır; bu yöntemde görülen sadece yatay pozisyonda çalışabilme olanağı ve fazla miktarda sıçrama araştırmacıları bu doğrultuda çalışmalara yöneltmiştir.

$C0_2$ gibi aktif bir koruyucu gaz altında yapılan bu kaynak yöntemine de **M**etal **A**ctive **G**as kelimelerinin baş harflerinden yararlanılarak **MAG** yöntemi adı verilmiştir.

MIG olarak adlandırılan ergiyen elektrod ile soygaz altında kaynak yöntemi, birçok alanda **TIG** yönteminin yerini alarak, işlemin hızlanmasına ve otomatikleşmesine olanak sağlamıştır.

MAG diğer bir deyimle aktif gaz altında ergiyen elektrod ile kaynak, son yıllarda büyük gelişme göstermiş, az alaşımlı çeliklerin kaynağında diğer yöntemlere karşı büyüyen bir rakip konumuna gelmiştir. Özellikle, son yıllarda MAG kaynak yönteminde kullanılan koruyucu gaz karışımları üzerine bir çok bilimsel araştırma yapılmış, alaşımsız ve yüksek alaşımlı çeliklerin kaynağında bu tür koruyucu gazların kaynak dikişinin mekanik özeliklerini artırdığı, kaynak hatalarında gazlardan gelen türlerin en aza indiği, sıçramaların azaldığı, kaynak dikiş profilinin düzeldiği ve nufüziyetin arttığı saptanmıştır.

Günümüzdeki konstrüksiyonlar iş verimi ve güvenliğini artırmaya, boyutları ve ağırlığı küçültmeye, aynı zamanda malzeme ve üretim masraflarını azaltmaya yöneliktir. Buna paralel olarak birleştirme teknolojisi de sürekli bir şekilde yeni problemler ile karşı karşıya kalmaktadır.

Elektronik kumanda sistemlerinin kaynak teknolojisine uygulanması sonucu, özellikle ergitme kaynak yöntemleri olan MIG/MAG ve TIG'de önemli gelişmeler ortaya çıkmıştır. Sinerjik kontrol, PC ile kontrol ve inverter türü kaynak akım üreteçlerinin geliştirilmesi, gerek örtülü elektrod ile ark kaynağı ve gerekse gazaltı kaynak yöntemleri ile kaynakta sıçramaların ortadan kalkmasını sağlamış ve

bu yöntemlerin uygulama alanlarını daha da genişletmiştir.

Dar aralık kaynağı, MIG/MAG yönteminin dikdörtgen veya çok dar ağız açısına sahip V-kaynak ağzı ile kalın kesitli parçaların kaynağında uygulanan bir türü olarak geliştirilmiştir. Burada kök açıklığı 6-10 mm arasında değişir. Bu yöntem zaman zaman kalın kesitli alüminyum parçalar uygulanırsa da genel olarak özel tasarlanmış torçlar ile demir esaslı malzemelere d uygulanmaktadır. Bu yöntemde iki adet ince çaplı tel elektrod yan yana tek ya da iki ayı temas memesinden geçer ve oluşturdukları kaynak banyosu ağzın her iki yan yüzeylerin doğrudur. Su ile soğutulan özel olarak tasarlanmış torç, parçanın yüzeyinden koruyucu ga; göndererek ergimiş kaynak metalinin korunmasını sağlar. Bu yöntemde, yüksek kaynak hızı v genellikle sprey ark kullanılır, bazı özel durumlarda darbeli ark geçişi de kullanılabilir. Yükse kaynak hızı sonucunda az bir ısı girdisi ve oldukça küçük bir ergimiş kaynak metali elde edil ki, bu da kaynağın her pozisyonda yapılabilmesine olanak sağladığı gibi dar bir ısıda etkilenmiş bölge oluşturur. Günümüzde bu yöntem, tozaltı ve darbeli akımlı TIG kayna yöntemleri ile de kullanılmaktadır.

Geliştirilen orbital MIG/MAG (çevresel olarak uygulanabilen otomatik MIG/MAG kaynağı kaynak makinaları yardımı ile büyük çaplı boruların içten ve dıştan kök pasolarının ve dolgu pasolarının gerçekleştirilebilmesi ile ulusal veya uluslararası petrol veya gaz boru hatlarının kısa zamanda inşa edilmesi olanağı doğmuştur, bu şekilde ülkemizdeki boru kayna uygulamalarının büyük bir bölümü kısa zamanda tamamlanmıştır

Alışılmış MIG/MAG kaynağında kaynak teli bileşimi, esas metalin bileşimine uygun bir kayna metali verecek biçimde ayarlanmıştır. Kaynak teli bileşimi, koruyucu gaz olarak karışım gaz veya karbondioksit kullanılması durumunda, ark bölgesinde $C0_2$'in ayrışması sonucu ortaya çıkan oksijenin etkisini ortadan kaldırmak, ergimiş kaynak metalindeki oksitlerin karbon tarafından redüklenmesini önlemek, esas metalden gelen kükürt ve fosforun olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için de birtakım alaşım elementleri içermek zorundadır.

Bu nedenlerden dolayı, bazı metal ve alaşımlarının kaynağı için istem azlığı

bu tellerin üretimi ekonomik kılmamaktadır. Bazı metal ve alaşımlarında ise, sertlik ve gevreklikleri nedeni ile tel haline getirilmeleri teknolojik olarak olanak dışıdır.Örtülü elektrod ve MIG/MAG yöntemlerinin en üstün Özeliklerini bünyesinde toplayan bir yöntem arayışı sonucu 1950'li yılların ortalarına doğru ilk tel biçiminde özlü elektrod ile kaynak gerçekleştirilmiş ve 1960'lı yıllarda bu yöntem önce ABD.'de sonra da Avrupa'da uygulanır konuma geçmiştir. Son yıllarda özlü elektrod ile kaynak çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur ve sahip olduğu üstünlükler nedeni ile de birçok alanda dolu tel ile uygulanan MIG/MAG yöntemi ile rekabete girmiştir(KALUÇ 2004).

Özlü tel ile kaynak yöntemi esas olarak MIG/MAG kaynağında olduğu gibi dolu tel yerine içi öz olarak adlandırılan ve örtülü elektrodların örtüsü görevini gören bir madde ile doldurulmuş boru biçiminde elektrod kullanan bir kaynak yöntemidir. Özlü tel elektrodlar, gazaltı kaynak yöntemleri ile gaz kullanmadan çıplak olarak ve tozaltı yönteminde de kullanılmaktadırlar. Özlü teller Avrupa, ABD ve Japonya'da artan bir oranda kullanımı olan, ülkemizde de üretilerek henüz düşük oranlarda kullanılan kaynak sarf malzemeleridir.

1950'li yıllarda geliştirilen ilginç bir kaynak yöntemi de, patlayıcı maddeler yardımı ile farklı metal levhaların birbirleri ile birleştirilmesi işlemidir. Her ne kadar patlayıcı maddeler yardımı ile şekil verme teknolojisi ile ilgili patentler 1900'lü yıllara kadar uzansa da bu yöntem yeni yeni uygulama alanına girmektedir. Yine aynı yıllarda geliştirilen diğer bir yöntem ultrasonik kaynak yöntemidir. Bugün ultrasonik titreşimler yardımı ile ince metal ve termoplastik folyolar, entegre devrelerinin çıkış telleri kolaylıkla kaynak edilebilmektedir.

Elektrocuruf kaynağı, 1960'dan bu yana ağır parçaların dik pozisyonda kaynağında uygulanan en yaygın yöntemdir. Bu yöntemin ortaya çıkması sonucu daha ince sacların dik pozisyonda kaynağı için yeni bir yönteme gereksinim duyulmuş ve yapılan çalışmalar sonucu elektrocuruf yönteminin uyarlanması ile koruyucu gaz altında özlü elektrodlar kullanarak gerçekleştirilen yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem ile 150 mm kalınlığa kadar olan parçaları dik pozisyonda

hızlı ve emniyetli bir biçimde kaynak yapabilme olanağı doğmuştur.

Kaynak teknolojisinde son yıllarda oldukça yaygınlaşan bir yenilik de sürtünme kaynağıdır. Bununla ilgili ilk patentler 1900'lü yıllarda alınmış olmasına karşın yöntem ilk olarak 1959 yılında Leningrad'da yeni adı ile St.-Petersburg'da çeşitli işletmelerde ve bazı makine bakım tesislerinde uygulanmaya başlanmıştır. Bugün sürtünme kaynağı çeşitli endüstri dallarında çok geniş bir üretici kitlesi tarafından kullanılmaktadır.

Son yıllarda geliştirilen yeni bir kaynak yöntemi de, döner hareketli arklarla yapılan birleştirmelerdir. Bu yöntemde, parçalar çok kısa bir süre içerisinde alın alına kaynak yapılabilmektedir. Yöntemin ileride sürtünme kaynağına rakip olacağı sanılmaktadır.

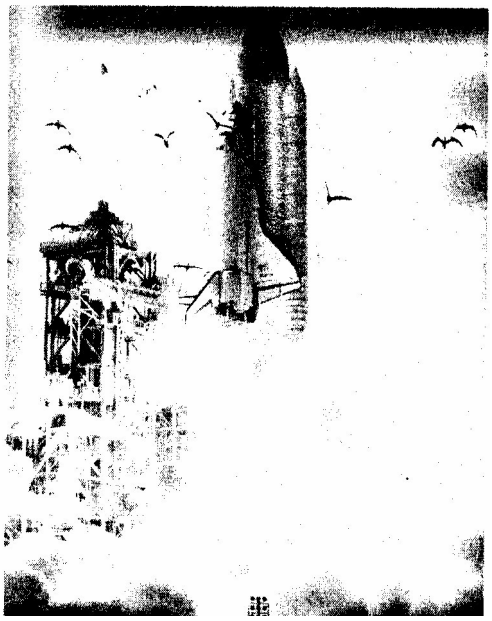
Katı faz bağlantısı olarak bilinen difüzyon kaynağı, son yıllarda ABD'de ve BDT'da (eski SSCB) yapılan uzun araştırmaların konusu olmuştur. Difüzyon kaynağının kullanıldığı başlıca iki önemli yer, nükleer ve uzay endüstrisidir.

Son yıllarda ortaya çıkan ilginç gelişmelerden en önemlisi, elektron ışını ile kaynak metalini tavlamak ve ergitmek fikri olmuştur. Elektron ışını ile metal kaynağını uygulayan ve bunu açık bir şekilde ortaya koyan ilk araştırmacı Fransız Atom Enerjisi Komisyonundan Dr. J. A. Stor olmuştur.

Elektron ışını ile yapılan kaynağın ilk endüstriyel uygulamaları nükleer reaktör, roket ve uçak yapımı gibi, tekniğin yeni açılan alanlarında kendini göstermiştir. Burada kullanılan özel malzemelerin kaynağı, şimdiye kadar alışılmış yöntemler ile doyurucu bir şek yapılamadığından, elektron ışını uygulanmış ve çok iyi sonuçlar alınmıştır. Elektron ışını kaynakta en büyük kısıt, kaynak işleminin vakum altında yapılabilmesidir.

