

GEV

Gedik Eğitim Vakfı

Kaynak Teknolojisi Eğitim Araştırma ve Muayene Enstitüsü

**ÖRTÜLÜ ELEKTROD
İLE
ELEKTRİK ARK KAYNAĞI**

Profesör Selâhaddin ANIK

Prof. Dr.-Müh. Kutsal TÜLBENTÇİ

Yard. Doç. Dr.-Müh. Erdinç KALUÇ

1991

İSTANBUL

ÖNSÖZ

Her geçen gün bilim ve teknolojinin yeni atılımlarına sahne olan çağımızda buna paralel olarak da tüketici istemlerinde ve hatta toplumsal düzeyde hızlı değişimler yaşanmaktadır. Bu bakış açısıyla sektörünü değerlendiren ve bünyesinde ülkemizin en kaliteli kaynak malzemelerini üreten üretim kuruluşlarını bulunduran Gedik Holding hizmetin sadece gelişen modern teknolojiyi uygulamak olmadığını kavrayarak satış öncesi ve satış sonrası hizmetler ile eğitim ve yayıncılık faaliyetlerinin gereğini yerine getirerek çağa ayak uydurmak ilkesini benimsemiştir.

Böhler Kaynak Elektrodları ve tellerini, Hobart Kaynak Elektrodlarını, Fronius Kaynak Makineleri ile Silox Sert Lehim Malzemeleri ve diğer kaynak ürünlerinin üretim ve temsilciliğini yapan Gedik Holding yukarıda sayılan konularda da ülkemizde haklı bir üne sahiptir.

İşte, bu çizgisini hiç ödün vermeden sürdürmeye kararlı olan Holdingimiz bu kez de sizler için Örtülü Elektrod ile Ark Kaynağı konusunda kuramsal, uygulamalı ve tüm güncel bilgileri içeren bu kitabı Kaynak Sektörünün en ünlü Akademik otoriteleri olan ve Holdingimizin bu tür eğitim çalışmalarında sonsuz desteklerini her zaman büyük bir özveriyle veren ve bu yüzden şükran borçlu olduğumuz, Profesör S. Anık, Prof. Dr. K. Tülbentçi ve Yard. Doç. Dr. E. Kaluç'a hazırlatarak yayın çalışmalarını zincirine bir yenisini eklemiştir.

Eser, hızlı bir kalkınma çabası içinde olan Ülkemizde, uygulanmakta olan Ark Kaynağı konusundaki Beceri Kazandırma Kursları ile ilgili Eğitim Programları ve yine gelişmiş Batı Toplumlarının bu konudaki programları birlikte göz önüne alınarak hazırlanmıştır.

Eser, doktrinel içeriğinin yanı sıra endüstriyel işletmelerin kaynak ile ilgili seksiyonlarında görevli tüm teknik elemanların sürekli olarak başvurabilecekleri bir el kitabı niteliğini de taşımaktadır.

Gedik Holding, bu eserin Yayın Dünyasına kazandırılmasının kıvancını yaşarken emeği geçen başta eserin bilimsel sahiplerine olmak üzere tüm emeği geçenlerine teşekkür eder, konu ile ilgili herkese yararlı olmasını diler.

GEDK HOLDİNG

Bu kitap, GEDİK HOLDİNG Basın Yayın ve Halkla İlişkiler servisi tarafından eğitim amacıyla endüstriye hizmet olarak yayınlanmıştır.

Tamamen ücretsizdir.

İÇİNDEKİLER

1 - KAYNAK TEKNOLOJİSİNİN ENDÜSTRİYEL GELİŞİM SÜRECİ İÇİNDE KONUMU VE ÖNEMİ.....	1
• Ülkemizde Kaynak teknolojisinin Tarihçesi.....	8
• Ülkemizde Kaynak Teknolojisinin Durumu.....	9
2 - BAŞLICA ERİTME KAYNAĞI YÖNTEMLERİ.....	11
• Gaz Eritme Kaynağı.....	13
• Örtülü Elektrod ile Ark Kaynağı.....	16
• Tozaltı Kaynak Yöntemi.....	17
• TIG Kaynak Yöntemi.....	19
• MIG Kaynak Yöntemi.....	21
• Plazma Kaynak Yöntemi.....	22
• Elektron Işın Kaynağı.....	23
• Laser Kaynağı.....	24
• Elektro Cüruf Kaynağı.....	24
3 - ELEKTRİK BİLGİSİ.....	27
• Akım Şiddeti.....	29
• Gerilim.....	30
• Direnç.....	31
• Güç.....	32
• Kaynak Kablolarının Kesit Hesabı.....	32
4 - KAYNAK ARKI.....	35
• Arktan Yayılan Işınlar.....	38
• Ark Üfleme, Nedenleri ve Giderilmesi.....	40
5 - KAYNAK MAKİNALARI (AKIM ÜRETEÇLERİ).....	49
• Kaynak Makinalarının Sınıflandırılması.....	52
• Kaynak Jeneratörleri.....	53
• Kaynak Redresörleri.....	56
• Alternatif Akım Kaynak Makinaları.....	57
• Kaynak Akım Üreteci Seçimi.....	60
• Kaynak Makinaları ile İlgili Bazı Deyimler.....	61
6 - YARDIMCI VE KORUYUCU KAYNAK DONANIMLARI.....	65
7 - KAYNAK ELEKTRODLARI.....	81
• Kaynak Elektrodlarının Sınıflandırılması.....	81
• Elektrod Örtü Malzemeleri.....	83
• Örtülürleri.....	86

• Rutil Elektrodlar.....	87
• Asit Elektrodlar.....	87
• Oksit Elektrodlar.....	88
• Bazik Elektrodlar.....	88
• Selülozik Elektrodlar.....	93
• Demir Tozlu Elektrodlar.....	94
• Derin Nüfuziyet Elektrodları.....	94
• Alaşimsız ve Az Alaşımli Çeliklerin Kaynağında Kullanılan Elektrodlar.....	95
• Az Alaşımli, Yüksek Mukavemetli Çelikler ve İnce Taneli Yapı Çeliklerinin Kaynağında Kullanılan Elektrodlar.....	96
• Paslanmaz ve Korozyona Dayanıklılı Çelikler için Örtülü Elektrodlar.....	96
• Dökme Demirler için Örtülü Elektrodlar.....	97
• Alüminyum ve Alaşımları için Örtülü Elektrodlar.....	98
• Bakır ve Alaşımları için Örtülü Elektrodlar.....	98
• Nikel ve Alaşımları için Örtülü Elektrodlar.....	99
• Doldurma Kaynağı Elektrodları.....	99
• Kesme Elektrodları.....	100
• Elektrodlarla İlgili Bazı Deyimler.....	101
• Elektrod Standartları.....	102
• TS 563/Eylül 1989.....	102
• ISO/TC-44/SC3-2560 1973.....	104
• DIN 1913.....	105
• AWS A5.1, ASTM-A 233.....	107
• TS 2716/Nisan 1977.....	108
• Elektrod Seçimi.....	109

8 - ELEKTRİK ARK KAYNAĞINDA BİRLEŞTİRME TÜRLERİ VE KAYNAK POZİSYONLARI.....113

• Kaynak Ağız Biçimleri.....	114
• Kaynak Ağız Tasarımı.....	117
• Kaynak Pozisyonları.....	119
• Kaynak Sembolleri ve Uygulamada Kullanılmaları.....	122

9 - ÖRTÜLÜ ELEKTROD İLE ARK KAYNAĞINDA KAYNAK PARAMETRELERİNİN SEÇİMİ.....137

• Kaynak Öncesi Saptanan Parametreler.....	138
• Birinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler.....	140
• İkinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler.....	143

10 - ARK KAYNAĞININ UYGULANMASI.....147

• Arkın Tutuşturulması.....	150
• Çeşitli Pozisyonlarda Elektrod Hareketleri.....	152

11 - KAYNAKLI PARÇALARDA OLUŞAN ÇEKME VE ÇARPILMALAR.....163

• Çekme ve Çarpılmaların Fiziksel Esasları.....	163
• Kendini Çekme ve Çarpılma Türleri.....	167
• Çekme ve Çarpılmaların Önlenmesi.....	172

• Kaynaklı Parçaların Düzeltilmesi.....	177
12 - KAYNAKLI BAĞLANTININ MALİYETİ.....	181
• Elektrod Giderleri.....	188
• İşçilik Giderleri.....	191
• Elektrik Giderleri.....	191
13 - MALZEMELERİN KAYNAK KABİLİYETİ.....	193
• Karbonlu ve Az Alaşımli Çeliklerin Kaynağı.....	200
• İnce Taneli Yüksek Mukavemetli Yapı Çeliklerinin Kaynağı.....	213
• Kazan Saclarının Kaynağı.....	219
• Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı.....	224
• Yüksek Sıcaklı Çeliklerinin Kaynağı.....	240
• Düşük Sıcaklıklarda Kullanılan Çeliklerin Kaynağı.....	242
• Yüksek Manganlı Ostenitik Sert Çeliklerin Kaynağı.....	248
• Beton Çeliklerinin Kaynağı.....	252
• Takım Çeliklerinin Kaynağı.....	255
• Dökme Demirlerin Kaynağı.....	260
14 - KAYNAK HATALARI.....	267
• Kaynak Hatalarının Saptanmasında Uygulanan Muayene Yöntemleri..	292
• Tahribatsız Muayene Yöntemleri.....	292
• Göz ile Muayene.....	296
• Sıvı Emdirme Yöntemi ile Muayene.....	296
• Manyetik Parçacık Testi.....	296
• Ultrasonik Titreşimler ile Muayene.....	299
• Radyografik Muayene.....	302
15 - İŞ GÜVENLİĞİ VE SAĞLIK.....	303
• Elektrik Şoku.....	303
• Gözlerde Oluşan Bozukluklar ve Gözlerin Korunması.....	304
• Yanıklar.....	305
• Yangın Tehlikesi.....	305
• Toz ve Duman Tehlikesi	306
16- ÖRTÜLÜ ELEKTROD İLE ARK KAYNAĞININ ENDÜSTRİYEL UYGULAMA ALANLARI	309

1

KAYNAK TEKNOLOJİSİNİN ENDÜSTRİYEL GELİŞİM SÜRECİ İÇİNDE KONUMU VE ÖNEMİ

İnsanoğlu günümüzden yaklaşık 3500 yıl kadar önce, iki metal parçasını sıcak veya soğuk halde çekikçileyerek kaynak edip birleştirmeyi gerçekleştirmiştir. Demirci kaynağının, özellikle orta bronz devrine ait bu tür örneklerine dünyanın çeşitli müzelerinde rastlanılmaktadır. Batılı tarihçiler, demirci kaynağı yardımı ile demirin M.Ö. 1400 yıllarında Ön Asya'da yaygın bir şekilde birleştirildiğini yazmaktadırlar.

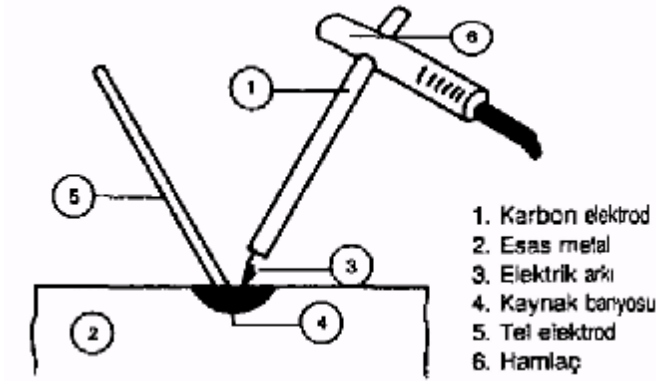
Mısır Firavunları devrinde yapılmış çok orijinal metal işleri üzerinde de, bu tür birleştirmeler ile lehim bağlantılarının izleri görülmektedir. Lehimleme yolu ile birleştirme tarihinin demirci kaynağından çok daha eskilere dayandığı konusunda bütün tarihçiler uyum içindedir.

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

Bütün endüstrileşmiş ülkelerde demircinin çekici ile yaptığı kaynak hemen hemen tarihe karışmıştır; örs, antik koleksiyon eşyaları arasına girmiştir; yalnız kıyıda köşede kalmış demirci atölyelerinde ve yarış hipodromlarının nalbant atölyelerinde görülebilir hale gelmiştir.

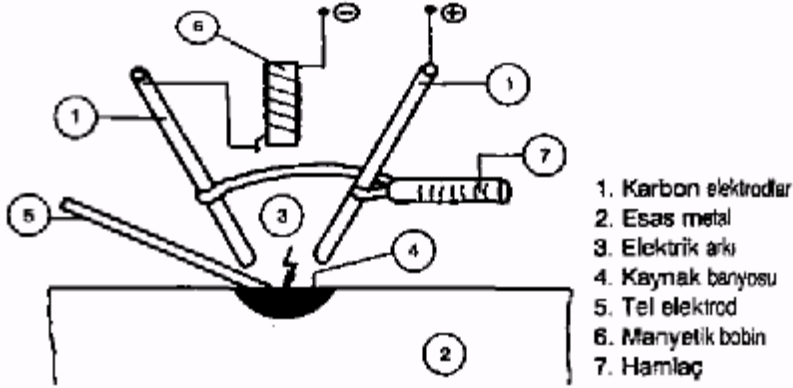
Kaynak yönteminin endüstriyel uygulamaları ise, 19. yüzyılın ikinci yarısında başlamıştır. Oksijenin endüstriyel çapta eldesi, özellikle tamir işlerinde oksijen - asetilen kaynağının yaygınlaşmasını sağlamıştır. Elektrik arkının 18. yüzyılın son yıllarında Volta tarafından keşfedilmesine rağmen bu enerjinin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

El ile yapılan elektrik ark kaynağının tarihçesine göz atıldığında başlangıçta üç ayrı yöntem karşımıza çıkar. Bunların en eskisi (1885) Benardos kaynak yöntemidir. Benardos karbon bir elektrod ile iş parçası arasında ark oluşturmuş ve oksijen - asetilen kaynağında olduğu gibi bir tel elektrod kullanarak kaynak yapmıştır.