İnsanoğlunun uzayda daha fazla yol alması ve diğer gezegenlerde bilimsel istasyon kurabilmesi için çok gelişmiş birleştirme yöntemlerine gereksinim vardır (Şekil 1.5). Şüphesiz elektron ışını İle kaynak, uzay boşluğunda kullanılacak yöntemlerin başında gelir. Uzayda, uzay gemisinden enerji sağlayarak çalıştırılmak

üzere tasarlanan bir cihaz kullanılarak, yaklaşık 7 mm kalınlığında titanyum ile alüminyum ve diğer metallerin kaynakla birleştirilmesi Sovyet Kozmonot Svetlana Savitzkaya tarafından gerçekleştirilmiştir Lazer teknolojisinin hızlı gelişimi, lazer ışınının kaynakta kullanımı ile, metallerde ve plastik malzemelerde birçok üretim sorununun çözümü için olanaklar doğmuştur. Lazer, elektronik ve elektrik endüstrisindeki ince tel veya sacların kaynağında, ultrasonik kaynak yöntemlerine bir rakip olarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 5 İleri kaynak yöntemlerinin bir çoğunu üzerinde bulunduran uzaymekiği (KALUÇ 2004).

Lazer ışını üretiminde; bir vakum ortamı gerekmediğinden, özellikle seri üretim için üretim' maliyeti, çalışma hızı ve otomatize edilebilmesi bakımından önemli üstünlükler ortaya çıkar bugün geliştirilen 20 kW gücündeki lazer cihazları ile 20 mm ve üzeri kalınlıklardaki sacların kaynağını gerçekleştirmek olanağı bulunmaktadır. Özellikle, sürekli dalgalı $C0_2$ lazeri en çok kullanılan ve geliştirilen türdür.(KALUÇ 1988).

Sacların ve levhaların düz veya çevresel olarak kesilmesi oksijen ya da plazma arkı ile yapılabildiği gibi, lazer ışını ile de rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir. Hatta, lazer ışını ile delik delinebilir, gravür işlenebilir, yiv açılabilir. Lazer ışını ile kesmenin üstünlüğü, alışılmış kesme yöntemlerine karşın, küçük bir kesme genişliği ve dar bir ısıdan etkilenmiş bölgenin elde edilmesidir. Ancak, yöntemin ilk yatırım maliyetinin çok yüksek olması halen otomatik plazma arkı ile kesmenin daha çok tercih edilmekte olduğunu ortaya koymaktadır. Günümüzde, plazma arkı ile kesme özellikle paslanmaz çeliklerin ve oksijenle kesilmesi olanağı olmayan metallerin kesilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, plazma arkı ile kesme gemi ve denizaltıların yapımında kullanılan modern yapı çeliklerinin (ince taneli çelikler veya az alaşımlı yüksek mukavemetli çelikler) kesilmesinde ve kaynak ağızlarının açılmasında da geniş uygulama alanına sahiptir.

İnsanoğlunun yaratıldığından bugüne kadar en büyük uğraşlarından bir tanesi yaşamını sürdürebilmek ve konforunu artırabilmek için alet üretmesi ve onu geliştirme konusundaki çabalarıdır. Şurası oldukça iyi bilinmelidir ki, yeryüzünden köleliğin kalkmasına en büyük etken insancıl düşünceler ve bunun sonucu ortaya çıkmış olan insan hakları beyannamesi değil, teknik gelişmelerdir. Teknik olanakların, işleri kölelerden daha iyi, daha süratli ve daha ucuza gerçekleştirmesi sonucunda, köle kullanmak verimli olmaktan çıkmıştır. İnsanoğlunun yaratıldığından bugüne kadar en büyük uğraşlarından bir tanesi yaşamını sürdürebilmek ve konforunu artırabilmek için alet üretmesi ve onu geliştirme konusundaki çabalarıdır. Şurası oldukça iyi bilinmelidir ki, yeryüzünden köleliğin kalkmasına en büyük etken insancıl düşünceler ve bunun sonucu ortaya çıkmış olan insan hakları beyannamesi değil teknik gelişmelerdir. Teknik olanakların, işleri kölelerden daha iyi, daha süratli ve daha ucuza gerçekleştirmesi sonucunda, köle kullanmak verimli olmaktan çıkmıştır. İnsanoğlu, bugünkü yaşam standardını teknik gelişmelere borçludur ve teknik gelişmeler de insan zekâsının bir ürünüdür. Bergson zekâyı, alet yapan ve onu sonsuz geliştiren yetenek olarak tanımlamaktadır. İnsan kendisini diğer canlılardan ayıran bu yeteneği sayesinde alet geliştirmiş ve bugünkü yaşam düzeyine erişmiştir.

İnsanoğlu, adale gücünü makinalar ve mekanizasyonla genişletmiş, beyin gücünü bilgisayarlarla artırmış, hislerini enstrüman ve ölçü cihazları ile geliştirmiştir. Hız ve iletişim birleşerek günümüzdeki akıl almaz hız ve yaygınlıktaki telekomünikasyon ortaya çıkmıştır(KALUÇ 2004).

Son yıllarda, kaynak tekniği alanında önemli araştırma konularından bir tanesi de kaynak işleminin otomasyonudur.

Günümüzde hızlı nüfus artışının doğal bir sonucu olarak, çeşitli ürünlere olan istem sürekli artmaktadır. Bir yandan pazar rekabet koşullarına ayak uydurabilmek için kaliteyi düşürmeksizin üretimde ekonomik olmak, diğer yandan hızla artan gereksinimlere karşılık verebilmek için üretim miktarlarını artırmak, ancak üretim yöntemlerinde bir optimizasyona ve sonuç olarak ta otomasyona gitmekle gerçekleşebilir. Rijit otomasyon teknikleri, geçmişte döküm, dövme, presleme, kaynak gibi geleneksel üretim yöntemlerinde verimliliği büyük ölçüde artırmıştır.

İnsanların ilk çağlardan bugüne kadar süregelen fantezileri arasında doğaüstü yaratıklara inanmak, mekanik olarak işleyebilen insan heykelleri yapmak ve ilginç yaratıkları hayal ederek onlara hayranlık beslemek gelmektedir. Çok eski çağlarda dahi, ilkel toplumlarda rahipler bir takım mekanik kollar yapmaya çalışmışlardır. Eski Mısır'da halkın din adamları ile birlikte yarı insan yarı hayvan doğaüstü tanrı heykelleri yaptıkları bilinmektedir. Bu heykellerin nefes alıyormuş gibi yontulması ön planda tutulmuştur. Şüphesiz bu fikirlerin altında onların çok ilgi çekici olmaları ve insanları etkilemeleri konusu yatmaktadır. Duman ve alev soluyan tanrısal hayvanlar, insan eliyle şekillendirilmiş ve onlara tapılmıştır. Bu ilginç varlıklara, mekanik olarak işleyen kollara, robotlara ve diğer egzotik yaratıklara inanma alışkanlıkları halen sürmektedir.

Milattan önceki çağlarda, Yunan Medeniyeti'nin parlak dönemlerinde birtakım otomatların geliştirildiği devrin tarihçileri tarafından anlatılmaktadır. M.S. l.yy'a ait ilginç bir örnek Yunanlı Alexandria tarafından yapılmış olduğu belirtilen kanat çırpan ve öten kuş otomattır. Günümüzden yaklaşık 800 yıl önce bir Türk

bilgini olan Cizreli Eb-ÜI-İz'in hidrolik ve mekanik otomatlar geliştirdiği ve bu konuda birçok kitap yazdığı bilinmektedir. Orijinal kitapların bir kısmının halen Batı Üniversitelerinde olduğu ve otomatların günümüzde yapılmış örneklerinin bu üniversitelerin girişinde yer aldığı görülmektedir.

İlk mekanik otomatlar 17. ve 18. yüzyıllarda Avrupa'da tasarlanmış ve bunlar daha sonra kili ve katedrallerde kullanılmıştır. 15. yy' da Venedik'te San Marco meydanında yapılan bir saat kulesindeki iki insan figürü, saat başlarında yerlerinden çıkarak ellerindeki çekiçler ile önlerin bulunan çana vuruyorlardı. 1574 yılında ise Strazburg'da yapılan horoz biçimindeki otomat her gün öğle saatlerinde ortaya çıkıyor, kanat çırpıyor, kuyruğunu kabartıyor ve ötüyordu.

1540 yılında ise Gianello della Torre der Cremona tarafından İmparator V. Charles'a yapıl kız biçimindeki otomat, lavta çalıyor ve bir dairesel yörüngede başını sallayarak yürüyebiliyordu.

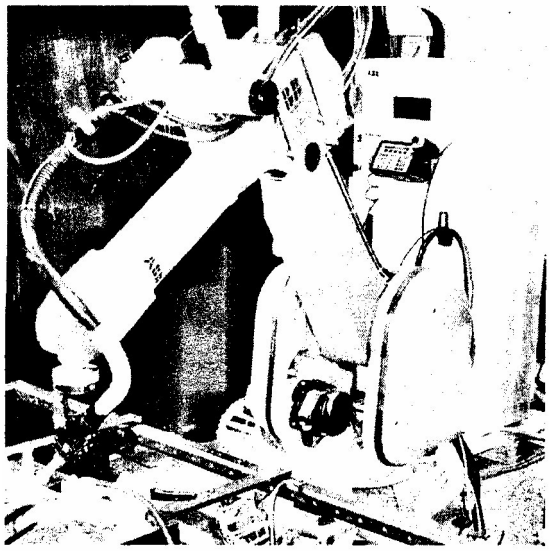
18. yy'da yapılan otomatlara gelince; dönemin ilk otomatı, Fransız bilim adamı Jacques Vaucaso tarafından yapılmış bir ördektir. İkinci bir örnek ise, yapımcısı bilinmeyen, tahrik edildiğinde hırlayan ve pençe atan kaplan biçimindeki otomattır. Levvis A. Rygg' nin mekanik atı ise 1893 yılında geliştirilmiş ancak tasarım aşamasında kalmıştır. Bu atın üzengileri, üzeri binen kişi tarafından pedal olarak kullanılıyor ve bu sırada atın başı ve bacakları hareket ediyordu.

Tüm bu örnekler, günümüzün alışılmış otomatlarının (kurulan arabalar, yürüyen ve ağlayan bebekler,merdiven inip çıkan insanların elini sıkan Honda’ nın , Asimo adlı robotu vb) temelini oluşturur.

Kaynak tekniği, değişik kullanma alanları nedeni ile, amaca uygun birbirinden farklı kaynak yöntemlerine ve bunun sonucu olarak da farklı otomasyon türlerine gerek duymaktadır Kaynakta ekonomikliği sağlamanın yanında, kalite yükselmesini de gerçekleştiren otomatlar, elektroniğin hızlı gelişmesi ile desteklenerek, gerçek anlamda tam otomatik kaynak işlemini gerçekleştirebilen kaynak robotları olarak günümüzde geliştirilmiş ve uygulama alan girmiştir.