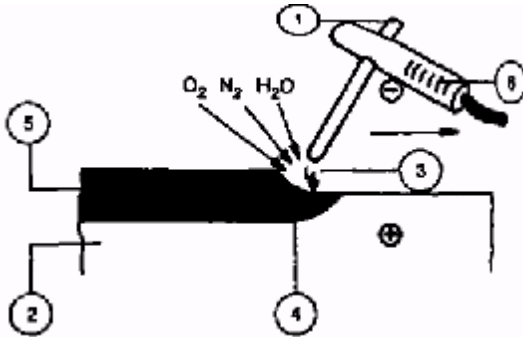
Şekil 1.1.- Benardos kaynak yöntemi.

Daha sonraları 1889 yılında Zerener, geliştirdiği yöntemde, elektrik arkını iki karbon elektrod arasında oluşturmuş ve iki elektrod arasında bulunan manyetik bir bobin yardımı ile de arkın parçaya doğru üflenmesini sağlamıştır. Bu yöntemde de ayrıca bir kaynak teline gerek vardır.



Şekil 1.2.- Zerener kaynak yöntemi

Gene, 1889 yılında da Slavianoff bugünkü elektrik ark kaynağının özünü oluşturan yöntemi geliştirmiştir. Slavianoff yönteminde karbon elektrod yerine, çıplak metal bir elektrod ile iş parçası arasında ark oluşturulmakta ve ark sıcaklığında eriyen elektrod kaynak ağzını doldurmaktadır.



2. Esas metal
3. Elektrik arki
4. Kaynak banyosu
5. Kaynak dikişi
6. Hamlaç

şekil 1.3.- Slavianoff kaynak yöntemi.

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

Kaynak banyosunu havanın olumsuz etkilerinden korumak; ancak, İsveçli Oscar Kjelberg'in 1904 senesinde ilk örtülü elektrodu geliştirmesi sonucunda mümkün olabildi. Bu büyük buluş, kaliteli ve güvenceli kaynak bağlantılarının yapılabilmesine olanak sağladığından Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra, kaynak tekniği, ilerlemesini sağlamaştırmış ve tamir yöntemi olmanın yanında, üretim aracı haline de gelmiştir. Bu yıllar özellikle, ark ve gaz kaynağının birbirleri ve diğer birleştirme yöntemleri ile mücadele ettiği yıllardır. Bu iki taraflı mücadeleyi kazanmak çabasımdan, zamanla işbirliği doğmuştur.

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

Örtülü elektrodların geliştirilmesi, elektrik ark kaynağının itibarını arttırmış ve bütün metallerin kaynağı için yeni tekniklerin gelişmesine yol açmıştır.

Bilinen yöntemlerin geliştirilmesi ve yeni yöntemlerin bulunması yolunda yapılan araştırmalar, sarf edilen çabalar sonucu son elli yıl içinde sayılamayacak derecede 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 kaynatılabilmesi için tozaltı yöntemi geliştirilmiştir. İkinci Dünya Savaşı esnasında, uçaklarda kullanılan alüminyum - magnezyum alaşımlarının kaynağında karşılaşılan sorunlar TIG yönteminin gelişmesine ve yaygınlaşmasına yardımcı olmuştur.

Soy gaz koruması altında yapılan TIG kaynak yöntemi ile bugün bütün metal ve alaşımları kaynak yapmak mümkün hale gelmiştir.

MIG diye adlandırılan eriyen elektrod ile sovgaz altında kaynak yöntemi, birçok alanda TIG yönteminin yerini alarak, işlemin hızlanmasına ve otomatikleşmesine olanak sağlamıştır.

MAG diğer bir deyimle Aktif Gaz altında eriyen elektrod ile kaynak, son yıllarda büyük gelişme göstermiş, az alaşımlı çeliklerin kaynağında diğer yöntemlere karşı büyüyen bir rakip haline gelmiştir.

Günümüzdeki konstrüksiyonlar iş verimi ve güvenliğini arttırmaya, 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.

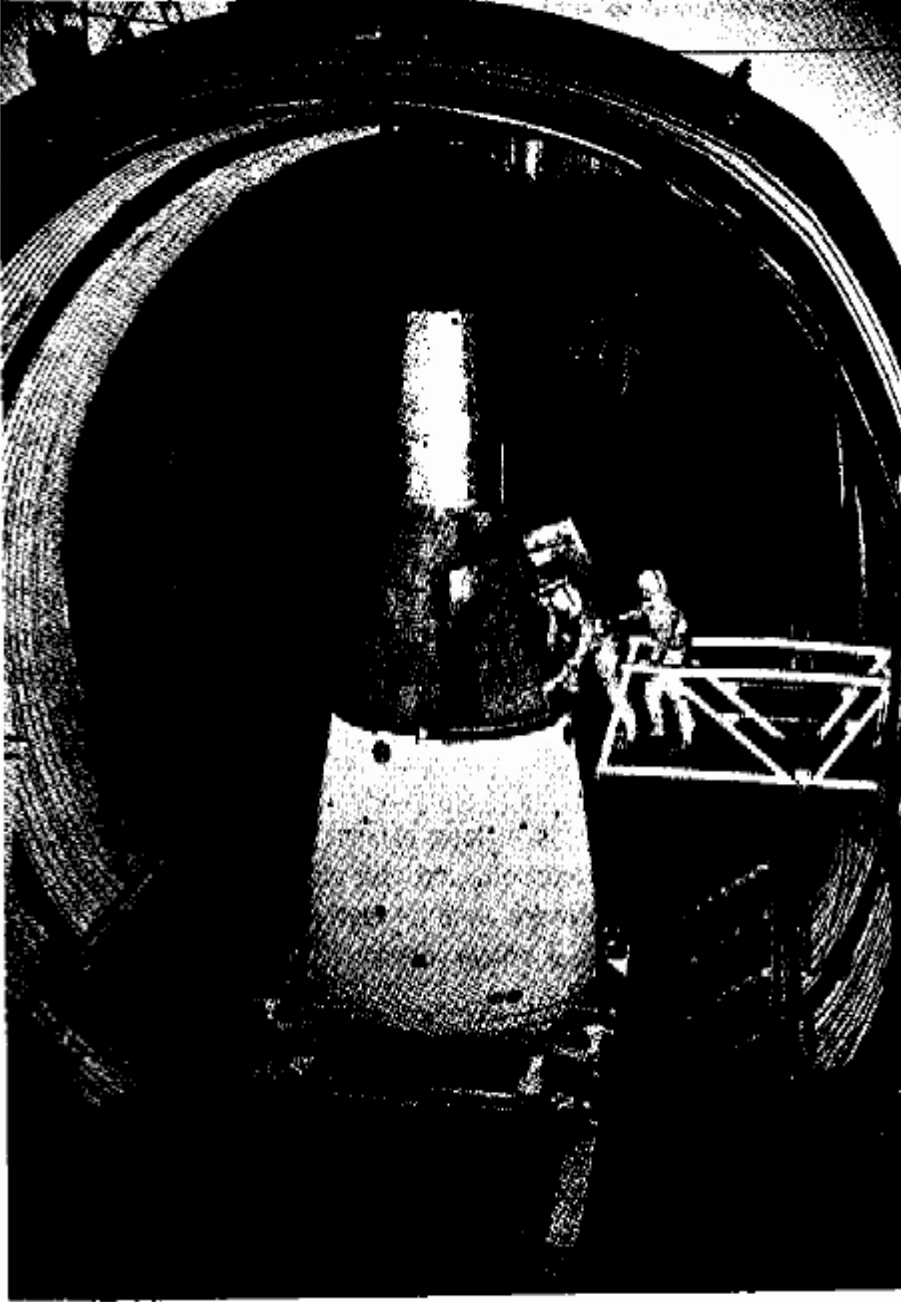
1950'li yıllarda geliştirilen ilginç bir kaynak yöntemi de, patlayıcı maddeler yardımı ile farklı metal levhaların birbirleri ile birleştirilmesi işlemidir. Her ne kadar patlayıcı maddeler yardımı ile şekil verme teknolojisi ile ilgili patentler 1900 yıllarına kadar uzanmasına karşın bu yöntem yeni yeni uygulama

alanına girmektedir. Gene aynı yıllarda geliştirilen bir diğere yöntem de ultrasonik kaynak yöntemidir. Bugün ultrasonik titreşimler yardımı ile ince metal ve termoplastik folyolar, entegre devrelerinin çıkış telleri kolaylıkla kaynatılabilmektedir.

Elektro-cüruf 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 yöntem gereksinim duyulmuş ve yapılan çalışmalar sonucu elektro cüruf yönteminin adaptasyonu ile koruyucu gaz altında özlü elektrodlar kullanarak gerçekleştirilen yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem ile 15 mm. kalınlığa kadar olan parçaları dik pozisyonda hızlı ve emniyetli bir biçimde kaynak yapmak mümkün olmuştur.

Kaynak teknolojisinde son yıllarda oldukça yaygınlaşan bir yenilik te sürtünme kaynağıdır. Bununla ilgili ilk patentler 1900'lü yıllarda alınmış olmasına karşın yöntem ilk olarak 1959 yılında Leningrad'da çeşitli işletmelerde ve bazı makina bakım tesislerinde uygulanmaya başlanmıştır. Bugün sürtünme kaynağı çeşitli endüstri dallarında çok geniş bir imalatçı kütlesi tarafından kullanılmaktadır.

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



Şekil 1.4.- Gemini uzay kapsülünün vakum odasında denenmesi; her ikisi de kaynak tekniğinin uzay endüstrisi uygulamalarının örnekleridir.

Katı faz bağlantısı olarak bilinen difüzyon kaynağı, son yıllarda A.B.D'de ve Sovyetler Birliği'nde yapılan uzun araştırmaların konusu olmuştur. Difüzyon kaynağının kullanıldığı başlıca iki önemli yer nükleer ve uzay endüstrisidir.

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

Elektron ışını ile yapılan kaynağın ilk pratik uygulamaları nükleer reaktör, roket ve uçak yapımı gibi, tekniğin yeni açılan alanlarında kendini göstermiştir. Burada kullanılan özel malzemelerin kaynağı, şimdiye kadar alışılmış yöntemler ile tatmin edici bir şekilde yapılamadığından, elektron ışını uygulanmış ve çok iyi sonuçlar alınmıştır.

Elektron ışını ile kaynakta en büyük dezavantaj, kaynak işleminin vakumda yapılmasıdır (10^{-1} - 10^{-6} Torr). Düşük vakumlu elektron ışını ile kaynak, kısa sürede özellikle otomotiv endüstrisinde uygulama alanı bulmuştur.

İnsanoğlunun uzayda daha fazla yol alması ve diğer gezegenlerde bilimsel istasyonlar kurabilmesi için çok gelişmiş birleştirme yöntemlerine gereksinimi vardır. Şüphesiz elektron ışını ile kaynak, uzay boşluğunda kullanılacak yöntemlerin başında gelir. Uzayda, bir uzay gemisinden enerji sağlayarak çalıştırılmak üzere dizayn edilen bir cihazla, yaklaşık 7 mm. kalınlığında titanyum ile alüminyum ve diğer metallerin kaynakla birleştirilmesi Sovyet bayan kozmonot Svetlana Savitzkaya tarafından gerçekleştirilmiştir.

Laser teknolojisinin hızlı gelişimi, laser ışınının, metallerde ve plastik malzemelerde birçok imalat sorununun çözümü için olanaklar doğurmuştur. Laser, elektronik ve elektrik endüstrisindeki ince tel veya levha kaynağında, ultrasonik kaynak yöntemine bir rakip olarak ortaya çıkmıştır.

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

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, bir kalite yükselmesini de gerçekleştiren bu otomatlar, gelişmelerini henüz tamamlayamamışlardır. Elektroniğin hızlı gelişmesi ile desteklenerek, gelecek için hedeflenen amaç, gerçek anlamda tam otomatik kaynak işlemini gerçekleştirebilecek **robotları** geliştirmektir.



Şekil 1.5.- Uzayda kaynak.

ÜLKEMİZDE KAYNAK TEKNOLOJİSİNİN TARİHÇESİ

Türkiye'de ilk kaynak uygulamalarına İstanbul Tersanelerinde başlanmıştır; daha sonra sırası ile 1929'da Askeri Fabrikalarda, 1930'da Sümerbank Hereke Fabrikasında, 1931 'de Karayollarında

Merkez Atölyesinde, 1933'de Eskişehir Hava İkmal Merkezinde ve 1934'de de Devlet Demir Yolları Eskişehir Fabrikasında kaynak uygulamalarının başladığı bilinmektedir. Türkiye'nin İlk bilinen kaynakçıları İbrahim PEKİN ve çırağı Ziya ALTINIŞIK ustalardır.

Türkiye'de kaynak konusunda ilk planlı çalışmaya 1937 yılında Devlet Demiryollarında başlanmıştır. Devlet Demiryollarının Eskişehir Fabrikasında, 1934 yılında dağılık durumda bulunan birkaç kaynak cihazı daha sonraları 1937 yılında kurulan özerk bir kaynak bölümünde toplandı ve bütün kaynakçılar buraya bağlandı. Bu iş için KNOCH adlı bir Alman kaynak uzmanı getirildi ve mühendis Nüvit OSMAY'da kendisine yardımcı tayin edildi. 1936 yılının Ağustosunda gelen KNOCH, 1937 Ağustosunda geri dönünce, bu kuruluşun başına Nüvit Bey getirildi. Nüvit OSMAY ayrıca 1936/37 yıllarında Alman Devlet Demiryollarının atölyelerinde ve Württemberg'deki Demiryol Kaynak Eğitim EnstİTÜsü'nde kaynak mühendisliği stajı gördü. 1947 yılına kadar Eskişehir Kaynak Şube Amirliği yapmış olan Nüvit Bey'in Türkiye'de kaynak tekniğine yaptığı hizmetler çoktur; sayısız kaynakçı yetiştirmiş ve ayrıca Oksİ - asetilen ve Elektrik Ark Kaynakları konusunda da iki ciltlik kitap yazmıştır.

Türkiye'de kaynağın gelişmesi 1950'li yılların ortasından itibaren olmuştur. Örneğin; İstanbul Teknik Üniversitesi eğitim planına kaynağı 1951'de almıştır. Makina Malzeme ve İmal Usulleri EnstİTÜsü, endüstriye ilk kaynak kurslarını 1955 yılında açmıştır. Yine aynı EnstİTÜ 1956 yılında Alman Kaynak Tekniği Cemiyeti'nin esaslarına uygun Kaynak Mühendisliği (Uzmanlığı) kursunu da 1958 yılında yapmıştır.

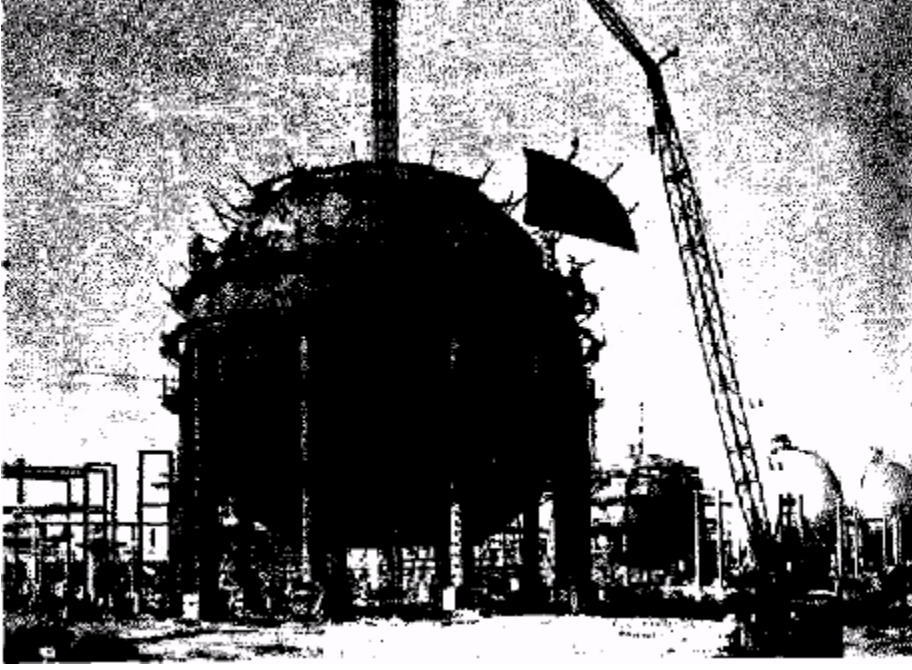
Bugün Kaynak Teknolojisi dersleri tüm üniversitelerimizde Makina ve Metalürji Mühendisliği öğretim planlarına girmiş ve bu konuda çok sayıda doktora ve lisansüstü çalışmaları yapılmıştır.

1989 ve 1990 yıllarında olmak üzere MMO ve TÜV Stuttgart, mühendislere 480 saatlik Kaynak Uzman Mühendisliği kursları düzenlemiş ve başarılı olanlara Federal Almanya'da da geçerli Kaynak Mühendisliği diploması vermiştir. Ayrıca ülkemizde yıllardır, gerek elektrod üretimi yapan firmalar, çeşitli yüksek eğitim öğretim kuruluşları, SEGEM, çeşitli düzeylerde yaptıkları kurslar ile Türk Kaynak Endüstrisi'nde çalışanların gelişmelerine yardımcı olmaktadır.

ÜLKEMİZDE KAYNAK TEKNOLOJİSİNİN DURUMU

Ülkemizde alışılmış oksİ - asetilen ve elektrik ark kaynak yöntemlerinin kullanma alanları büyük bir gelişme göstermektedir. Gemi yapımı, çelik konstrüksiyon, basınçlı kablolar ve büyük makina konstrüksiyonlarında tozaltı kaynağının klasik tek tel ile yapılan yöntemi geniş çapta kullanılmasına karşın, çift telle yapılan tandem, seri ve paralel yöntemleri ile band elektrod uygulaması henüz yoktur.

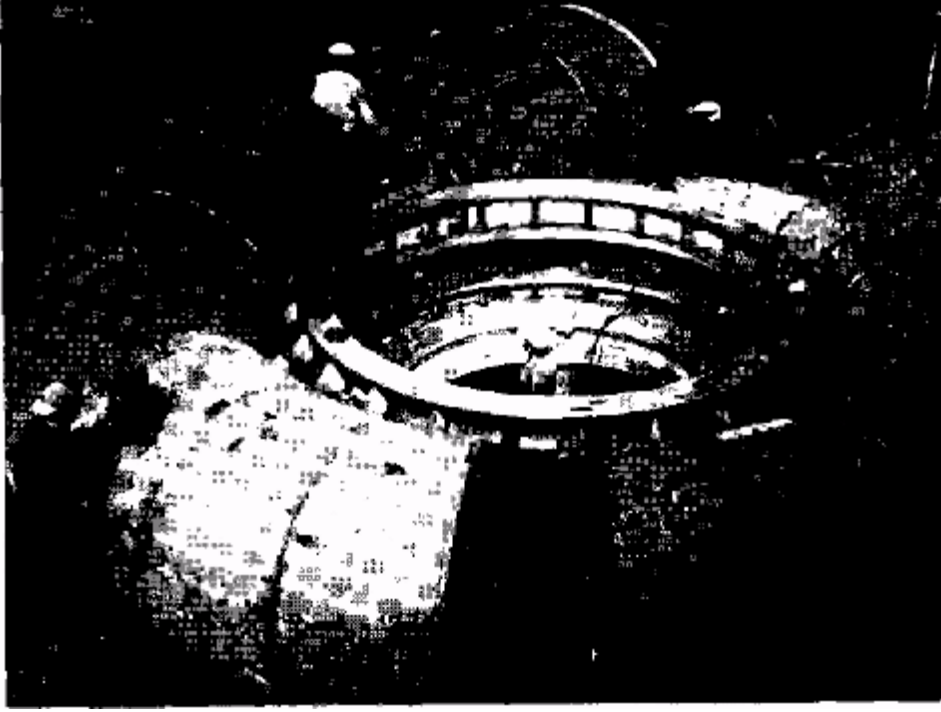
Gazaltında yapılan M AĞ kaynağı, son on yıl içerisinde, artan oranda endüstrimizin çeşitli alanlarında, örneğin buhar kazanları, gemi yapımı, çelik konstrüksiyon vb., uygulama alanları bulmaktadır. Soygaz atmosferi altında yapılan TIG ve MIG yöntemleri yüksek alaşımli çelik ve demir dışı malzemelerin kaynağında yaygın biçimde kullanılmaktadır. Kimya endüstrisi, petrokimya tesisleri, gıda endüstrisi bunların başlıca örnekleri arasındadır.



Şekil 1.6.- LPG depolamasında kullanılmak üzere kaynak ile bir küresel tankın üretimi.

Laser ve elektron ışınları ile kaynak Hava Kuvvetleri'nin yanı sıra özel sektör işletmelerinde de görülmektedir. Örneğin; Renault otomobil fabrikasında elektron ışını ile kaynak yapılmaktadır. Plazma ile kesmenin kullanıldığı birçok endüstri dalı mevcuttur. Sürtünme kaynağı matkap uçları ve supap üretiminde kullanılmaktadır. Çift tabanlı tencere üretimi ülkemizde uygulanan difüzyon kaynağına ait örnekler arasındadır.

Nümerik kontrollü ve programlı oksijen ile kesme makinaları tersanelerimize girmiştir. Ülkemizde kurulmakta olan uçak endüstrisi ister istemez, programlı nokta kaynağı donanımlarını, laser ve elektron ışını ile kaynağı ve yapıştırma tekniğini daha da yaygınlaştıracaktır.



Şekli 1.7.- Ülkemizde üretilmiş kaynak konstrüksiyonu bir Francis türbini salyangozu.

Kaynak dikişlerinin muayene ve kontrolü de özellikle 1970'li yıllardan sonra geniş çapta uygulama alanına girmiştir. Bu arada Türk Standartları EnstİTüsü'nde kaynak standartlarının çıkarılmasına hız vermiştir. Özellikle dış pazarlara açılan ülkemiz endüstrisinde kalitenin temini için, muayene ve kontrolün ciddi olarak yapılmasının önemi büyüktür.

Bugün, ülkemizde her tür örtülü elektrod, tozaltı ve gazaltı kaynak telleri, özlü teller, yumuşak ve sert lehim tel ve alaşımları, bütün kaynak gazları, elektrik ark kaynak makinaları, tozaltı ve gazaltı kaynak cihazları, oksijen - asetilen kaynak üfleçleri ve detandörleri, nokta kaynağı makinaları, oksijenle kesme ve lehimleme dekapları üretilmekte ve çeşitli ülkelere ihraç edilmektedir.

2

BAŞLICA ERİTME KAYNAĞI YÖNTEMLERİ

Kaynak, birbirinin aynı veya erime aralıkları birbirine yakın iki veya daha fazla metalik veya termoplastik parçayı ısı, basınç veya her ikisini birden kullanarak aynı türden bir malzeme katarak veya katmadan birleştirmektir.

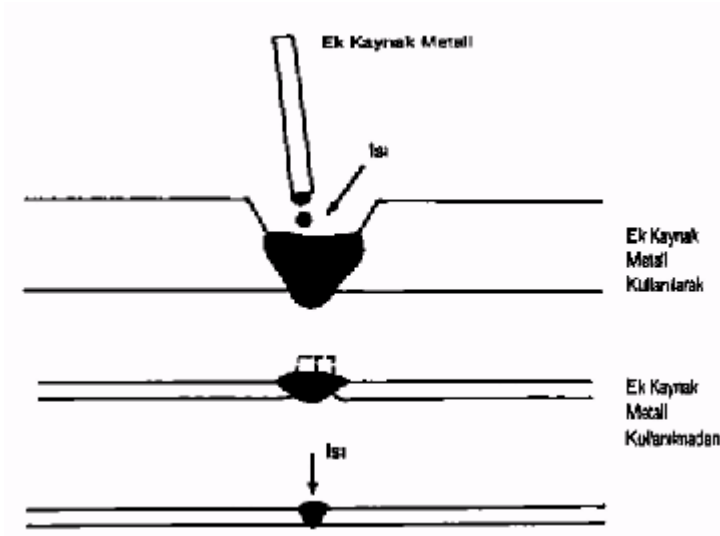
Lehimleme ise, esas malzeme erimeden gerçekleştirilen bir birleştirme yöntemidir. Metallerin lehimlenmesinde birleştirilecek metalik parçaların arasındaki boşluğu doldurmak için katılan lehim malzemesi, esas metalden daha düşük bir sıcaklıkta erir.

Metal kaynağı yöntemleri uygulanan enerjinin şiddeti ve türüne göre eritme kaynağı, basınç kaynağı, soğuk basınç kaynağı olmak üzere sınıflandırılabilirdiği gibi, işlemin amacına göre de birleştirme ve doldurma kaynağı olmak üzere iki grup altında incelenebilir.

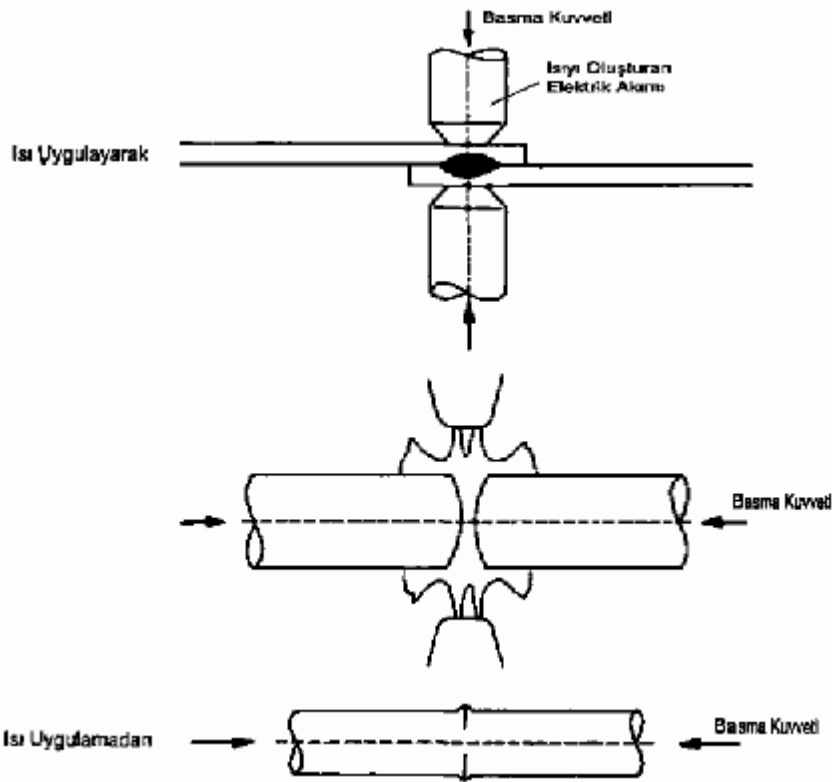
Eritme kaynağı, metalik malzemeyi yalnız sıcaklığın etkisi ile yerel olarak ek kaynak metali ile birlikte eritip birleştirmektir.