Günümüzde iş verimliliğini artırmak, yatırım masraflarını azaltmak, daha fazla üretim yapmanın yanı sıra kaliteyi yükseltmek ve daha insancıl çalışma koşulları sağlamak üzere çok endüstri kolunda hızla kullanıma giren robotların isim babası, oyun yazarı Çek Ke Capek' tir. Çek dilinde Robota kelimesinin anlamı, zor ve ağır iş yapan işçi demektir. 1921 Capek, kısaca R.U.R. olarak adlandırılan "Rossum' un Üniversal Robotları" oyununu yazmış Oyunda, robotlar Rossum adında bir kişi tarafından yaratılarak geliştirilmiş ve onun o tarafından da insanların hizmetinde kullanılmıştır. Gerçek robotların ortaya çıkması ise uzun süren teorik ve endüstriyel çalışmaların sonucunda olmuştur(KALUÇ 2004).

Kaynak işlemlerinde; ekonomikliği sağlamanın yanı sıra, kalitenin yükselmesini de gerçekleştirebilen bu otomatlar, gelişmelerini henüz tam anlamı ile tamamlamamışlarsa da, diğer üretim yöntemlerinde olduğu gibi kaynak tekniğinde de, esnek otomatize edilmiş sistemler, endüstri robotları biçiminde uygulama alanına girmiştir (Şekil 6).



Şekil 6 Modern bir kaynak robotu. (KALUÇ 2004)

Endüstride insanlar için yapması zor, sağlıksız ve yüksek oranda tehlikeli işler için tasarlanmış endüstriyel robotlar, yukarıdaki kullanım alanlarından da anlaşılacağı üzere pek çok işte insanların yerini alarak üretimin artmasına, kalitenin

yükselmesine ve maliyetin düşmesine katkıda bulunmaktadırlar.

İlk olarak 1970 yılında elektrik direnç nokta kaynağı için robotların kullanımından sonra ilk gazaltı kaynak robotlarının kullanımına kadar yaklaşık olarak 10 yıl beklemek gerekmiştir. Bunun nedeni, robotlardan beklenen yüksek hassasiyete, kullanılan yüksek tahrik ile ulaşılamamış olmasıdır. Araştırmacıların, gelişen elektrik ve elektronik teknolojileri ile tamamen elektrik tahrikli robotlar geliştirmeleri üzerine ark kaynak yöntemleri de robotlar tarafından yapılabilir konuma gelmiştir.

Yeni tür malzemelerin de geliştirilmesi kaynak teknolojisinde yeni uygulama alanlarının açılmasına yol açmaktadır, yeni tür malzemelerin kaynak edilebilmesi yeni bazı alışılmış yöntemlerin geliştirilerek uygulamaya alınmasına ya da ileri kaynak yöntemlerinin kullanımına olanak sağlamaktadır. Özellikle, basınçlı kaplarda kesit kalınlığını azaltmak veya aynı kesitte daha yüksek sıcaklıklarda ve basınçlarda çalışabilme olanağı sağlamak amacı ile geliştirilmiş olan ince taneli yapı çelikleri, nükleer reaktörlerin uygulamaya alınması ile çelik araştırmacılarının ilgi odağı durumuna gelmiştir. Son yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda 960 N/mm^2 akma mukavemetine kadar çıkılabilen bu tür çelikler deniz üstü yapılar olarak kullanıma giren petrol platformlarının yapımında, denizaltı petrol ve gaz borularının yapımında, gemi üretim endüstrilerinde kullanılır konuma gelmişlerdir. Normalize edilmiş ince taneli yapı çeliklerinden (Anglo-Sakson literatürde HSLA çelikleri) üretilen ince sacların otomotiv endüstrisinde kullanılabilme olanaklarının araştırılması, bazı türlerinin uygulamaya alınması kaynak metalürjisi ve teknolojisinde de yeni araştırma alanlarının açılmasına yol açmıştır.

Dünyamızdaki doğal enerji kaynaklarının özellikle petrolün ekonomik kullanım gereksinimi, motorlu araç tasarım ve üreticilerinin yakıt tasarrufuna önem vermelerini ön plana çıkarmıştır. Dolayısı ile, araç ağırlığının azaltılması ve bu şekilde yakıt ekonomisi sağlanması bir faktör olarak ele alınmaktadır. Bu amaç ile, araçlarda daha hafif ve daha yüksek mukavemetli ince çelik sacların kullanımı ve bunların çeşitli kaynak yöntemleri ile birleştirilmeleri üzerine araştırmalar yapılmış

ve halen yapılmaktadır. Günümüzde otomotiv endüstrisinde kullanılan sacların birleştirilmesinde en çok elektrik direnç nokta ve MAG kaynak yöntemleri uygulanmakta ve bunlar robotlar tarafından gerçekleştirilmektedir, ince sacların kullanıldığı bu endüstri kolunda lazer kaynağı, kaynak hızı ve noktasal ısı girdisi açısından oluşturduğu az miktardaki çarpılmalar dolayısı ile her iki kaynak yönteminin yerine aday olmaktadır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, lazer kaynaklı ve direnç nokta kaynaklı bağlantıların yorulma mukavemetleri üzerinedir ve bunların sonucunda eşit kaynak hacminde lazer kaynaklı bağlantıların yorulma mukavemetlerinin daha üstün oldukları saptanmıştır. Bugün dünyanın birçok yerinde kaynak teknolojisi endüstriyel taşıt üretimi yapan fabrikaların destekledikleri projelerde ince taneli yüksek mukavemetli çelik sacların lazer ve MAG yöntemleri ile kaynak edilmeleri üzerine çalışmalar sürdürmektedirler(KALUÇ 2004).

Kimya özellikle petro-kimya, gıda, ilaç, uzay, kozmetik endüstrisi ve mutfak cihaz ve ekipmanlarında paslanmaz çelik kullanımı tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de artmaktadır. Diğer tür çeliklere karşın üstün korozyon ve yüksek sıcaklık özelikleri göstermeleri nedeni ile tercih edilen paslanmaz çeliklerin en çok kullanılan türlerinin başında ferritik kromlu ve ostenitik krom- nikelli paslanmaz çelikler gelmektedir. Son yıllarda, bu her iki tür çeliğin metalürjik açıdan iyi yönlerini bir arada bulunduran ferritik ve ostenitik iç yapılı duplex (çift fazlı) paslanmaz çelikler geliştirilmiştir. Zira, ferritik kromlu paslanmaz çelikler gerilmeli korozyon çatlamasına karşı dirençli bir iç yapıya sahip olmalarına karşın kaynak edilmeleri durumunda ısıdan etkilenen bölgede tane irileşmesi ortaya çıkmakta ve bu mikroyapısal oluşum da bağlantının tokluğunu düşürmektedir. Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin son geliştirilen az karbonlu veya dengeleme elementleri (Ti, Nb veya Ta) eklenmiş olanlarının kaynak kabiliyetleri daha iyidir. Ancak, klorürlü ortamlarda ortaya çıkan gerilmeli korozyon çatlamasına dirençleri çok zayıftır (KALUÇ 2004).

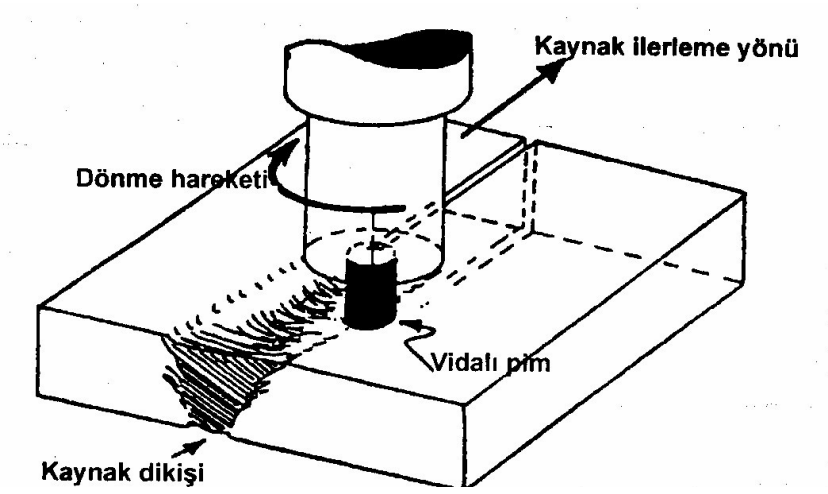
Her iki tür çeliğin iyi yönlerini üzerinde bulunduran çift fazlı paslanmaz

çelikler endüstride çok yaygın olarak kullanıma girmektedirler. Çalışmalar bu türün çeşitli kaynak yöntemleri ile kaynaklanabilirliği üzerinedir. Çift fazlı paslanmaz çeliklerin ark kaynağı için örtülü elektrodlar ve MIG kaynak telleri geliştirilmiştir. Özellikle, MIG yönteminde kullanılan koruyucu gazların kaynak dikişinin mekanik ve korozyon özeliklerini etkilemesi üzerine ve de yeni türler üzerinde kullanılacak tel ve koruyucu gazlar ile ilgili araştırmalar hala sürdürülmektedir.

Paslanmaz çeliklerin her geçen gün yeni türlerinin geliştirilmekte olması kaynak teknolojisinde de yeni araştırmalara yön vermektedir. Özellikle, petrol ve doğal gazın taşındığı uluslararası ve ulusal boru hatlarının yapımında kullanılan çelik borularda korozyona bağlı hasarların oluşması kaynak kabiliyetleri iyi olmayan ancak diğer paslanmaz çeliklere göre daha ucuz olan martenzitik paslanmaz çeliklerin yeni türü olan ve oldukça azaltılmış karbon içeriği sayesinde kolay kaynak edilebilen süpermartenzitik paslanmaz çeliklerin geliştirilmesini sağlamıştır. Bu tür çeliklerin üstün mekanik özelikleri ve korozyon dirençlerinin iyi olması, bunların kaynağı için yeni tür örtülü elektrodların, dolu tellerin, kaynak tozlarının, özlü tellerin bulunmasını ve süpermartenzitik paslanmaz çelik boru üretiminde alışılmış yöntemler dışındaki ileri kaynak yöntemlerinin kullanımını teşvik etmiştir (KALUÇ 2004).

Alüminyum ve alaşımlarının kullanılmasının getirdiği bir dizi üstünlük, bu malzemeden üretilen ince sacların ve profillerin otomobillerde kullanılmasını ön plana çıkarmış, bu uygulamanın ilk ürünü olarak Almanya'da Audi A8 modeli olarak alüminyum karoseriye sahip ilk binek otomobili üretilmiştir. Bu konuda, dünyanın birçok yerinde çalışmalar başlamış, özellikle Amerikan otomobil üreticileri önümüzdeki yıllarda pazara sürebilmeyi amaçladıkları lazer, direnç nokta, yapıştırma+nokta, TIG, MIG kaynaklı yeni modellerin deneme üretimine başlamışlardır (KALUÇ 2004).

Son yıllarda geliştirilen ilginç bir kaynak yöntemi de, sürtünme kaynak yönteminden esinlenilerek İngiliz Kaynak Teknolojisi Enstitüsü'nde 1991 yılında bulunmuş ve patenti alınmış olan dönen ve sürtünen eleman ile birleştirme kaynağıdır (Şekil 7). Yöntemin ülkemizde kullanılan diğer adı sürtünme karıştırma kaynağıdır. Bu yöntemin diğer ergitme esaslı kaynak yöntemlerinden en büyük farkı; kaynak edilen parçaların kaynak sırasında ergimemeleri, yani katı fazda bulunmalarıdır. Sistemde, ucunda vida profili açılmış küçük bir pim olan döner bir takım kullanılır ve kaynak işlemine başlamadan önce kaynak edilecek parçaların, düz bir tabla üzerine sıkıca bağlanması ön koşuldur, bu amaçla oldukça kuvvetli bağlama elemanları kullanılmalıdır. Döner takım yavaş yavaş bu iki parçanın birbirine temas ettiği bağlantı hattının başlangıç noktasına getirilir. Ancak uygulamada iki yöntem vardır; birincisinde tabla, yani birleştirilecek alüminyum saclar doğrusal hareket yapar, ikincisinde ise saclar sabit olup takım hem döner hem de ilerler.