Basınç kaynağı, metalik malzemeyi ek kaynak metali kullanmadan ve ısıtmadan yalnız basınç altında birleştirmektir.

Eritme kaynağında, kaynak sıcaklığı birleştirilen malzemenin erime sıcaklığından daha yüksektir; buna karşın basınç kaynağında metal erimeden kaynak gerçekleştirilir.



Şekil 2.1.- Ek kaynak metali kullanarak veya kullanmadan gerçekleştirilen eritme kaynağı.



Şekil 2.2.- Isı uygulayarak gerçekleştirilen basınç kaynağı.

Birleştirme kaynağı, iki veya daha fazla parçayı çözülemeyen bir bütün haline getirmektedir. Doldurma kaynağı ise, bir iş parçasının hacmindeki eksikliği tamamlamak veya hacmini büyütmek, ayrıca korozif veya aşındırıcı etkilere karşı korumak amacıyla, üzerine sınırlı olarak belirli özelliklere sahip malzeme yığmaktır.

Kaynaklı konstrüksiyonlar, perçin kullanarak veya döküm yöntemi ile gerçekleştirilen konstrüksiyonlara nazaran büyük üstünlükler göstermektedir.

Kaynak ile birleştirme, perçin ile birleştirmeye göre şu üstünlüklere sahiptir:

- Kaynak, ağırlık ve işçilikten tasarruf sağlar,
- Kaynak, perçine göre daha iyi bir sızdırmazlık temin eder,
- Kaynaklı bağlantıların mukavemeti, perçinli birleştirmelerden daha yüksektir,
- Kaynak ile daha ucuz ve kolay konstrüksiyonlar gerçekleştirilebilmektedir.
- Kaynak ile döküm yönteminin karşılaştırılmasında ise şu farklar göze çarpar:
- Kaynakta model masrafı yoktur,
- Kaynak tamiratta üstünlük sağlar,
- Alışılmış kuma döküm yönteminde 6 mm.'den ince parçaların eldesi zor olmasına karşın, kaynakta 6 mm.'den ince parçalarla yapılan konstrüksiyonlar bir zorluk göstermez,
- Kaynak perçinde olduğu gibi, dökümde de ağırlıktan tasarruf sağlar,
- Yalnız çok sayıda yapılan üretimler de, ekonomik açıdan döküm üstünlük gösterir.

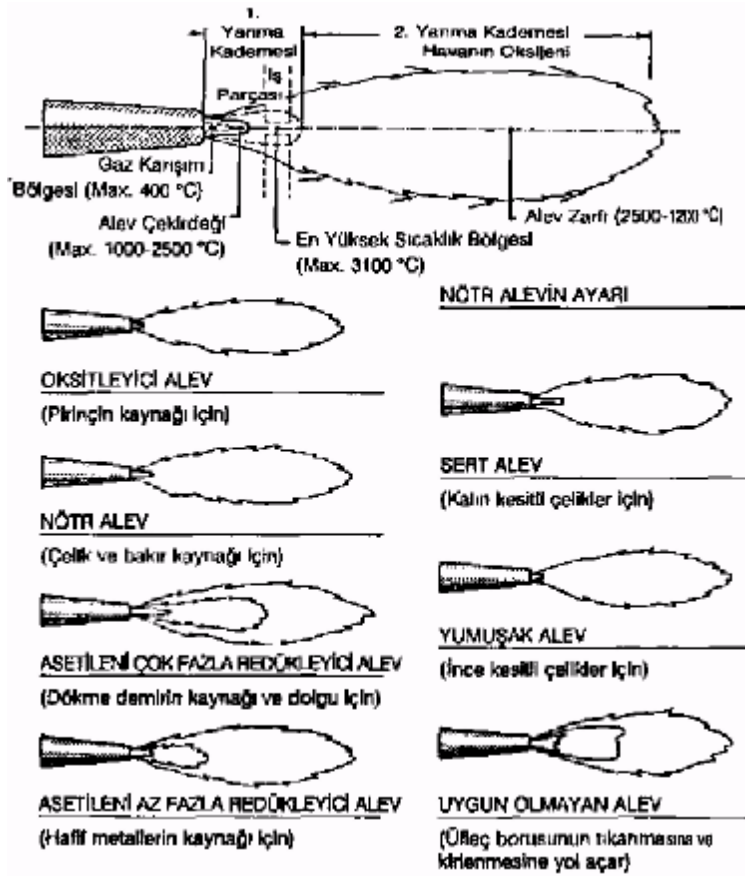
Eritme kaynağı, ısıtma enerjisinin türüne ve kaynak bölgesinin havanın olumsuz etkilerinden korunma şekline göre, birbirlerinden farklılık gösteren çeşitli yöntemler uygulanarak gerçekleştirilir. Günümüz endüstrisinde en sık uygulanan eritme kaynağı yöntemleri şunlardır:

Gaz eritme kaynağında, kaynak için gerekli ısı, bir yanıcı gaz ve oksijenin oluşturduğu alev tarafından sağlanır.

Şalümo veya üfleç diye adlandırılan bir yakıcıya, yanıcı gaz ve oksijen iki ayrı hortum tarafından iletilir; üfleçte bu gazlar istenen oranda karışır ve üflecin bek kısmından dışarı çıkar ve burada yanarak kaynak alevi oluşturur. Kaynak alevi gerek iş parçası ve gerekse de ek kaynak metalini eritecek güçtedir. Ek kaynak metali gerektiğinde bir tel çubuk halinde kaynak bölgesine kaynakçı tarafından sokulur.

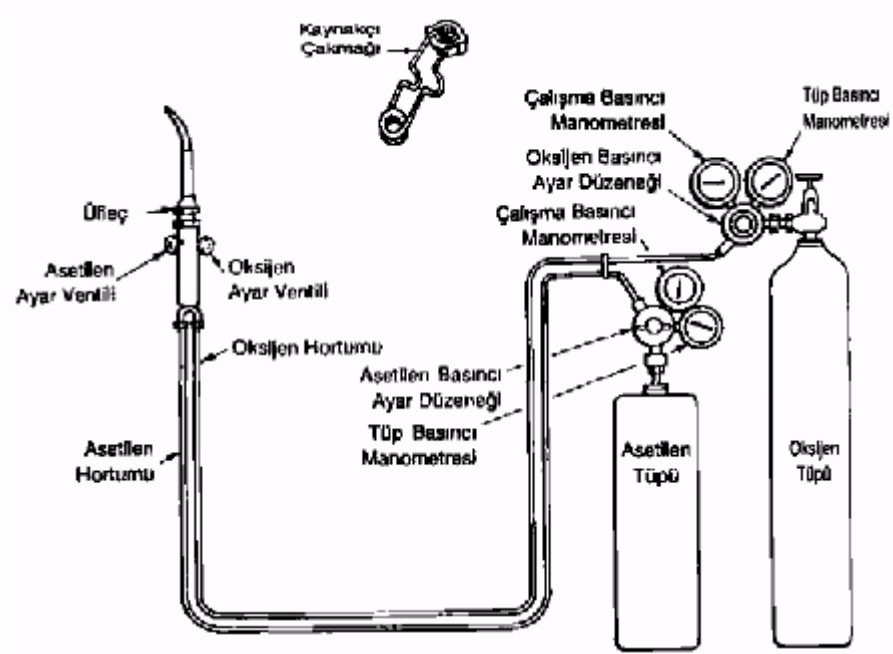
Günümüzde, genellikle yanıcı gaz olarak asetilen kullanıldığından bu yöntem oksl - asetilen kaynağı adı da verilir. Bu yöntemde alevin zarfı, kaynak bölgesini havanın olumsuz etkilerinden korur.

Her tür metal ve alaşımın kaynak edilebildiği bu yöntem gerek yavaşlığı ve gerekse de yetişmiş personel gereksinimi nedeni ile bugün sadece tamir işlerinde uygulama alanı bulmaktadır.

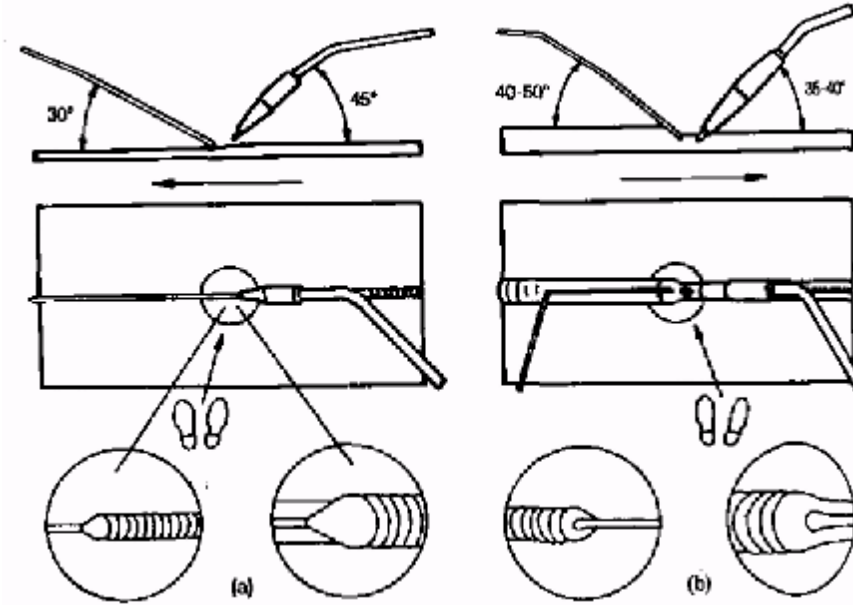


Şekli 2.3.- Oksi-asetilen kaynak alevi ve alev türleri (şematik).

Bütün kaynak yöntemlerinde işlemi gerçekleştirebilmek için bir kaynak enerjisine, bu enerjiyi sağlayan ve kaynak bölgesine taşıyan bir donanıma, kaynak ağzını doldurmak için bir ek kaynak metaline gereksinme vardır.



Şekil 2.4.- Oksi-asetilen kaynak donanımı.



Şekil 2.5.- Oksi-asetilen kaynağının uygulanması

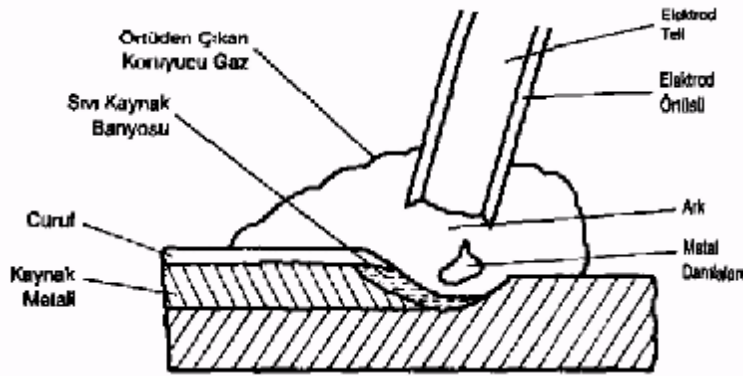
(a) Sol kaynak

(b) Sağ kaynak

Kaynağın üç temel elemanı diye isimlendirebileceğimiz bu üç unsur elektrik ark kaynağında, ark, kaynak makinası ve kaynak elektrodu tarafından sağlanmaktadır. Ayrıca kaynakçıyı korumak, kaynatılan parçaları bir arada tutabilmek, kaynak pozisyonunu ayarlayabilmek ve çalışma koşullarını kolaylaştırabilmek için bir takım yardımcı araç ve gereçlere gerek vardır.

Elektrik ark kaynağında kaynak için gerekli ısı, elektrik arki tarafından sağlanmaktadır. Kaynak ağızını doldurmak için gerekli ek kaynak metalinin katılma biçimi ve kaynak bölgesinin havanın olumsuz etkilerinden korunma biçimine göre çok çeşitli ark kaynak yöntemleri geliştirilmiştir. Günümüzde en yaygın kullanılan eritme kaynağı yöntemleri elektrik ark kaynağı yöntemleridir.

Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağında ark, iş parçası ve eriyen elektrod arasında yanar ve bu şekilde eriyen elektrod aynı zamanda kaynak metali haline geçer. Elektrod Örtüsü de aynı anda yanarak erir. Bu esnada açığa çıkan gaz ark bölgesini korur ve oluşan cürufu kaynak dikişini örterek kaynak bölgesinin korunmasını sağlar.

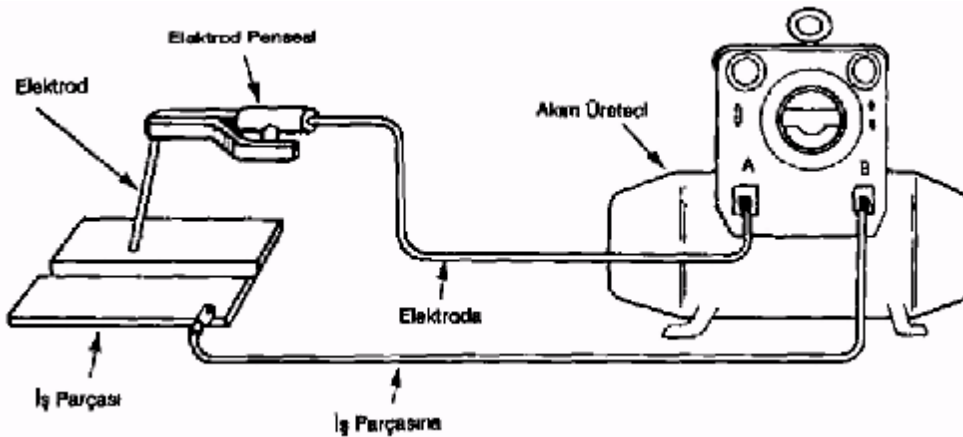


Şekil 2.6.- Örtülü elektrod ile ark kaynağında kaynak bölgesi.