Şekil 7 Sürtünen elemanla birleştirme kaynak yönteminin uygulama prensibi. (KALUÇ 2004)

Takım ucundaki pimin uzunluğu istenen kaynak nüfuziyetine ayarlanmış olup döner pim kaynak edilecek yüzeye temas ettiğinde sürtünmeden dolayı temas noktasında sıcaklık hızla yükselir ve böylece, ısınan malzemelerin mekanik şekil değiştirme kabiliyeti artar. Dönen pim çevresinde ve takımın parça yüzeylerine sürtünen tabanında oluşan ısı, bölgenin plastik şekil değişimini sağlar, şekil

değiştiren kütle, pimin dönme hareketinden etkilenerek pimin önünden arkasına doğru itilir; dolayısı ile iki parça malzemesi birbirine karışarak birleşmiş olur. Takım diğer uçtan çıktığında kaynak işlemi sona erer. Bu olayların tümü alaşımın ergime noktasından düşük sıcaklıklarda oluşur(KALUÇ 2004).

Yöntem, özellikle alüminyum tekne yapımında, yolcu uçağı yapımında, savunma amaçlı taşıt aracı yapan endüstri kollarında ve de alüminyum ve alüminyum alaşımlarının yaygın olarak kullanıldığı birçok diğer endüstri kolunda artan bir oranda kullanılmaktadır. Ülkemizde de, bu yöntem üzerine akademik araştırmalar ve endüstriyel kullanımı üzerine çalışmalar yapılarak başarılı sonuçlar alınmaktadır.

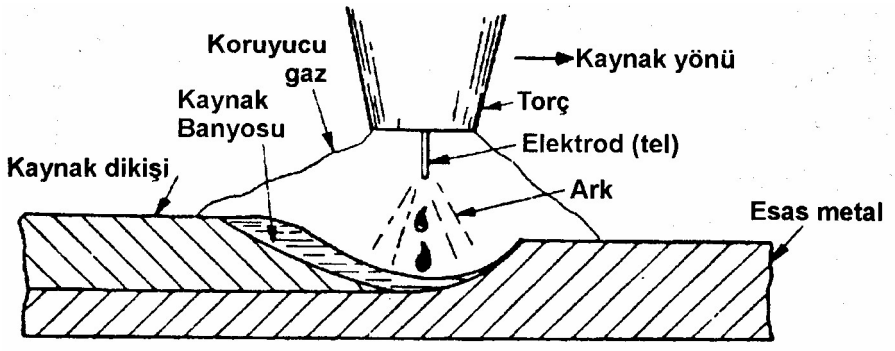
Tablo 1 Kaynağın Kronolojisi

MÖ 3500-MÖ. 1000	Lehimleme ve demirci kaynağı
1890	• Karbon elektrod ile ark kaynağı • Elektrik direnç kaynağı • Tel elektrod ile kaynak • Ergiyen elektrod ile kaynak
1900	• Havanın sıvılaştırılması • Asetilenin aseton içinde çözündürülmesi • İlk kaynak üfleci (oksi-asetilen kaynağı)
1910	• Örtülü elektrot ile ark kaynağı
1920	• Oksijenle kesme
1930	• Tozaltı kaynağı
1940	• Soğuk basınç kaynağı • Sürtünme kaynağı • Ultrasonik kaynak
1950	• Plazma arkıyla kesme • Elektron ışın kaynağı • Difüzyon Kaynağı
1960	• Plazma ark kaynağı
1970	• Lazer kaynağı • Kaynak metotlarının mekanizasyonu ve otomasyonu • Kaynak robotları
1980	• Kaynak robotlarının yaygınlaşması
1990	• Özel kaynak yöntemlerinin geliştirilmesi • Sürtünen elemanla birleştirme kaynağı • Manyetik alanla birleştirme kaynağı
2000	• Hibrid kaynak yöntemlerinin geliştirilmesi (Lazer MIG/MAG, Lazer TIG, TIG Plazma ark)

.(KALUÇ 2004)

2.1.1 Ergiyen Elektrot İle (MIG-MAG)Gazaltı Kaynak Yöntemi

Yapılan araştırmalar sonucu geliştirilmiş ve ilk kez 1948 yılında ABD'de alüminyum ve alaşımlarının, sonra da sırası ile yüksek alaşımlı çeliklerin, bakır ve alaşımlarının, karbonlu çeliklerin kaynağında uygulanmış olan MIG (Metal Inert Gas) kaynak yönteminde de ark, helyum ve argon gibi soy bir gazın koruması altında yanar; bu yöntemin TIG yönteminden farkı, arkın iş parçası ile kaynak metali gereksinimini de karşılayan sürekli beslenen erg iyen bir elektrot arasında oluşturulmasıdır. .(KALUÇ 2004)



Şekil 8 Mig Kaynak yönteminde kaynak bölgesi(KALUÇ 2004)

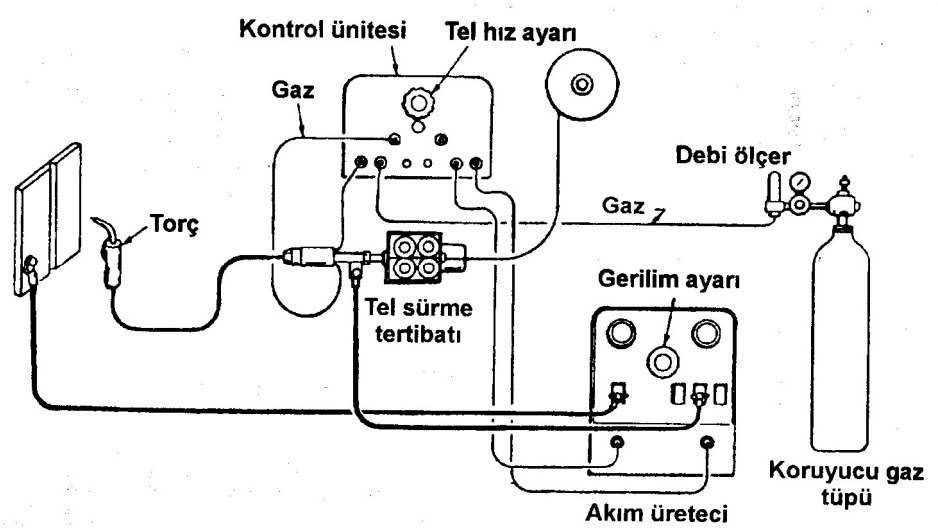
Ergiyen elektrot ile gazaltı kaynağı çok geniş bir uygulama alanına sahiptir, çok ince levhalar hariç, her kalınlıktaki demir esaslı ve demir dışı metal ve alaşımların kaynağında uygulanabilmektedir. Yatay karakteristikli, diğer bir deyim ile sabit gerilimli kaynak makinalarının gelişmesi sonucu ince çaplı kaynak teli ile yüksek akım şiddeti uygulama olanağı, ısıdan etkilenen bölgesi (IEB) daha dar ve daha derin nüfuziyetli kaynak bağlantılarının eldesine olanak sağlamıştır(KALUÇ 2004).

Bu yöntemin uygulanması çok basittir, operatör hiçbir zorlukla karşılaşmaz; toprak kablosunu iş parçasına bağlayıp, torcun ucundaki tel elektrodu kaynak ağzına değdirmek yeterli gelmektedir, torç önceden belirlenmiş bir debide koruyucu gazı ve ergiyen elektrot miktarını karşılamak

üzere, sabit hızda tel elektrodu bölgeye göndermekte, sistem uygun ark boyunu, kendisi otomatik olarak ayarlamakta ve sabit tutmaktadır.

Uygulama kolaylığı nedeni ile tüm demir dışı metal ve alaşımlarının kaynağında çok popüler ve aranılan bir yöntem haline gelen MIG yönteminin başlangıçta yalın karbonlu ve az alaşımlı çeliklerde uygulama alanı bulamamasının nedeni soygazın pahalılığı olmuştur.

Bilindiği gibi, yalın karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin örtülü elektrot ile kaynağında ark bölgesi, örtünün yanması veya ayrışması sonucu ortaya çıkan $C0_2$ tarafından havanın olumsuz etkilerinden korunmaktadır; bu olaydan hareket edilerek $C0_2$ 'nin koruyucu gaz olarak . kullanıldığı ilk denemeler iyi sonuç vermemiş, çok fazla sıçrantı ve dikişte aşırı gözeneklilik ile karşılaşılmıştır. Araştırmalar bunun nedeninin $C0_2$'nin safiyetsizliği ve içerdiği rutubet olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 9 Mig Mag kaynağı donanım blok şeması (KALUÇ 2004)

1950'li yılların sonlarına doğru özellikle otomobil endüstrisinde, tam otomatik olarak çalışan, yüksek ergime güçlü, çok hızlı ve sadece yatay pozisyonda çalışabilen, $C0_2$ koruyucu gazlı kaynak makineleri kullanılmaya başlanmıştır; bu yöntemde görülen sadece yatay pozisyonda çalışabilme

olanağı ve fazla miktarda sıçrama oluşması araştırmacıları bu doğrultuda çalışmalara "yöneltmiştir.

$C0_2$ gibi aktif bir koruyucu gaz altında yapılan bu kaynak yöntemine de Metal Active Gas kelimelerinin baş harflerinden yararlanılarak MAG yöntemi adı verilmiştir.

Kısa devre halinde, akımı sınırlayan frekanslı akım üreteçleri geliştirilerek, kısa ark boyu ile çalışılarak sıçrantılar minimuma indirgenmiştir; diğer önemli bir gelişme sonucunda da ince çaplı elektrot kullanabilme olanağı sağlanmış ve bu şekilde, her ne kadar elektrodun akım yoğunluğu artırılmış ise de, arkın oluşturduğu ısı girdisi azalmıştır. Akım yoğunluğunun artması, arkı yoğun ve istenilen yöne kontrollü olarak doğrultulabilir duruma getirmiş ve dolayısı ile de her pozisyonda kaynak yapılabilen bu yöntemde önceleri sadece $C0_2$ kullanılmıştır (ERYÜREK1998).

Günümüzde gereken durumlarda, arkı yumuşatmak, sıçrantıları azaltmak için $C0_2$'e argon karıştırılıp kullanılmaktadır; karışım oranı %85 ve hatta daha yukarı miktarlarda argona kadar çıkmaktadır. Bu yöntemde bir üçüncü gelişme de çeşitli bileşimlerdeki koruyucu gazlar ile sprey ark geçişi yönteminin bulunmasıdır. Argon içine çok az miktarda oksijen eklenerek çeliklerin kaynağında bu yöntemin uygulanması sonucu, daha kalın çaplı elektrotlar ile her pozisyonda çalışabilme olanağı sağlanmış ve çok daha düzgün görünüşlü kaynak dikişleri elde edilebilmiştir.