Ayrıca elektrod örtüsüne katılan alaşım elementleri yardımı ile kaynak dikişini alaşımlandırarak, istenen özelliklerde kaynak bağlantısı elde edilebilmektedir.

Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, ark kaynak yöntemleri içinde en basit, en popüler ve en universal özeliğe sahip olan yöntemdir.

Bu yöntem uygulamada, demir esaslı veya demir dışı metal ve alaşımlarının kaynağında 1,2 mm.'den daha kalın parçalara, her kaynak pozisyonunda uygulanabilmektedir.



Şekil 2.7.- Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynak donanımı blok şeması.

Kaynak için gerekli koşullardaki elektrik akımı, bu iş için geliştirilmiş bir kaynak akım üretici tarafından sağlanır; akım kablolar yardımı ile iş parçası ve elektrod pensesine iletilir. Kaynakçı elektrodu penseye takar ve iş parçasına deydirek arkı oluşturur. Arkın başlatılması, yanması, boyunun ayarını, söndürülmesi, kaynak hızı ve eriyen elektrod metalinin kaynak ağzını doldurması için gerekli manipülasyonlar tamamen kaynakçı tarafından yapılır; bu yöntemde kaynağın kalitesine kaynakçının el melekесinin etkisi çok önemlidir.

Kaynak sonrası dikiş üzerinde oluşan cüruf gene kaynakçı tarafından temizlenir.

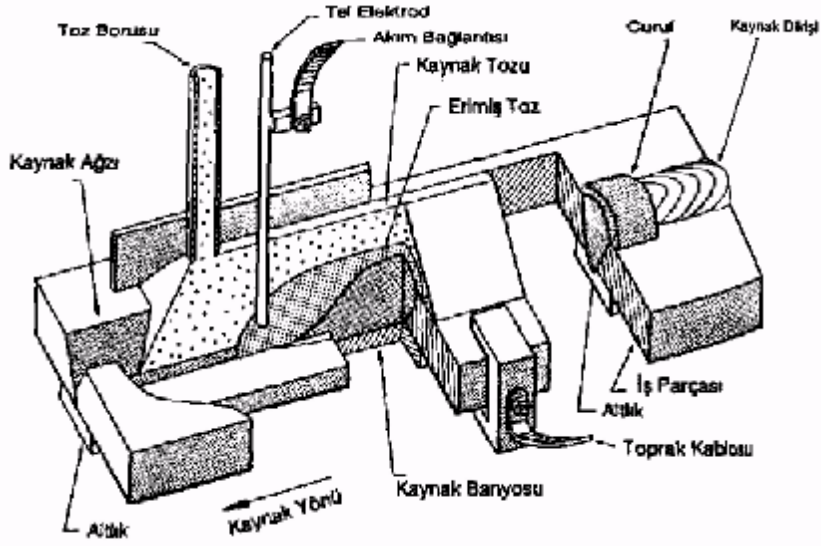
Örtülü elektrod kullanılarak el ile yapılan elektrik ark kaynağında teknik donanım kadar kaynakçının bilgisi ve el becerisi de büyük bir önem taşımaktadır.

Kaynak işlemini hızlandırmak, kaynakçının dikişin kalitesine etkisini ortadan kaldırmak konusunda çalışmalar sonucunda iki ayrı yoldan gidilerek, bugün tozaltı ve gazaltı diye adlandırdığımız kaynak yöntemleri geliştirilmiştir.

Tozaltı kaynak yöntemi, ilk defa 1933 yılında, A.B.D.'de bulunmuş ve 1937 yılından itibaren de Avrupa'da uygulanmaya başlanmıştır.

Bu kaynak yönteminde ark, bir mekanizma tarafından otomatik olarak kaynak bölgesine gönderilen çıplak tel ile iş parçası arasında oluşur ve bir kanaldan devamlı olarak üzerine gelen, özel bir toz altında yanar. Ark, bir toz örtüsü altında kaldığından etrafa ışınım yapmaz ve bu şekilde ark enerjisinin büyük bir kısmı (yaklaşık % 64'ü) doğrudan doğruya kaynak için sarf edilmiş olur ve toz örtüsü kaynak banyosunu atmosferin olumsuz etkilerinden korur.

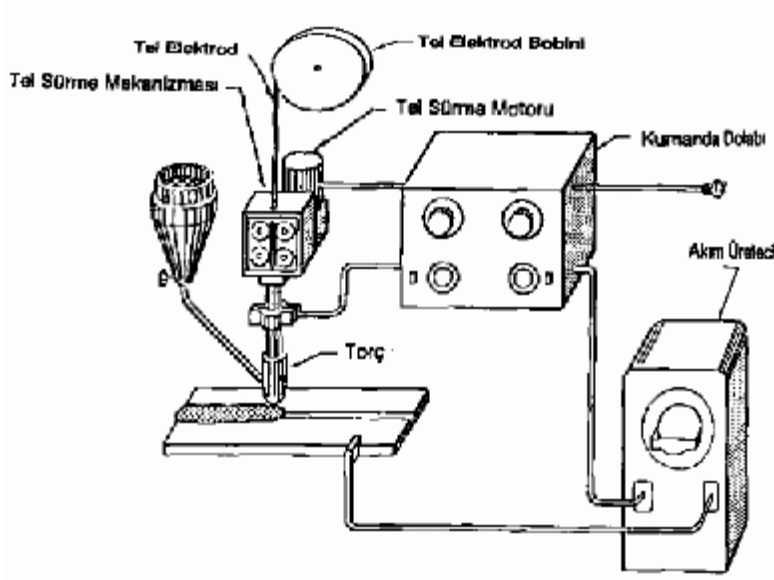
Tozaltı kaynak yönteminde, tel elektroda, uç kısmına yakın bir yerden ve özel bir bakır kontakt tarafından akım verildiğinden, çok yüksek akım şiddetlerine çıkmak mümkündür. Bu bakımdan, tozaltı kaynak yöntemi çok güçlü bir kaynak yöntemidir ve bir paso ile takriben 85 ve iki paso ile 180 mm.'ye kadar kaynak yapabilme olanağı sağlar. Akım şiddetinin yüksekliği büyük bir kaynak banyosu oluşturur ve tahmin edilmeyecek derecede derin bir nüfuziyet sağlar.



Şekil 2.8.- Tozaltı kaynak yönteminde kaynak bölgesi.

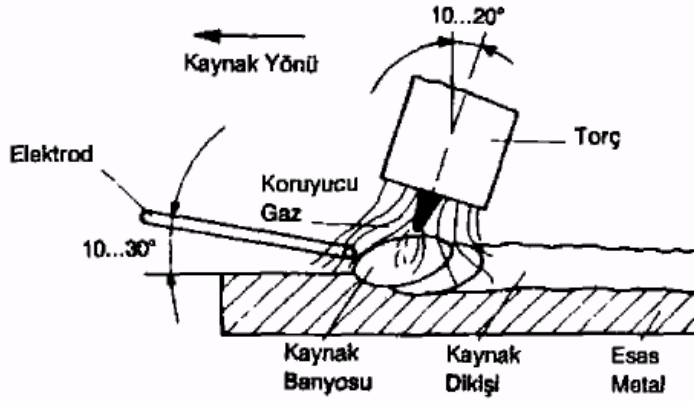
Bu önemli avantajlara sahip tozaltı kaynak tekniğinin de bazı dezavantajları vardır ki, bunlar uygulama alanını sınırlandırmaktadırlar: bu yöntem ince saclar, için elverişli değildir; el ile kullanılmak üzere geliştirilmiş donanım iyi sonuç vermemiştir; bu bakımdan otomatik kullanımı gerekli olduğundan parçanın şekli, iletme tertibatının yörüngesine uygun olmalıdır. Tozaltı kaynak tekniği, ancak yatay kaynak dikişleri için uygundur, her ne kadar bugün özel bir tertibatla dik ve korniş kaynağı yapabilmek olanağı elde edilmiş ise de, tavan kaynaklarını bu yöntem ile birleştirebilirle olanağı yoktur; boru kaynağında ancak boru döndürüldüğü takdirde bu yöntemle kaynak yapmak mümkün olmaktadır ve kısa dikişler halinde makinanın ayarlanması için kaybedilen zaman göz önüne alındığında, sonuç ekonomik olmaktadır.

Tozaltı kaynak yöntemi ile sadece çeliklerin kaynatılabilmesi; araştırmacıları, diğer endüstriyel metal ve alaşımların kaynağı için de otomatik bir yöntem geliştirmeye zorlamıştır.



Şekil 2.S.- Tozaltı kaynak donanımı blok şeması.

Tungsten Inert Gas kelimelerinin ilk harflerinden oluşmuş TIG kelimesi ile adlandırılan bir yöntemde kaynak için gerekli ısı enerjisi bir Tungsten elektrod ve iş parçası arasında oluşturulan ark tarafından sağlanmakta ve kaynak bölgesi de elektrodu çevreleyen bir lüleden gönderilen, bir asal gaz (Helium veya Argon) tarafından korunmaktadır.

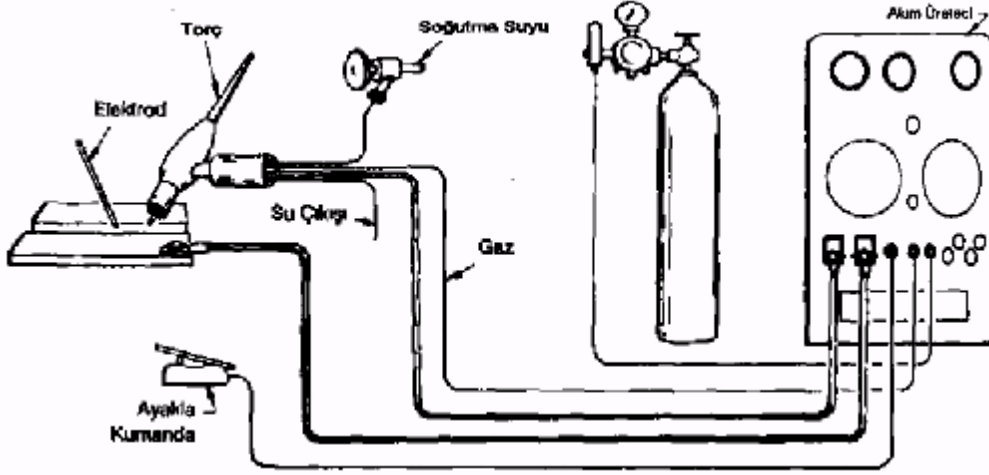


Şekil 2,10.- TIG kaynak yönteminde kaynak bölgesi.

Kaynak için ek kaynak metali, gerektiğinde, oksi - asetilen yönteminde olduğu gibi, tel halinde kaynakçı tarafından kaynak bölgesine sokulur.

Koruyucu gaz olarak bir soy gaz kullanılması sonucunda, kaynak esnasında sıvı metal havanın olumsuz etkilerinden çok iyi bir derecede korunur ve bu bakımdan, bu yöntem özellikle havanın

oksijeninden şiddetle etkilenen hafif metal alaşımları ve paslanmaz çelikler için çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Koruyucu gaz olarak Avrupa'da ve ülkemizde en fazla Argon, A.B.D.'terinde İse Helium, Helium - Argon karışımları kullanılmaktadır.



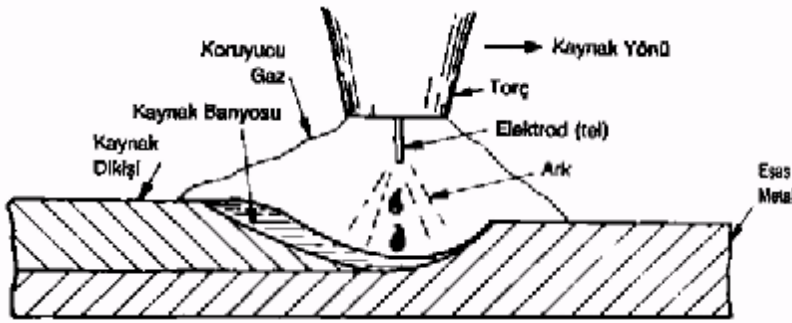
Şekil 2.11.- TIG kaynak donanımı blok şeması.

TIG kaynak yöntemi çok geniş bir uygulama alanına sahiptir, demir esaslı alaşımların kaynağında ve endüstride karşılaşılan demir dışı metal ve alaşımların çok büyük bir kısmının kaynatılmasında başarı ile kullanılabilmekte ve bütün kaynak pozisyonlarında sağlıklı sonuçlar alınabilmektedir. Bu yöntem ince levhaların kaynağında çok başarılı sonuçlar vermesinin yanı sıra kalın parçalara da kolayca uygulanabilmektedir.

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

Önceleri sadece doğru akım ile kullanılan bu yöntem, yüksek frekans stabilizasyon sisteminin geliştirilmesi ile alternatif akım ile de uygulanabilir hale gelmiştir

Yapılan araştırmalar sonucu, ilk defa 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, helium veya argon gibi asal bir gaz atmosferi altında yanar; bu yöntemin TIG yönteminden farkı, arkin iş parçası ve kaynak metali gereksinimini karşılayan bir elektrod arasında oluşturulmasıdır.