Son yıllarda geliştirilen, darbeli akım yönteminde, kaynak akımı, ayarlanan frekansta bir alt ve bir üst değer arasında değiştirilerek iş parçasına aktarılan ısı girdisi minimumda tutularak, özellikle ince parçalarda çarpılma azaltılmıştır. Yine son yılların önemli gelişmelerinden bir tanesi de inverter tür kaynak makinelerinin uygulama alanına girmesidir; bu tür akım üreteçleri ile gerçekleştirilen kaynak işlemlerinde saf CO2 kullanılması durumunda dahi sıçrantılar tamamen ortadan kalkmıştır (ERYÜREK 1998).

Bu yöntemin yaygınlaşmasını, her tür metal ve alaşımına uygulanmasını sınırlayan önemli engellerden bir tanesi de esas metalin bileşimine uygun kaynak teli üretimi olmuştur; zira bazı tür alaşımları kaynak teli haline getirip makaralara sarmak teknolojik olarak olanaklı olamamış ve de diğer bazı türlerinde tüketiminin sınırlı oluşu tel üretimini ekonomik olmaktan çıkarmıştır. Bu önemli engeli aşabilmek amacı ile, günümüzde özlü tel elektrotlar geliştirilmiş ve bunlar yaygın bir uygulama alanına sahip olmuşlardır. İnce tel kalınlığında fakat boru biçiminde üretilmiş olan bu sürekli tel elektrodlarda, borunun içine alaşımlanmayı sağlayan metal tozları ile gerek arkın kararlılığını ve gerekse kaynak metalinin dezoksidasyonu sağlayan ve de sıçramaları azaltan ve hatta gerektiğinde yanarak koruyucu gazı da kendi oluşturan cüruf yapıcı maddeler konmuştur. Bu yeni buluş, bu kaynak yöntemini endüstrinin en önemli yöntemlerinden biri konumuna getirmiş ve yaygınlaşmasına olanak sağlamıştır.

MIG-MAG yönteminin diğer ark kaynak yöntemlerine göre çok önemli üstünlükleri vardır ve bu üstünlükler sayesinde endüstride bugünkü yaygın uygulama alanlarına sahip olmuştur. Bu üstünlükler şu şekilde sıralanabilir:

• Ergiyen elektrot ile ark kaynağı yöntemleri arasında, MIG-MAG yöntemi endüstriyel öneme sahip, demir esaslı ve demir dışı tüm metal ve alaşımlara aynı etkinlik ile uygulanabilen tek kaynak yöntemidir.

• Yarı otomatik çalışma sırasında kaynak operatörü, sadece torç açılarına dikkat etmek ve ilerleme hızını ayarlamakla sorumludur. Kaynak donanımının ayarı basittir ve tüm kontroller bizzat donanım tarafından gerçekleştirilmektedir. Operatörün özel ve uzun süren bir eğitimden geçmesi gerekmemektedir; diğer ark kaynak yöntemlerinden herhangi birisi için yetiştirilmiş kaynakçılar birkaç saatlik bir eğitim sonucu bu yöntemi kolaylıkla uygulayabilirler.

• Kaynak işlemi her pozisyonda rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir; bu konuda yöntem en önemli rakibi olan tozaltı

kaynak yöntemine göre büyük bir üstünlüğe sahiptir; ayrıca kaynak işleminde sadece az miktarda sıçrantı oluşumu ve cüruf oluşmaması kaynak sonrası temizleme işlemlerini kolaylaştırmaktadır.

• Kaynak telinin kaynak bölgesine sürekli olarak sürülmesi, elektrot değişimi için duraklamaları ortadan kaldırmakta ve çok uzun kaynak dikişleri ara vermeden yapılabilmektedir. Bu konu, hem elektrot değiştirmek için harcanan ölü zamanı ortadan kaldırmakta hem de her dikişin başlangıç ve sonunda oldukça sık karşılaşılan gözenek, cüruf kalıntısı, soğuk kaynak ve krater çatlağı gibi kaynak hatalarının oluşmasına olanak vermemektedir.

• Elektrot telinin otomatik olarak sistem tarafından kaynak bölgesine sürülmesi ve daha yüksek akım yoğunluklarında çalışılması gerek kaynak hızının yükselmesine ve gerekse birim zamanda yığılan kaynak metali miktarının örtülü elektrot ve TIG kaynak yöntemlerinden çok daha fazla olmasına olanak sağlamaktadır.

• Sprey ark ile metal taşınımı durumunda daha derin dikiş nüfuziyeti elde edilmekte ve daha az kaynak metali harcanması esas metal ile eş mukavemetli iç köşe kaynak bağlantıları elde edilmektedir. Kullanılan tel elektrot çapının diğer yöntemlere göre daha ince oluşu daha dar bir kök aralığı bırakılmasına ve daha dar bir kaynak ağzı içinde kaynak yapılmasına olanak vermektedir ve bu olayda aynı kalınlıkta bir parçanın kaynak edilmesinde daha az tel elektrot tüketimine neden olduğundan bağlantının maliyetinde önemli bir düşüş sağlanmaktadır.

• Elektrot fiyatları karşılaştırıldığında, örtülü elektrot ve tel elektrot arasındaki fiyat farkı piyasanın koşullarına göre değişmekte ise de çok büyük farklar göstermemektedir, ama buna karşın örtülü elektrotlarda koçan kaybı ortalama %17 ve örtünün yanma ve sıçrantı kaybı da %27'ye kadar yükselmektedir. Bu hesaba göre 1 kg örtülü elektrot 0.560 kg kaynak metali vermekte; buna karşın 1 kg tel elektrot ile 0.950 kg kaynak metali elde edilebilmektedir.

Tüm bu üstünlüklerinin yanı sıra MIG-MAG yönteminin uygulama alanlarını sınırlayan birtakım özelikleri de vardır, bunlar şu şekilde sıralanabilir:

• Kaynak donanımı daha karışık bir yapıdadır, dolayısı ile daha pahalıdır ve daha etkin bir bakım gerektirir. Kaynak donanımı örtülü elektrot ile ark kaynağı donanımına göre daha zor taşınabilir bir yapıdadır; torç hortum paketinin uzunluğu esas donanım ile kaynak yapılan nokta arasındaki uzaklığı sınırlamaktadır. Son yıllarda bir takım özel tertibat/ar ile bu uzaklık artırılmaya çalışılmaktadır.

• Kaynak bölgesi torcun ucundaki gaz nozulundan çıkan koruyucu gaz tarafından korunmaktadır, bu gaz akımı ortamın rüzgârlı olması durumunda gerekli korumayı yapamamakta ve bu da yöntemin şantiyelerde ve açık havada yapılan işlerde uygulanmasını kısıtlamaktadır.

• MIG-MAG yönteminde torç, örtülü elektrot ile ark kaynağında kullanılan elektrot pensesine göre daha büyük, kullanım açısından daha az esnektir; dar ve zor erişilen yerlerin kaynağında zorluk göstermektedir.

Kaynak edilen metalin türü, elektrodun kimyasal bileşimini ve kullanılacak koruyucu gazın türünün seçimini belirler. Koruyucu gazın türü, tel elektrodun bileşimi ve çapı, kaynak akımının şiddetini, gerilimini ve kaynak işlemi sırasında ark içinde ergimiş metalin elektrottan kaynak banyosuna taşınım türünü belirler. Endüstride kullanılan başlıca metal ve alaşımları, her pozisyonda uygun elektrot ve koruyucu gaz seçimi ve kaynak parametrelerinin iyi ayarlanması koşulu ile MIG-MAG yöntemi ile kolaylıkla kaynak edilebilmektedir.

Endüstrileşmiş ülkelerde günümüzün en popüler yarı otomatik kaynak yöntemi olan MIG-MAG yöntemi, son yıllarda ülkemizde de hızla yayılmıştır; gerek MIG-MAG kaynak makinesi ve gerekse de tel elektrot üretimindeki hızlı artış bunun en önemli göstergesidir.

2.1.1.1 MIG-MAG Kaynak Donanımı

Her kaynak yönteminde olduğu gibi bu kaynak yöntemini de uygulayabilmek için özel bir kaynak donanımına gereksinim vardır. MIG-MAG kaynak donanımı, örtülü elektrot ile yapılan ark kaynak donanımı ile karşılaştırıldığında bir parça daha karmaşık görünmesine karşın aslında sistem olarak bir tozaltı kaynak donanımından daha basittir. Bir MIG-MAG kaynak donanımı aşağıda sıralanan kısımlardan oluşur:

- Kaynak tabancası olarak da adlandırılan bir kaynak torcu.
- Tel biçiminde elektrot ve kılavuzunu, kaynak akım ve şalter kablolarını, gaz hortumunu, gerektiğinde soğutma suyu giriş ve çıkış hortumlarını bir arada tutan metal spiral takviyeli hortum; torç bağlantı paketi.
- Tel biçimindeki elektrotun ilerlemesini sağlayan tel sürme tertibatı.
- Kumanda ve kontrol donanımı.
- Kaynak akım üreteci.
- Koruyucu gaz donanımı.
- Sulu soğutma sistemi
- Mekanize ve otomatik kaynak için yardımcı donanımlar.

(ERYÜERK 1998)

2.1.1.2 Kaynak Torçları

MIG-MAG kaynağında tel elektroda akımın yüklenmesi ve kaynak bölgesine iletilmesi, ark bölgesine koruyucu gazın gönderilmesi torcun görevidir. Kaynak işleminde kullanılan akımın şiddetine ve kaynak

yönteminin otomatik veya yarı - otomatik uygulanmasına göre çeşitli tür ve büyüklüklerde torçlar geliştirilmiştir. Ark sıcaklığından etkilenen torcun sürekli olarak soğutulması gereklidir; düşük akım şiddetlerinde yapılan çalışmalarda koruyucu gaz akımı, gerekli soğutmayı yapabilmektedir. Büyük çaplı elektrotlar, yani yüksek akım şiddetlerinin kullanılması durumunda ise (I> 250A) su ile soğutma sistemi gerekmektedir. Su ile soğutma, doğal olarak düşük akım şiddetlerinde de daha iyi bir soğutma sağlarsa da, uygulamada torçta sızdırmazlığın sağlanması için kullanılan contaların bakımı külfetli olduğundan ve torç ağırlaştığından tercih edilmez (ERYÜYREK 1998).

Arkın çok yakınında bulunması nedeni ile özellikle, yarı otomatik yöntemlerde operatörün sıcaklıktan olabildiği kadar az etkilenmesi için çeşitli biçimlerde torçlar geliştirilmiş ise de, günümüzde en yaygın olarak kullanılanı, oksi- asetilen üflecini andıran biçimde bükülmüş olan kuğu boynu diye adlandırılan türüdür; bu tür torçlar erişilmesi zor bölgelerdeki kaynak dikişleri ile zor pozisyonlardaki kaynak dikişlerinin yapımında kaynakçıya büyük kolaylık sağlar ve son derecede ergonomiktirler. Buna karşın, otomatik veya mekanize kaynak işlemleri ile alüminyum ve alaşımlarının kaynağında düz torçlar tel elektrotun spiral içinde itilerek kolayca sürülebilmesi için düz boyunlu torçlar tercih edilirler. Spiral kılavuz içinde ilerlemesi çok zor alaşımlardan yapılmış tel elektrotlar için tabanca biçiminde, üzerinde tel ilerletme tertibatı ve ufak bir tel kangalı bulunan torçlar da üretilmektedir.