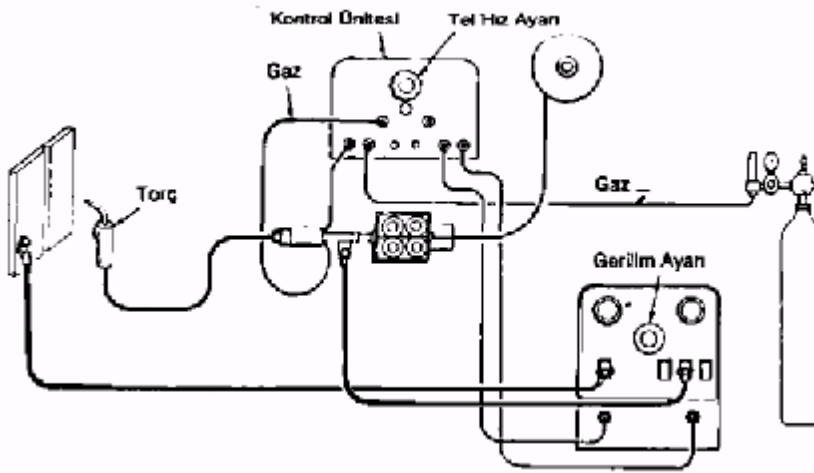
Şekil 2.12.- MIG kaynak yönteminde ark bölgesi.

Eriyen elektrod ile gazaltı kaynağı çok geniş bir uygulama alanına sahiptir, çok ince levhalar hariç, her kalınlıktaki demir esaslı ve demir dışı metal ve alaşımların kaynağında kullanılabilir. her kalınlıktaki demir esaslı ve demir dışı metal ve alaşımların kaynağında kullanılabilir.

Bu yöntemin uygulanması çok basittir, operatör hiçbir zorlukla karşılaşmaz; toprak kablosunu iş parçasına bağlayıp, torçun ucundaki tel elektrodu kaynak ağzına değdirmek kâfi gelmektedir, zira sistem uygun ark boyunu, kendisi otomatik olarak sabit tutmaktadır.

Uygulama kolaylığı nedeni ile bütün demir dışı metal ve alaşımlarının kaynağında çok popüler ve aranan bir yöntem haline gelen MIG yönteminin sade karbonlu ve az alaşımlı çelikler için uygulama alanı bulamamasına asal gazın pahalılığı neden olmuştur.

Bilindiği gibi sade karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin örtülü elektrod ile kaynağında ark bölgesi, örtünün yanması veya ayrışması sonucu ortaya çıkan CO₂ tarafından havanın olumsuz etkilerinden korunmaktadır; bu olaydan hareket edilerek CO₂'nin koruyucu gaz olarak kullanıldığı ilk denemeler iyi sonuç vermemiş, çok fazla sıçrama ve dikişte aşırı porozite ile karşılaşmıştır. Araştırmalar bunun nedeninin CO₂'nin safiyetsizliği ve içerdiği rutubet olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 2.13.- MIG kaynak donanımı blok şeması.

1950'li yılların başlarında özellikle otomobil endüstrisinde, tam otomatik olarak çalışan, yüksek erime güçlü, çok hızlı sadece yatay pozisyonda çalışabilen, CO₂ koruyucu gazlı kaynak makinaları kullanılmaya başlanmıştır; bu yöntemde görülen sadece yatay pozisyonda çalışabilme olanağı ve fazla miktarda sıçrama araştırmacıları bu doğrultuda çalışmalara yöneltmiştir.

CO₂ gibi aktif bir koruyucu gazaltında yapılan bu kaynak yöntemine Metal Active Gas kelimelerinin baş harflerinden yararlanılarak MAG adı verilmiştir.

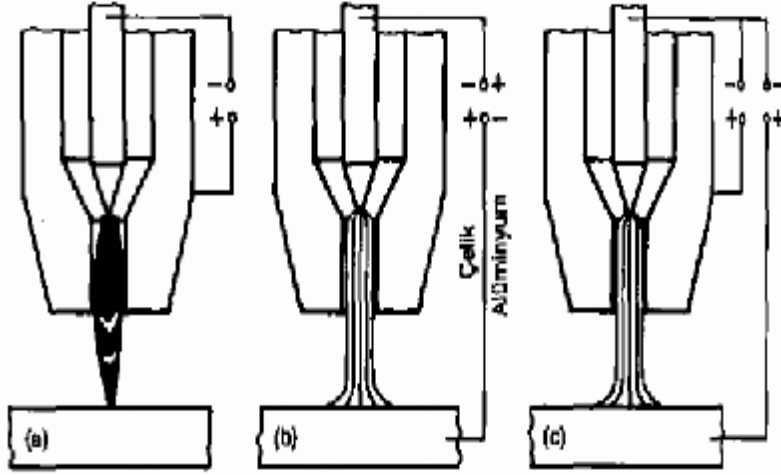
Son yıllarda geliştirilen, darbeli akım yönteminde, kaynak akımı, ayarlanan frekansta bir alt ve bir üst değer arasında değiştirilerek iş parçasına aktarılan ısı girdisi minimumda tutularak, özellikle ince parçalarda çarpılma azaltılmıştır.

Endüstrileşmiş ülkelerde günümüzün en popüler yarı otomatik kaynak yöntemlerinden birisi olan MIG - MAG yöntemi son yıllarda ülkemizde de hızla yayılmaktadır.

Özellikle paslanmaz çeliklerin kesilmesinde yaygın biçimde kullanılan plazma arkı, temel olarak TIG kaynak yönteminin bir uzantısı olup, bu yöntemde TIG kaynağının konik şeklindeki arkı çeşitli düzenlemelerle büzülerek ince silindirik hale getirilmiştir. Bir plazma ark üfleci, ucunda küçük bir deliği bulunan meme ile bu memenin merkezindeki tungsten bir elektrodan oluşmuştur. Plazma gazı, bu iç içe geçmiş dairesel meme ile elektrod arasından geçerek delikten dışarı çıkar. Elektrod ile meme (transfer olmamış ark) veya iş parçası (transfer olmuş ark) arasında ark sütunu meydana geldikten sonra, basınçlı plazma jetinin oluşturulması için iyonize olan gaz delikten dışarı püskürtülür. Meme çok iyi soğutulduğundan ark içe doğru büzülür, böylece ark sütununun sıcaklığı 10000-20000°K arasında bir dereceye yükselir.

Plazma arkı ile kaynak, kesme, rendeleme, oyuk açma, doldurma ve hatta tavlama işlemleri yapılabilir. Özellikle oksijen - asetilen yöntemi ile kesilemeyen seramikler, alüminyum, bakır ve alaşımları, paslanmaz çelikler rahatlıkla plazma arkı ile kesilebilir malzemelerdir.

Plazma arkı ile metallerin su altında kesilmesi de rahatlıkla gerçekleştirilmektedir.

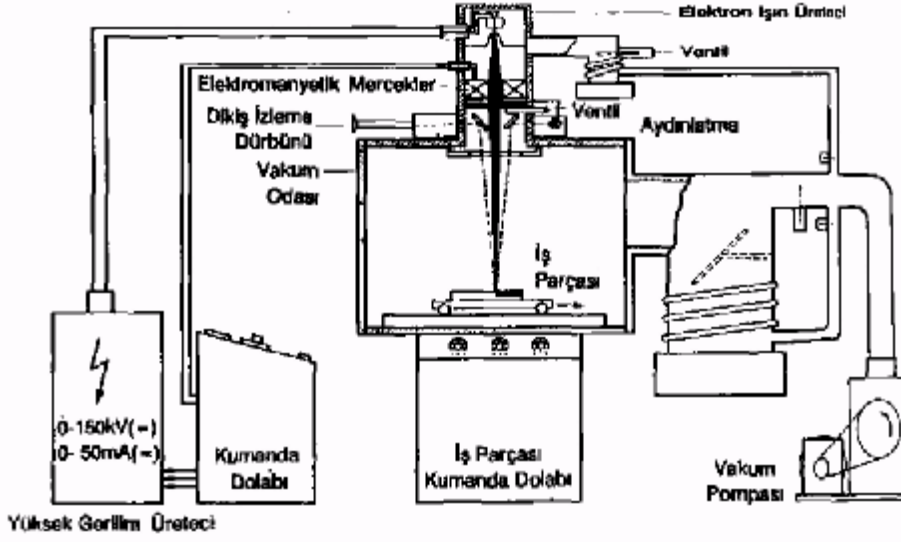


Şekil 2.14.- Plazma arkının oluşumu

- Transfer olmamış ark (Endirekt ark)
- Transfer olmuş ark (Direkt ark)
- Her iki arkın birleştirilerek uygulanması.

Elektron ışın kaynağı, elektronların yüksek vakum altında hızlandırılmaları sonucu kazandıkları kinetik enerji kullanılarak gerçekleştirilen bir kaynak yöntemidir. Elektronlar, metal yüzeyine çarptıkları zaman enerjilerinin büyük bir kısmı ısıya dönüştüğünden metal erir. Bu nedenle, elektron ışın kaynağı uygun biçimde odaklanmış ve erime sağlayacak kadar enerji kazandırılmış (hızlandırılmış) elektron ışınının metale çarparak, durmaya zorlanması prensibine dayanır.

Günümüzde, refrakter ve nadir metallerin, yüksek sıcaklık ve korozyona dayanıklı alaşımların ve çeliklerin kaynağında bu yöntemin kullanılmasında büyük deneyim kazanılmıştır. Bugün elektron ışın cihazları büyük metal kütüklerden, elektronik mikro devrelere kadar tüm elemanların kaynağında rahatlıkla kullanılmaktadır. Yöntem özellikle nükleer, havacılık, füze ve otomotiv endüstrilerinde yaygın ve avantajlı şekillerde kullanılmaktadır. Ancak tek ve büyük dezavantajı vakum kamarası gerektirmesidir.

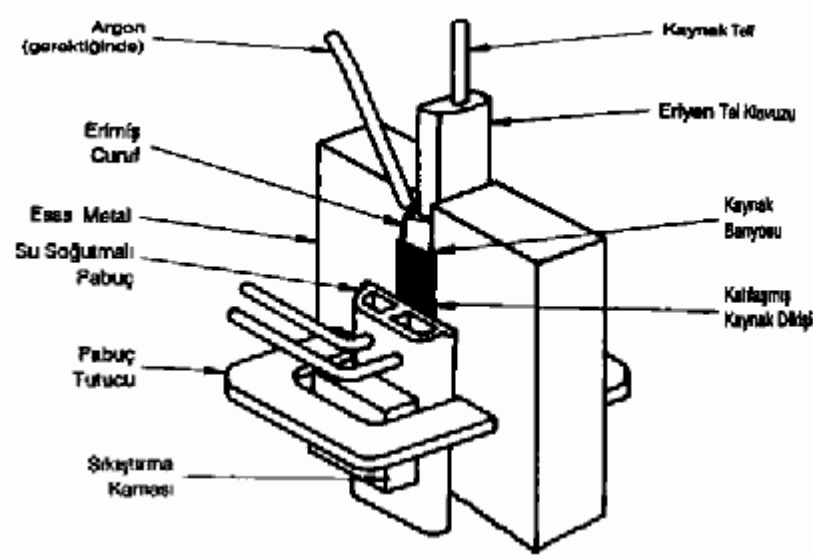


Şekil 2.15.- Elektron ışın kaynak donanımının seması.

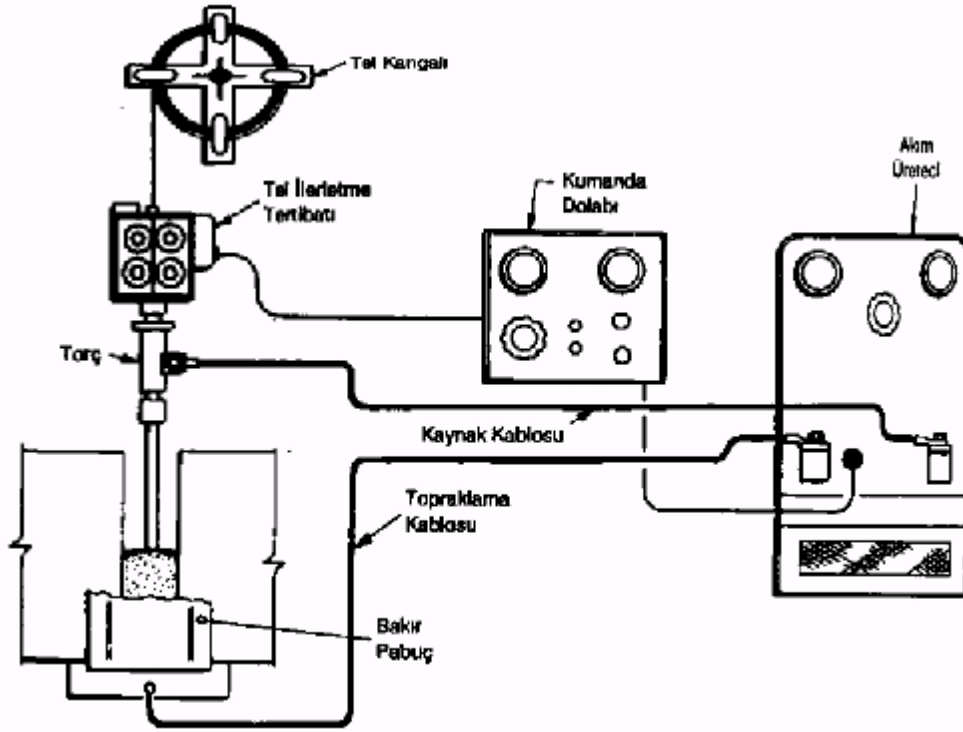
Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation kelimelerinin baş harflerinden oluşturulan LASER ışını ile kaynak, kesme ve işleme; konsantre edilmiş enerji ışınlarının (elektron ışın, plazma jet v.s.) kullanılma tekniklerinden bir tanesidir. Alışılmış kaynak yöntemlerinin kullanılmadığı durumlar için geliştirilmiş bir kaynak yöntemidir. Aslında bir eritme kaynak yöntemi olan **Laser Kaynağı**'nda güç yoğunluğu, malzeme kuvvette buharlaşmadan eriyecek şekilde ayarlanmalıdır.