2.2 *PASLANMAZ ÇELİK*

2.2.1 Özet Tarihçe

J.Stodart ve M.Faraday İngiltere'de hazırladıkları demir alaşımlarının korozyon dayanımları ile ilgili 1820 tarihli bir rapor yayınlamışlardır. Krom-demir alaşımlarının ilk bahsedildiği yer bu rapordur. Maksimum krom içeriği pasiflik için gerekenden azdı ve paslanmaz çeliği keşfedemediler. 1821 de Fransa'da Berthier bu çalışmadan yola çıkarak krom ile alaşımlanmış demirin alaşımlanmamış demire göre asitlere daha dayanıklı olduğunu buldu. Alaşımları bugün demir krom (%40-80 Cr) olarak adlandırılan karışık oksitlerin direkt redüksiyonu ile elde edilmiştir. Alaşımları kırılgan, yüksek oranda karbon içeren ve yapısal materyal olarak hiçbir değere sahip olmayan alaşımlardı. Berthier demir kromu bileşen olarak kullanarak bazı çelikler üretti, fakat krom içeriği paslanmaz çeliğin pasif özelliklerini karşılayamayacak kadar düşüktü (ZAPFFE 1949).

Diğerleri tarafından farklı krom-demir alaşımları denenmiş olsa da, korozyon dayanımını zayıflatan yüksek karbon içeriği nedeniyle asıl korozyon dayanımı elde edilememiştir. Sadece 1904 yılında Guillet düşük karbon oranlı krom alaşımı üretti. Cr-Fe alaşımlarının metalürjik ve mekanik özellikleri üzerinde ve aynı zamanda da bugün östenik paslanmaz çelik olarak adlandırılan Cr-Fe-Ni alaşımları üzerinde çalıştı. Fakat minimum %12 Cr olan alaşımların pasiflik özelliği ilk olarak Monnartz tarafından 1908'de Almanya'da tanımlanmıştır ve 1911'de Cr-Fe alaşımlarının kimyasal özellikleri ile ilgili detaylı bir yayın yapmıştır. Bu araştırmalar korozyon dayanımını azaltan ortamlar ile karşılaştırmalı olarak oksidasyonun faydalı etkilerini, düşük karbon içeriği ve düşük oranlarda alaşım maddeleri (örneğin, Ti, V, Mo ve W) gereksinimini tanımlamışlardır.

Sertleştirilebilir Cr-Fe nin ticari faydası 1913 yılında İngiltere'de H.Brearley tarafından fark edilmiştir. %12'lik Cr-Fe alaşımının nitrik asit ile

oyulmadığını ve atmosfere uzun süreli maruz kalsalar biel paslanmadıklarını fark etti. Östenik Cr-Fe-Ni paslanmaz çelikler 1912-1914'te E.Maurer ve B.Strauss tarafından kullanılmıştır.

%18 cr, %8 Ni (18-8) östenik paslanmaz çelik şu anda üretilen en popüler paslanmaz çeliktir. Son yıllarda ABD'deki her tür paslanmaz çelik, ısıya dayanıklı olanlar da dahil yıllık üretimi 1 milyon tonun üzerindedir (ZAPFFE 1949).

2.2.2 Sınıflar ve Tipler

Metalürjik yapılarına göre üç ana sınıf paslanmaz çelik mevcuttur. Her bir sınıf farklı fiziksel, manyetik ve korozyon özelliklerine sahip farklı alaşımlardan oluşur. Bunlara Amerika Demir ve Çelik Enstitüsü tarafında tip numaralı verilir. En çok üretilen tipler Tablo 2'de verilmiştir. Üç ana sınıf martensitik, feritik ve östeniktir.

1. martensitik. Bu sınıf ismini karbon çeliklerindeki martensit aşamasından alır. Martensit çeliğin östenik bölgeden hızlı olarak soğutulmasında (çeliğe su verilmesi) kısa tip fazlı transformasyon sonucu üretilir. Martensitik paslanmaz çeliklerde olduğu gibi su verilen karbon çeliklerin sert bir bileşenidir. Paslanmaz çeliklerde yapı gövde merkezli küp şeklindedir ve alaşımlar manyetiktir. Çatal-kaşık, buhar türbin bıçakları ve araçları genel uygulamalardır.

2. Feritik. Feritik çelikler analog Ferit fazdan isimlerini alır veya karbon çeliklerinin nispi olarak saf demir bileşeninin östenik bölgede yavaşça soğutulması ile elde edilir. Ferit veya alfa faz 910 derecenin altında var olan stabil fazdır. Düşük karbon Cr-Fe alaşımları için yüksek dereceli östenik (veya gama) faz sadece %12 Cr'a kadar olabilir; bu bileşimin üzerinde alaşımlar erime derecesine kadar feritiktir. Soğuk çalışma ile

sertleştirilebilirler fakat ısıl işlem ile değil. Feritik paslanmaz çelikler gövde merkezli küptür ve manyetiktir. Arabalarda aksam ve sentetik nitrik asit teçhizat yapımında kullanılır.

3. Östenik. Saf demirin 910-1400 derecede stabil kaldığı Östenit veya γ fazından isimlerini almışlardır. Bu faz yüzey merkezli küp, manyetik olmayan ve deforme bir yapıdadır. Östenik paslanmaz çeliğin oda sıcaklığında stabil veya metastabil yapıda bulunduğu tek fazdır. Alaşımlanmış nikel Cr-Fe-Ni alaşımlarına su verme işleminde östenitin tutulmasından sorumludur. Alaşımlanmış Mn, Co, C ve N de tutulmaya katkıda bulunurlar. Soğuk çalışmada metastabil alaşımlar (örneğin 201,202,301,302 B, 303,303 se,304,304L,316,316 L,321,347,348, Bakınız Tablo 1) kısmi olarak fertik faza dönüşürler. 305,308,309,309 S daha düşü randa çalışır ve çok az manyetik hale gelirler. Daha yüksek krom ve nikel içeren alaşımlar (310,310S,314) temelde stabil östenik alaşımlardır ve ferite dönüşmezler veya deforme olduklarında manyetik hal almazlar. Östenik paslanmaz çelikler mimari, otomobil aksamlarında ve gıda be kimya endüstrisinde kullanılırlar.

4. sınıf olan yüksek derecede su verme işleminden sonra düşük derecede ısıl işlem ile yüksek güç ve sertliğe sahip olan çökelme-sertleştirme paslanmaz çelikten de bahsetmek gerekir. Bu Cr-Fe alaşımları östenik fazı sağlamak için gerekenden daha az nikel içerir ve ek olarak alüminyum ve bakır gibi alaşım elemanlarını da içerirler. Alaşım nikel tarafından geliştirilmiş korozyon direnci istendiğinde uygulanırlar ve daha da önemlisi makine işlemlerinden sonra alaşımın sertleştirilmesinin yapılması en iyisidir, düşük ısıl işlem ile (480 C). Tipik bir örnek olarak verilen 17-4 PH %16.5 Cr, %4.3 Ni, %0.04 C, %0.25 Cb ve %3.6 Cu içerir. (TRUMAN ve ark1964)

En yüksek genel korozyon dayanımı nikel-çekme östenik tipleri ile sağlanır ve genelde yüksek nikel bileşimli alaşımlar düşük nikel bileşimine

göre daha dayanıklıdır. optimum korozyon dayanımı için östenik alaşımlara 1050 ile 1100 C'de su verilmelidir (su veya hava akımı ile hızla soğutularak). Molibden içeren östenik alaşımlar (316,316 L,317) klorid içeren ortamlara, seyrek nonokside asitler ve crevice korozyona karşı daha dayanıklıdır.

Feritik paslanmaz çelik 925 C'de yavaşça soğutulduğunda optimum korozyon dayanımına sahip olurlar veya 650-815 C' de menevileşme (normalleşme tavı) ile.

Martensitik paslanmaz çelikler östenik bölgede su verildiklerinde optimum dirence sahip olurlar. Bu durumda çok sert ve kırılgandırlar. Yumuşaklık ( ) menevileşme ile geliştirilir. Oda sıcaklığında %3 NaCl içinde paslanma ve çukurlaşma dayanımı %13 Cr paslanmaz çeliğini 500 C'de %0.2-0.3 C ile menevileşme işleminden sonra veya 650 C'de %0.06 C içeren çelik ile minimuma ulaşır. genelde menevileşme aralığı 450-650 C 'den kaçınılmalıdır.

Soğuk çalışma korozyon dayanımı üzerine minimum etkiye sahiptir eğer deformasyon sırasında veya sonrasında yeterli difüzyona izin verecek sıcaklıklara ulaşılabiliniyorsa. Soğuk çalışma ile ortaya çıkan faz değişimleri korozyon dayanımında büyük değişikliklere yol açmazlar. Hatta, su verilmiş %18 Cr ve %8 Ni östenik paslanmaz çelik ile su verilmiş feritik paslanmaz çelik aynı korozyon dayanımına sahiptir (aynı Cr ve Ni bileşimli fakat daha düşük karbon ve nitrojen içeren). Buna rağmen, östeit ve Ferit içeren benzer bir alaşım 600 C' de ısıtılırsa, korozyonu hızlandıran galvanik hücrelerin oluşumundaki iki fazda değişiklikler görülür. Bir diğer deyişle, korozyon oluşumunda bileşenler yapısal değişkenlerden daha önemlidir. Bu hem metaller hem de alaşımlar için geçerlidir.

2.2.3 Intergranüler Korozyon

Feritik veya östeik paslanmaz çeliğin uygun olmayan ısl işleme tabii tutulması korozyon ile sonuçlanan tane sınırları adı verilen kristallere ayrılma olayına sebep olur. Bu tür korozyon mekanik güçte azalmaya yol açar. İntergranüler korozyona yol açan sıcaklık ve sayılar *duyarlaştırma ısıl işlemleri* olarak adlandırılır. Feritik ve östenik paslanmaz çelik için farklılık gösteririler. Bu bağlamda, %18 Cr içeren çeliklerde duyarlaştırma sıcaklıklarındaki geçiş %2.5 ile 3 Ni seviyesinde gerçekleşir. Bir diğer deyişle bu miktardan daha az nikel içeren paslanmaz çelikler nikel içermeyen çeliklerin duyarlaştırıldığı sıcaklıklarda işlem görür, daha fazla nikel oranı östenik paslanmaz çeliklerin ısı aralığına uygundur.