Laser'ın birçok elde edilmiş türü vardır; kaynak ve kesme için **Katı Hal Laser**'ı ve **Gaz Laser**'ları kullanılmaktadır. Laser, günümüzde elektronik, saat, hassas cihaz ve tıp endüstrisi dallarında yaygın olarak kullanılmakta olup gelişen otomasyon teknikleri sayesinde de otomotiv endüstrisinde de uygulama alanına girmiştir.

Elektro - cüruf kaynağı, kalın parçaların dik pozisyonda birleştirilmesinde uygulama alanı bulmuş güçlü bir kaynak yöntemidir. Bu yöntemde, elektrod olarak aynen tozaltı ve MIG - MAG yöntemlerinde kullanılanlara benzer türde tel elektrodlar kaynak banyosu üzerindeki sıvı cürufa dalar ve erir; gerekli sıcaklık yükselmesi cürufun elektrik akımına gösterdiği direnç nedeni ile oluşur



Şekil 2.16.- Elektro-cüruf kaynak yönteminde kaynak bölgesi.



Şekil 2.17.- Elektro-cüruf kaynak donanımı blok şeması.

Cüruf oluşturmak için örtülü elektrodun örtüsünde cüruf oluşturucu maddeler olarak tanımlanan mineral tozlar kullanılır. İşlem sırasında malzeme genişliğine bağlı olarak birden fazla tel kullanılabilir. Elektro - cüruf yöntemi, 20 mm.'den kalın parçaların dik kaynağında tek veya çok pasolu olarak

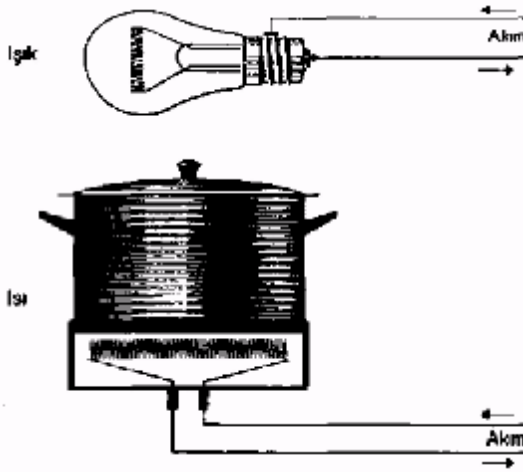
uygulanabilmektedir. Özellikle gemi yapımı, büyük basınçlı kaplar ve büyük makina gövdelerinin yapımında uygulama alanı bulmuştur.

Günümüz endüstrisinde oldukça geniş uygulama alanı bulmuş olan bu eritme kaynağı yöntemlerinin işin gereğine göre çeşitli varyasyonları da geliştirilmiştir. Bütün bunlarda amaç, emniyetli ve ekonomik kaynaklı bağlantılar gerçekleştirebilmektir.

3

ELEKTRİK BİLGİSİ

Elektrik ark kaynağı, günümüz endüstrisinde en geniş çapta kullanılan kaynak yöntemidir. Kaynak işleminde doğrudan şebekeden çekilen akım ile kaynak yapmak teknik olarak mümkün değildir. Elektrik ark kaynağında arkı oluşturabilmek için kullanılan kaynak akımı, belirli koşullara sahip olmak zorundadır ve bu bakımdan özel kaynak akım üreteçlerine gerek vardır.



Şekil 3.1.- Elektrikğin ışık ve ısı biçiminde algılanan etkileri.

Kaynakçının bu makinaları çalıştırabilmeği, ayarlarını yapabilmesi için yeterli elektrik bilgisine sahip olması gereklidir.

Fizikçiler elektriği bir atomun içinde bulunan elektronların yer değiştirmesiyle oluşan yönlü bir hareketin doğurduğu sonuçtur diye tanımlarlar.

Elektrik akımını basit olarak tanımlamak çok zordur. Elektrik akımı görülmez veya doğrudan fark edilemez ancak etkileri ile kendini belli eder; bu etkileri üç ana grupta toplamak mümkündür.

Isıl Etki

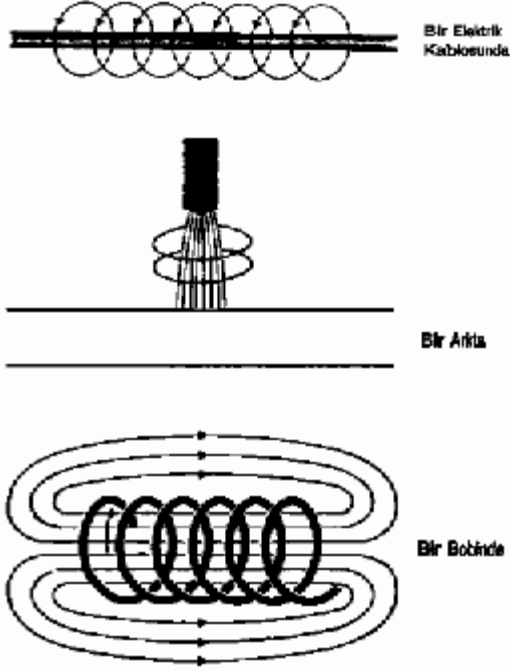
Elektrik enerjisi ısı enerjisine kolaylıkla dönüşebilmektedir. Bilindiği gibi ısınan cisimler ışınım yayarlar ve bu ışınımın şiddeti de ısınma derecesi ile artar.

Manyetik Etki

Elektrik akımı herhangi bir iletkenin üzerinden geçerken, bu iletkenin çevresinde manyetik etkilerin

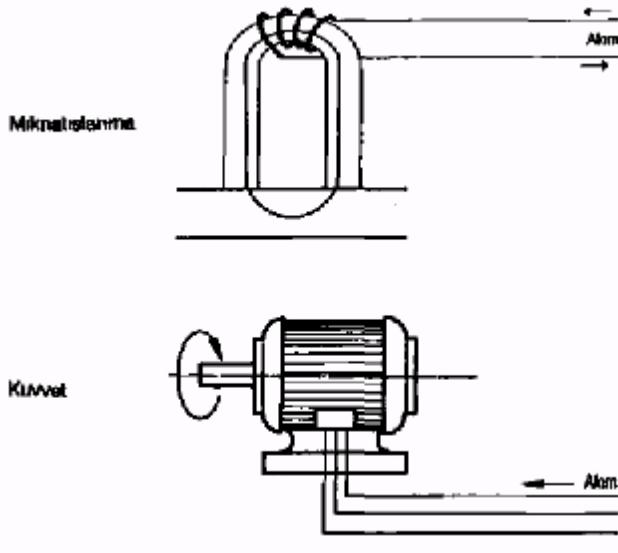
görüldüğü, bir manyetik alan oluşturur.

Manyetik alanda bir elektrik akımı gibi görülmez; manyetik alan yalnız etkileri ile kendin! gösterir.



Şekil 3.2.- İletkenin çevresinde manyetik alan oluşumu

Manyetik alan bir kuvvet ortaya çıkardığı gibi bir elektriksel etki de oluşturur ve bu mıknatıslanmaya ve elektrik motorlarının çalışmasına olanak sağlar.



Sakil 3.3.- Elektriğin manyetik etkisi ve motorlara uygulanması.

Kimyasal Etki

Elektrik enerjisi akümülatörler halinde olduğu gibi kimyasal enerjiye dönüştürülüp saklanabilir, piller halinde de direkt olarak kimyasal enerjinin dönüşümünden ortaya çıkabilmektedir.

Elektriğin etkilerini bu şekilde gördükten sonra elektrik ile ilgili bazı kavramları tanımlayalım:

Elektrik Akım Şiddeti

Akım şiddeti, bir iletken üzerinden akan elektrik debisi olarak düşünülebilir ve bu şekilde saniyede iletken üzerinden geçen elektrik miktarı olarak tanımlanır. Birimi Amper'dir ve simge olarak I harfi ile gösterilir. Amper sayısı ne kadar büyürse, eşit koşullarda, o oranda da elektrik akımının etkisi artar.

Fizikte Amper şu biçimde tanımlanır: Gümüş nitrat eriyikli bir elektroliz kabında 1 saniyede 1,118 miligram gümüş ayıran akım şiddeti 1 Amperdir.

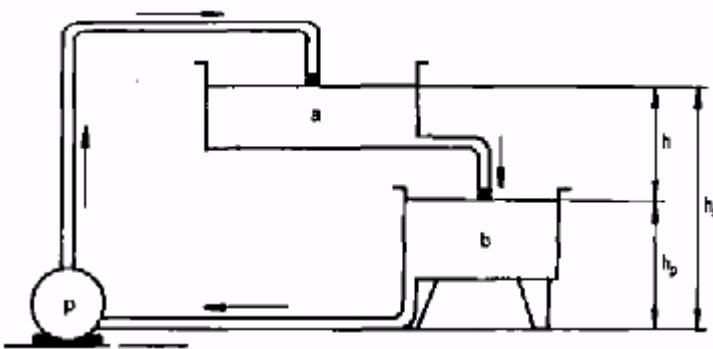
SI birim sisteminde, TS1308 (Ocak 1987), Amper'i şu şekilde tanımlamaktadır.

"Amper, boşlukta birbirinden 1 metre uzaklıkta yerleştirilmiş sonsuz uzunluka, ihmal edilebilir dairesel kesitte paralel iki doğru iletken üzerinden geçen, bu iki iletken arasında metre başına 2×10^{-7} Newton'luk kuvvet oluşturan sabit bir akımdır."

Bir elektrik devresinde yönü ve şiddeti zamana göre değişmeyen akıma doğru akım, yönü ve şiddeti zamanla periyodik olarak değişen akıma ise alternatif akım denir. Örneğin; bir pilin, akümülatörün ve bir kaynak jeneratörünün, kaynak redresörünün verdiği akım doğru akımdır; şehir elektrik şebekesi ve bir kaynak trafosunun verdiği akım ise alternatif akımdır. Ülkemizde şebekelerdeki alternatif akım saniyede 50 kez yön değiştirmektedir, bu değer alternatif akımın frekansı olarak tanımlanır ve 50 Hertz olarak belirtilir.

Gerilim

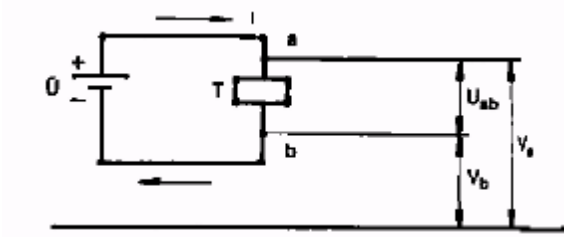
Bir elektrik devresinde herhangi iki nokta arasında akımın geçebilmesi için bu noktalar arasında bir elektriksel seviye farkının, yani potansiyel farkının bulunması gereklidir, bu olayı bir su devresine de benzetebiliriz.



Şekil 3.4.- Elektrik geriliminin su devresi benzeşimi ile açıklanması.

Şekil 3,4'de ki su devresinde, suyun a kabından b kabına akmasına neden bu kaplarda bulunan

suların arasındaki $h_a-h_b= h$ seviye farkıdır. P pompası b kabındaki suyu a kabına pompalayarak iki kap arasındaki h seviye farkını sabit tutar; aynı olay bir elektrik devresinde de düşünülebilir; Şekil 3.5'de görülen T tüketicisinin a ve b noktaları arasındaki potansiyel farkını Ö üretici sabit tutmaktadır. Bir elektrik devresinde herhangi bir noktanın potansiyeli, o nokta ile toprak arasındaki potansiyel farkı ile belirtilir ve birimi Volt'tur, kısaca V harfi ile gösterilir; genelde gerilim V harfi ile belirtilir.



Şekil 3.5.- Bir elektrik devresinde gerilimin açıklanması.

$$U_{ab}=V_a-V_b$$

Burada; V_{ab} : a - b noktaları arasındaki potansiyel farkı (gerilim),

V_a : a noktasındaki potansiyel,

V_b : b noktasındaki potansiyel,

Volt (gerilim) değerinin büyümesi, eşit koşullarda ve o oranda akım devresinden akan akımın ve dolayısı ile de akım şiddetinin artması ile de mümkündür.

Direnç

Herhangi bir iletkenin içinden akım geçerken bir zorlukla karşılaşır, bunu yenebilmek ve akımın sürekli olarak geçmesini sağlamak için bir gerilime gerek vardır. Bu zorluğun şiddeti iletken malzemesinin türüne, kesitine ve sıcaklığına bağlı olarak değişir; bir iletkenin içinden geçen akıma karşı gösterdiği zorluğa **elektrik direnci** denir, R harfi ile gösterilir ve bunun değeri de $R=U/I$ olarak tanımlanır. Elektrik direncinin birimi **Ohm**'dur (Ω) ve fizikte 1 Ohm: 106,3 cm. uzunluğunda ve 14,4521 gr. ağırlığında Hg sütununun 0 'C'deki elektrik direnci olarak tanımlanır.

TS 1308 (Ocak 1987) ise elektrik direncini şöyle tanımlamaktadır:

"İletken içinde elektromotor kuvvet bulunmaması durumunda elektrik potansiyel farkının akım şiddetine bölünmesidir."

Metaller düşük bir elektriksel dirence sahiptir ve iyi bir elektrik iletkenlerdir. Bu özellik, özellikle bakırda en fazla kendini gösterir, dolayısı ile de elektrik akımını iletmek için bakır kablolardan yararlanılır. Elektriğin geçmesine büyük zorluk gösteren malzemelere de yalıtkan denir.

Porselen, seramik, dokuma, lastik, plastik ve metal olmayan malzemeler yüksek bir elektrik direncine sahip olduklarından, elektriği kötü iletirler; bu bakımdan uygulamada yalıtkan olarak bunlardan yararlanılır.

Bu üç büyüklük arasında şu temel bağıntı vardır;

$$U = I \cdot R$$

$$I = U/R$$

$$R = U/I$$

Güç

Güç birim zamanda yapılan iş olarak tanımlanır.