Östenik alaşımlar için, duyarlaştırma aralığı 400 ile 850 C arasındadır. Isıtma ile ticari alaşımların gördüğü zarar derecesi zamana bağlıdır, 750 C'deki birkaç dakika daha düşük sıcaklık aralığındaki saatlere eşittir (Şekil 1). Yavaş soğutma veya geciktirilmiş kaynak işlemleri direnci azaltır, fakat hızlı soğutma zararı önler. Bundan dolayı, östenik paslanmaz çeliklere su verme işlemi yüksek sıcaklıklarda yapılmalıdır. Nokta kaynak, metalin hızla elektrik akımı ile ısıtılıp daha sonra doğal soğumaya bırakıldığı, duyarlaşmaya yol açmaz. Ark kaynağı diğer taraftan zarar sebep olabilir, etkisi ısıtma süresi uzadıkça artar özellikle ağır-ölçü materyali söz konusu ise. Duyarlaştırma derecelerine kaynak metalin kendisinden birkaç milimetre ötede ulaşılır. Bundan dolayı korozif ortamda östenik paslanmaz çeliğin kaynağında kaynaktan biraz uzak bölgelerde başarısızlık olabilir (menevileşleme çürümesi olarak adlandırılır).

Belirli bir sıcaklık ve zaman için duyarlaşma derecesi büyük ölçüde karbon içeriğine bağlıdır. %0.1 veya daha fazla C içeren 18-8 paslanmaz çeliklerde 600 °C' de 5 dakika ısıtma ile duyarlaşma gerçekleşir fakat %0.06 C içeren benzer alaşım daha az etkilenir ve %0.03 C için alaşım korozif etkiye sahip ortamda dahi zarar görmeyebilir. Alaşımdaki nikel oranı arttıkça

duyarlaşma zamanı kısalır, molibden katılması zamanı arttırır.

Duyarlaştırmadan sonra paslanmaz çeliklerin fiziksel özellikleri çok büyük değişiklik göstermez. Çünkü karbürlerin çökelmesine duyarlaştırma eşlik eder, alaşımlar biraz daha güçlü ve daha az yumuşak hale gelir. Sadece korozif ortama maruz kalınca zarar oluşur, alaşımda korozyon ortamın ve duyarlaştırmanın derecesine bağlıdır. Deniz suyunda, duyarlaştırılmış paslanmaz çelik levha haftalar veya aylar sonra bozulabilir, fakat $CuSO_4$. $5H_2O$ (13g/l) ve H_2SO_4 (47 ml konsantre asit/litre) içeren kaynayan bir çözeltide bozulma saatler içinde gerçekleşir (TRUMAN ve ark 1964).

2.2.4 Teoriler ve Çareler

Östenik paslanmaz çeliklerin intergranüler korozyonu karbon içeriği ile bağlantılı olduğundan, düşük karbon alaşımları (<0.02%C) nispeten bu tür korozyonlara dayanıklıdır. Normalde ticari alaşımlarda var olan azot karbondan daha az etkilidir. Yüksek sıcaklıklarda, örneğin 1050 °C' de, karbon alaşımdan dışarı yayılır fakat duyarlaştırma sıcaklık aralığında sınırlara nüfuz eder ve burada krom ile birleşir. Bu reaksiyon sınır materyali pasiflik için gerekli olan %12 krom düzeyine düşene kadar krom alaşımını tüketir. Etkilen krom hacmi sınırlara yakın mesafelere ulaşır ve oyulan yüzeylerin genişlemesine sebep olur. Elektromanyetik reaksiyonlar sınırlarda hızla gerçekleşir ve korozif etki metalin içlerine doğru yayılır (Bain ve ark. 1933).

Eğer alaşım duyarlaştırma bölgesinde hızla soğutulursa, karbon sınırlara ulaşmak veya krom ile reaksiyona girmek için yeterli süreyi bulamaz. Diğer taraftan, eğer alaşım duyarlaştırma derecesinde kalırsa krom aşınmış bölgelere nüfuz eder. Nitrojen krom nitrat oluşturuyor olsa da, zarar verme açısından karbondan daha az etkilidir. Diğer taraftan karpitler krom tarafından tüketilen alaşım yolları oluştururlar.

İntergranüler korozyona karşı direnç için üç etkili yol vardır:

1. 1050-1100 °C' de su verme işlemini takiben ısıl işlem. Yüksek ısıl işlem çökelmiş karpitleri çözündürür ve hızlı soğutma tekrar oluşmalarını engeller. Bu uygulama kaynak işlemlerinden sonra tavsiye edilmektedir. Boyut, alaşımın yüksek sıcaklıkta eğrilme eğiliminden dolayı her zaman yapılması mümkün olmayan bir uygulamadır.

2. Karbon içeriğinin azaltılması. Paslanmaz çeliğin ticari üretiminde karbon içeriği azaltılabilir, fakat ek bir maliyet demektir. Düşük karbon içerikli alaşımlar L harfi ile belirtilir (<%0.03 C), tip 304 L, 316 L. Bu alaşımlar kaynak işlemine tabi tutulabilir veya duyarlaştırma derecesinde ısıtılabilir. Fakat dayanıklı değillerdir.

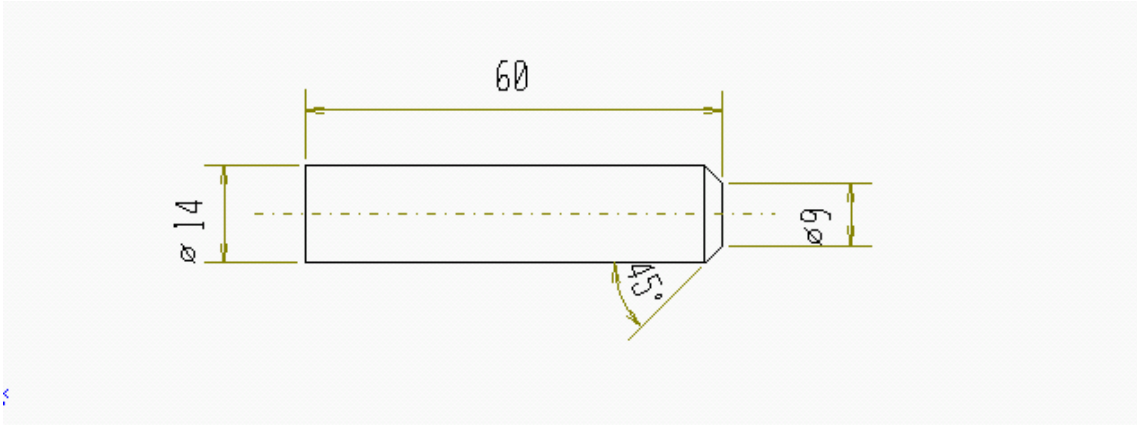
3. Titanyum veya Kolombiyum (Niobium) eklenmesi. Ti ve Cb gibi karbon afinitesi kromdan daha fazla olan elmenlerin eklenmesi karbonun tane sınırlarında çökelerek krom karbür oluşumuna mani olur. Bu tür alaşımlar stabilize edilmiş kalite olarak isimlendirilir. Kaynak yapılabilir veya duyarlaştırma sıcaklığına ısıtılabilir, korozyona yol açmadan. 675 C civarında alaşımların intergranüler saldırılara optimum dayanımı için ısıtılması 900 °C' de bir kaç saat ısıtma ile stabilizasyon sayesinde elde edilir. İkinci ısıl işlem karbonları su verme sıcaklığından daha düşük karbon çözünürlüğünde sıcaklık derecelerinde stabil karpitlere dönüştürür.

su verme işlemlerinde, su verme pitonu genelde titanyum yerine kolombiyum içerir; titanyum yüksek derecelerde okside olma eğilimindedir ki bu da su verme işleminin stabilizasyonunu korozyona karşı riske atar. Kolombiyum diğer taraftan oksidasyon ile kaybolur (BAIN ve ark 1933).

3 MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Numunelerinin Hazırlanması

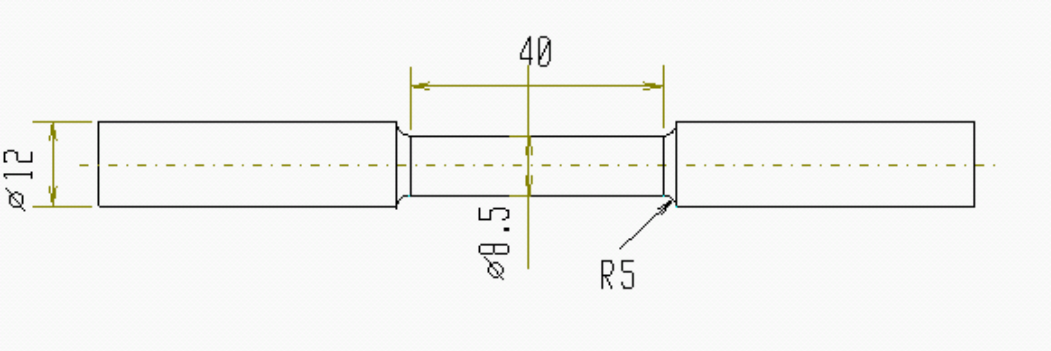
304 paslanmaz çelik ve St37 malzemeler öncelikle 60 mm boya kesildi. Daha sonra Şekilde 10 daki gibi kaynak ağzı oluşturuldu.



Şekil 10 Parçaların kaynak işlemine hazırlanması

Kaynak esnasında çarpılmaları en aza indirmek ve parçaların hepsinin eş özellikte olmasını sağlamak için kaynak işlemi bir L profil içerisinde gerçekleştirildi. Her deney için Bu şekilde 5 er adet numune hazırlandı. Aralarında 3 mm kaynak boşluğu bırakılarak parçalar CO_2 gazı altında Oerlikon SG 2 (TS 5618 EN 440 G42 4M G3 S1) kaynak teli kullanılarak kaynatıldı.

Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra parçalar tornalanarak şekil 11 deki gibi çekme deneyi numuneleri haline getirilmiştir.



Şekil 11 Tornalanmış deney numunesi.

3.2 Isıl işlemler

Deney numuneleri Isıl işlem fırını istenilen sıcaklığa eriştikten ve rejim sağlandıktan sonra fırına yerleştirildi. Fırından çıkan parçalar oda şartlarında soğumaya terk edildi.

Uygulanan ısıl işlemler:

300 ℃ 1saat

300 ℃ 2saat

300 ℃ 3saat

300 ℃ 4saat

450 ℃ 1saat

450 ℃ 2saat

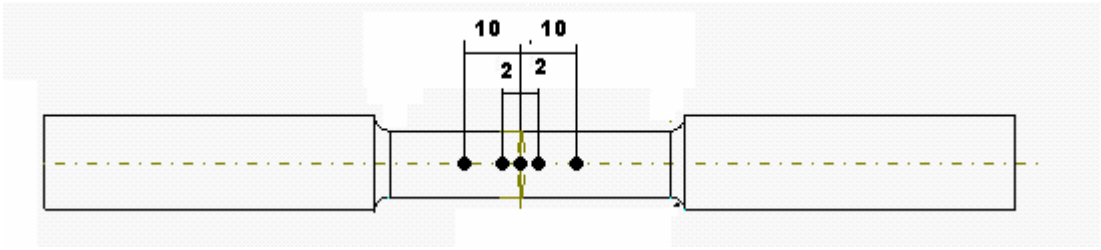
450 ℃ 3saat

450 ℃ 4saat

3.3 Uygulanan deneyler

Numunelere çekme deneyi ve sertlik muayenesi uygulanmıştır.

Serlik muayenesi kaynak dikişine dikişin 2 şer mm yanına ve 10 ar mm yanlarına uygulanmıştır.



Şekil 12 Sertlik Muayenesi Yapılan Bölgeler

4 ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

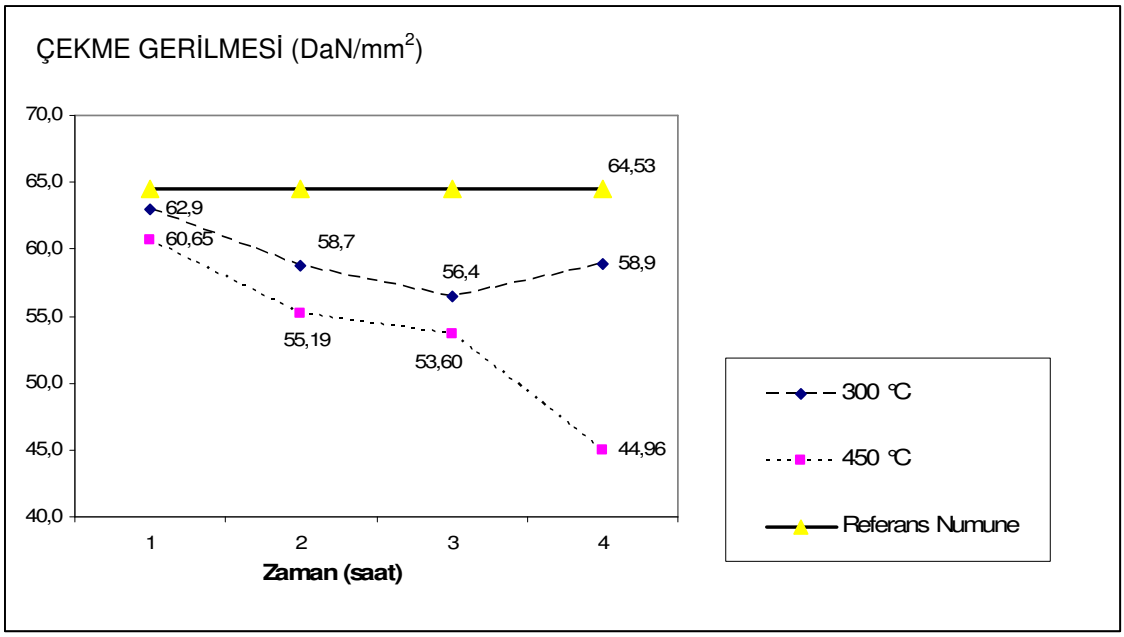
4.1 Çekme Deneyi Sonuçları

Tablo 2 Çekme Deneyi Sonuçları

SICAKLIK-ZAMAN	Numune1	Numune2	Numune3	Numune4	Numune5	Ortalama
300C 1 SAAT	3600DaN	3650DaN	3450DaN	3500DaN	3650DaN	3570DaN
300C 2 SAAT	3350DaN	3350DaN	3250DaN	3400DaN	3300DaN	3330DaN
300 C 3 SAAT	3200DaN	3250DaN	3100DaN	3200DaN	3250DaN	3200DaN
300 C 4 SAAT	3400DaN	31g00DaN	3350DaN	3450DaN	3400DaN	3340 DaN
450 C 1SAAT	3400DaN	3550DaN	3500DaN	3350DaN	3400DaN	3440DaN
450 C 2SAAT	3200DaN	3100DaN	3250DaN	3000DaN	3100DaN	3130DaN
450 C 3SAAT	3100DaN	3000DaN	3150DaN	2900DaN	3050DaN	3040DaN
450 C 4SAAT	2550DaN	2200DaN	2750DaN	2600DaN	2650DaN	2550DaN
Isıl işlem uygulanmamış referans numuneler	3700DaN	3650DaN	3700DaN	3600DaN	3650DaN	3660DaN

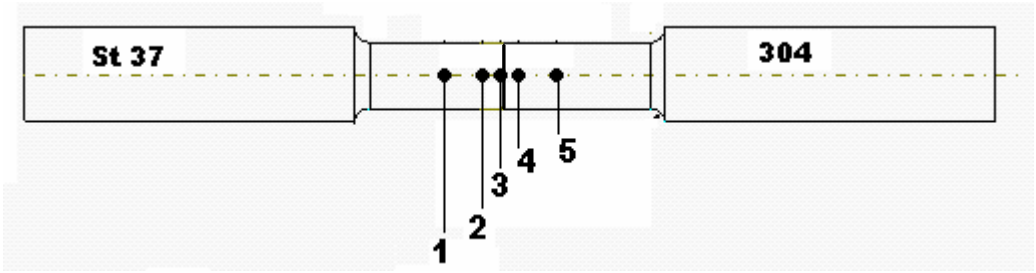
Tablo 3 Ortalama Kopma Gerilmeleri

SICAKLIK-ZAMAN	ÇEKME MUKAVEMETİ (DaN/mm^2)
300C 1 SAAT	62,94
300C 2 SAAT	58,71
300 C 3 SAAT	56,42
300 C 4 SAAT	58,88
450 C 1SAAT	60,65
450 C 2SAAT	55,18
450 C 3SAAT	53,60
450 C 4SAAT	44,96
Isıl işlem uygulanmamış referans numuneler	**64,53**



Şekil 13 Çekme Deneyi Sonuçları Grafiği

4.2 Serlik Muayenesi Sonuçları



Şekil 14 Sertlik Muayenesi Uygulanan Bölgeler

Tablo 4 Sertlik Muayenesi Sonuçları

	SERTLİK (Vickers)				
SICAKLIK-ZAMAN	1.BÖLGE	2.BÖLGE	3.BÖLGE	4.BÖLGE	5.BÖLGE
300C 1 SAAT	195	130	412	303	283
300C 2 SAAT	205	136	442	318	297
300 C 3 SAAT	190	128	457	322	292
300 C 4 SAAT	210	133	461	329	291
450 C 1SAAT	204	136	468	319	296
450 C 2SAAT	215	132	490	323	299
450 C 3SAAT	205	129	514	347	287
450 C 4SAAT	200	132	547	344	299
Referans Numune	217	127	375	318	297

Deney sonuçlarından açıkça görülebileceği üzere sıcaklık ve zaman etkisiyle artan krom difüzyonu ve krom karbür çökelmesi kaynak dikişi üzerinde son derece olumsuz etkilere sahiptir. Ayrıca ısı etkisinde kalan bölgedeki krom yoğunluğunun sınır değer olan % 12 nin altına inmesi olasılığı da vardır. Dolayısıyla Paslanmazlığın önem taşıdığı bölgelerde kaynak işlemi uygulanmasının korozyon problemine sebep olabileceği açıktır.

Isı etkisinde kalan bölgenin korozyon direncini arttırmak için paslanmaz çelik olarak daha düşük C oranına sahip paslanmazlar kullanılabilir. Ancak ısıl işlem uygulamak kaynak dikişine difüzyon etkisiyle Cr geçişini arttıracağı için iyi sonuçlar vermesi mümkün görünmemektedir.

Çekme gerilmesindeki düşüşün önüne geçmek için kaynak işleminden sonra hızlı bir soğutma yapılması uygun olacaktır. Soğutma işlemi esnasında kaynak dikişinin birleştirdiği malzemelerin ısıl iletkenliklerinin farklı olduğu göz önüne alınmalıdır.

Sertlikteki artışın gösterdiği üzere kaynak dikişinin gevrekleştiği de deney esnasında gözlenmiştir. Ancak bu gevrekleşmenin çok sınırlı bir bölgede olduğu kaynak bölgesi çevresinden alınan sertlik değerlerinden yola çıkılarak söylenebilir.

Bu olumsuzluk için de çekme mukavemetini arttırmak için yapılan hızlı soğutmadan faydalanılması uygun olacaktır.

5 SONUÇLAR

- Kaynak dikişinin çekme mukavemetinde sıcaklık ve zamanın artışına bağlı olarak bir düşüş vardır.
- Sıcaklığın etkisiyle kaynak dikişinin sertliği artmaktadır.
- Difüzyon etkisiyle kaynak dikişinin gevrekleşmektedir.

Bu sebepler dolayısıyla kaynak dikiş bölgesine ısıl işlem uygulanmaması ve yüksek sıcaklıklara uzun süreler maruz kalacak bölgelerde paslanmaz çeliklere kaynak uygulanmaması daha uygun olacaktır.

Zorunlu hallerde daha düşük karbon oranına sahip paslanmaz çelikler kullanılarak Krom karbür çökelmesinin önüne geçilmesi mümkündür.

6 KAYNAKLAR

Anonim.1964. Metals Hand Book vol 2 Heat treatment, Cleanning and Finishing. Amer. Soc. Metals, Metals Park OHİO p241-254

BAİN,E.,R.ABORN and J. RUTHERFORD, 1933 Steel Treating. Trans Amer. Soc Metals. 481 s

DEMİRCİ,A,H. 2004 Malzeme Bilgisi ve Malzeme Muayenesi. Alfa Yayınları İSTANBUL.303s

ERYÜREK,İ.B 1998. GAZALTI (MİG MAG) KAYNAĞI.As Kaynak Yayını. İSTANBUL.s 27-112

KALUÇ,E . 2004.Kaynak Teknolojisi El Kitabı. MMO,CİLT 1,KOCAELİ.358S

KALUÇ,E 1988 Lazer Işınıyla Kaynak ve İşleme yöntemleri.Gedik Holding Kaynak Dünyası Haziran 1988 s25-29

TÜLBENTÇİ,K., E, KALUÇ,.2001. Mıg-Mag Kaynak Yöntemleri Seminer Notları.TMMOB Makine Müh. Odası. KOCAELİ

TRUMAN J., R.PERRY. and CHAPMAN,J. 1964 Iron Steal Industry JOHN WİLEY&SONS INC p 202-745

UHLING,H H.1971 Corrsion And Corrosion Control.JOHN WİLEY&SONS INC P294-320

ZAPFFE,C.1949 STAİNLESS STEELS, Amer. Soc. Metals, Metals, CLEVLAND 517 s

7 TEŞEKKÜRLER

Danışman hocam Prof. Dr. Emin Güllü' ye, her türlü bilimsel ve manevi desteğinden ötürü Prof. Dr Ali Bayram' a Teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem ve babam Zehra ve Bülent BARAN' a, ihtiyacım olduğu zaman izin almam konusunda son derece anlayışlı davranan DOKU-SAN A.Ş. ve yöneticilerine, torna işlerimde yardımlarını esirgemeyen Serdal UYMUR' a, deney numunesinin hazırlanmasında yardımcı olan CAN Makine A.Ş. çalışanlarına, tez metnimin düzenlenmesinde ve deney numunelerinin hazırlanmasında yardımcı olan Makine Mühendisi Başar CANAN ve Ar. Gör. Başak CANAN ÖZBAĞ' a ayrıca son ana kadar manevi desteklerini sürdüren Makine Mühendisi Kürşad Eren Çağlayan ve eşi Kübra Çağlayan'a teşekkür ederim.

8 ÖZGEÇMİŞ

7 Eylül 1979 yılında Bursa'da doğdum.İlk öğrenimimi Ticaret ve Sanayi Odası ilk okulunda tamamladım. Orta okulu Bursa Cumhuriyet Lisesinde bitirdikten sonra lise öğrenimimi Özel Tunçsiper lisesinde tamamladım. Lisans Eğitimimi Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden 2003 yılında mezun olarak tamamladım.