Elektrikte güç gerilim farkı U ile birim zamanda devreyi dolaşan akım şiddetinin çarpımı olarak ifade edilir.

$$P = U \cdot I$$

Gücün birimi Watt'tır, bu birim oldukça küçük bir güç değeri belirttiği için uygulamada bunun 1000 katı olan kilowatt kullanılır.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$$

KAYNAK KABLOLARININ KESİT HESABI

Uygulamada kaynak kablo kesitlerinin hesaplanmasında şu ampirik formül kullanılır;

$$K = \frac{2 \cdot L \cdot I}{a \cdot U}$$

K : Uygun kablunun kesiti (mm²),

L : Pense (elektrod) veya topraklama kablosunun boyu (m),

I : Kaynak akım şiddeti (A),

U : Kaynak devresinde müsaade edilen gerilim kaybı (V),

(Bu değer 2V'ü aşmaması gereklidir).

a : Kablo malzemesi ile ilgili bir katsayı.

Bakır için a = 60

Alüminyum için a = 30

Çinko için a = 15

Demir için a = 8

Örnek: 160 A ile yapılan bir kaynak işleminde Kablo uzunluğu 15 m. olduğuna göre uygun bakır kablunun kesiti ne olmalıdır?

$$K = \frac{2 \cdot 15 \cdot 160}{60 \cdot 2} = 40 \text{ mm}^2$$

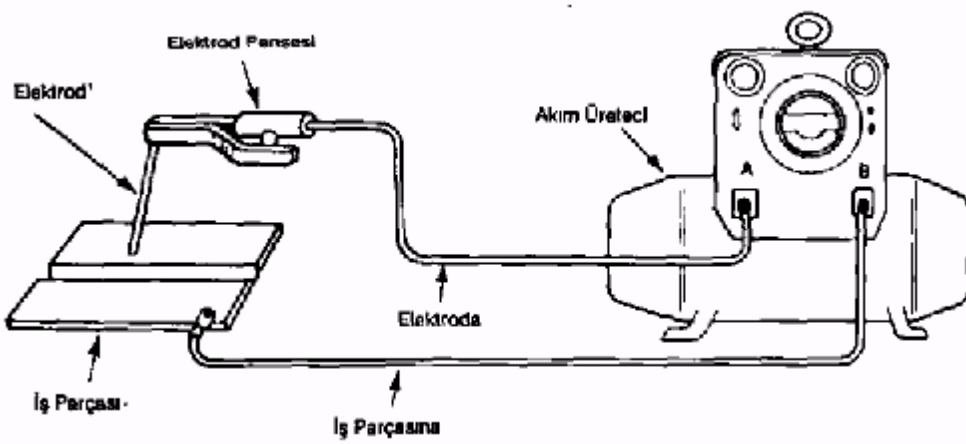
Tablo 3.1.- Kaynak akım şiddeti ve kaynak kablosu uzunluğuna göre bakır kablo kesitleri.

Kaynak Akım Şiddeti (A)	Kaynak kablosu Uzunluğu (m)				
	1	1	2	2	3
50	2	2	3	3	3
100	2	3	3	5	5
150	3	3	5	7	9
200	3	5	7	9	1
250	5	7	9	1	1
300	7	9	1	1	1

4

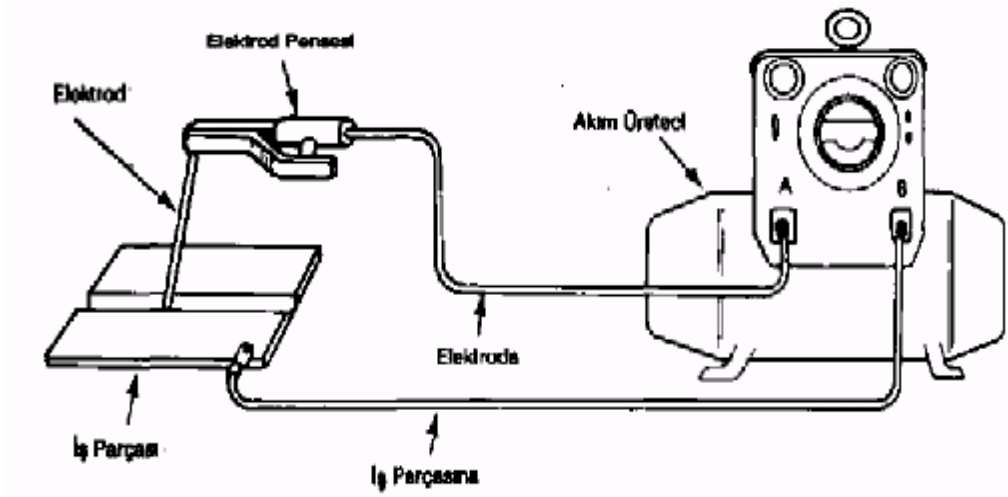
KAYNAK ARKI

Bir kaynak akım üreticinin A ve B uçları şekilde görüldüğü biçimde iletken kablolar yardımı ile biri iş parçasına diğeri de elektroda bağlandığında, elektrod iş parçasına değmediği zaman aradaki hava boşluğunun direncinin yüksek olmasından devrede akım hareket etmez, bu halde **devre açık**'tır denir.



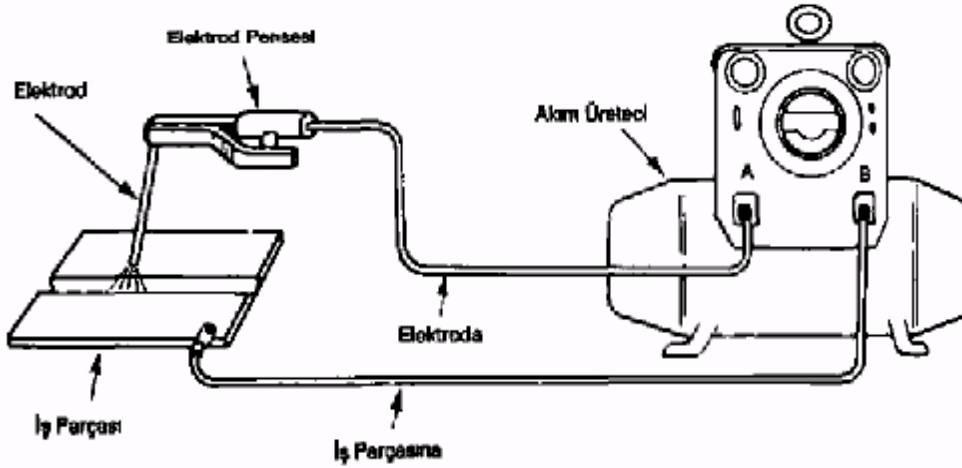
Şekil 4.1.- Kaynak devresi açık

Elektrod iş parçasına dokunduğu zaman devre kapanır ve devrede akım hareket eder, bu akımın hareketi devrede bir sıcaklık yükselmesine neden olur. Bu sıcaklık yükselmesi direncin en yüksek olduğu noktada, en yüksek değerine erişir; burada bu nokta elektrodun iş parçasına değdiği yerdir. Bu durumda değme ideal olmadığından elektrik akımının direnci yüksektir ve bu neden ile değme noktası kızarmaya başlar ve burada ortaya çıkan iyonizasyon ve metal buharları nedeni ile hava iletken hale gelir.



Şekil 4.2.- Kaynak devresi kapalı.

Bu esnada eğer elektrod birkaç milimetre geri çekilirse akım iletken hale gelmiş hava içinde akmaya devam eder ve dışarıdan bakıldığında elektrodun ucu ile iş parçası arasında göz kamaştırıcı parlak ışıklı ark görülür.



Şekil 4.3.- Kaynak devresinde ark oluşumu

Oluşan arkın gücü belli bir elektrod türü için akım şiddeti ile orantılı artar; bu da bize kaynakta erime gücünün arkın şiddeti ile orantılı olduğunu göstermektedir.

Modern fiziğe göre ark, kızgın bir katottan yayılan elektronların, yüksek bir hızla anodu bombardıman etmesi sonucunda oluşmaktadır. Bu bombardıman, nötr moleküllerin, iyonize olmasına neden olduğundan, kuvvetli bir sıcaklık yükselmesi ortaya çıkar ve böylece elektrik enerjisi ısı enerjisine dönüşür. Son yapılan araştırmalara göre artaki toplam enerjinin % 85'i ısı, % 15'i de ışık enerjisine dönüşmektedir.

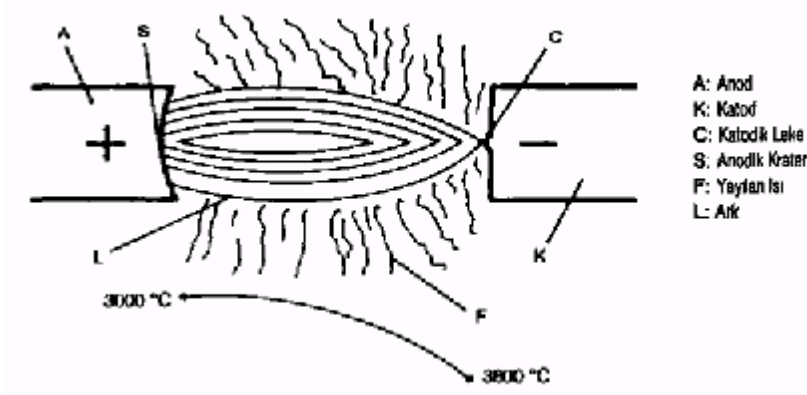
Uygulamada kullanılan kaynak arkının gücü 0.3 ile 160 kW; ısı eşdeğeri ise 70 ile 40.000 cal/s arasında değişmektedir. Arkın oluşturduğu ark huzmesinin ısı enerjisi, katodik leke (negatif elektrodun

ucundaki kızgın noktaya katodik leke denir) ve anodik krater (pozitif elektrodun ucundaki krater şeklindeki oyuk) arasında dağılır.

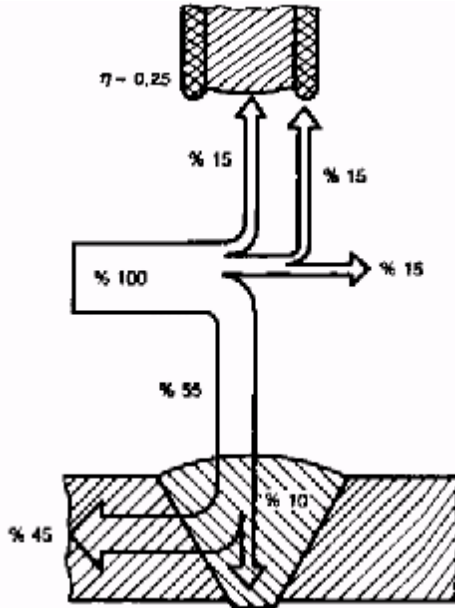
Tablo 4,1.- Arkın anodik krater ve katodik lekelerindeki sıcaklıklar (Optik pirometre ile ölçülmüştür).

Elektrod Malzemesi	Ark Atmosferi	Anodik Kraterin Sıcaklığı °C (t_a)	Katodik Lekenin Sıcaklığı °C (t_k)
Karbon	Hava	3900	3200
	Azot	2300	2100
Bakır	Hava	2150	1900
	Azot	2150	1900
Alüminyum	Hava	3100	3100
Tungsten	Hava	3950	2700
Nikel	Hava	2180	2100
	Azot	2180	2100

Elektrik ark kaynağında genellikle elektrod negatif (katod), iş parçası pozitif (anod) kutbu oluşturur. Bu durumda elektrodun erimesi ve ark sütunu boyunca damlacıklar halinde hareket ederek iş parçasına geçmesi katodik leke tarafından üretilen ısı ile iş parçasının ısınması ise anodik krater tarafından sağlanır. Çalışma esnasında etrafa yayılan ve kaynak işlemi için kullanılan ısı ile ark huzmesi tarafından üretilen ısı denge halindedir.



Şekil 4.4.- İki karbon elektrod arasında oluşturulan arkın görünüşü



Şekil 4.5.- Elektrik ark kaynağında enerji bilançosu.

Arktan Yayılan Işıklar

Yapılan araştırmalara göre ark enerjisinin yaklaşık % 15'i ışın halinde etrafa yayılmaktadır. Bir kaynak arkından yayılan ışınlar şunlardır:

- Parlak (görünen) ışınlar
- Ultraviyole ışınlar
- Enfraruj ışınlar

Tablo 4.2.- Çeşitli tür örtülü elektronların ark sütunlarındaki ortalama sıcaklık.

Elektrod Çapı (mm)	3.25 4.0		
	Ortalama ark sıcaklığı °K		
Elektrod türü (DIN 1913)	5.0		
RR6	560	584	580
R3	580	570	577
AR 11	583	556	568
AR 11	565	568	566
AS	564	559	559
RR (B) 8	554	545	556
B 10	545	540	548

Arktan çevreye yayılan enerjinin % 10'u ultraviyole, % 30'u parlak, % 60'ı da enfraruj ışınlar halindedir.

Parlak ışınlar görünen ışınlardır, gözleri kamaştırır, retina ve göz sinirlerinin yorulmasına neden olur; bu bakımdan gözlerin bu ışınlar karşısında muhakkak korunması gereklidir. Uygulamada bu koruma maske camları ile yeterli bir derecede sağlanabilmektedir. Kaynakçı, kaynak yöntemine ve arkın şiddetine göre değişik koyulukta maske camları kullanarak gözlerini parlak ışınlardan korur.

Elektrik ark kaynağında, arktan yayılan ışınların en tehlikelisi, insan gözünün görme alanı dışında olan ultraviyole ve enfraruj (mor ötesi ve kırmızı öncesi) ışınlarıdır. Bu ışınlar kaynakçının derisinin korunmamış kısımlarında yanıklar ve tahrişler oluşturur fakat bunların en tehlikeli etkileri gözlerdedir.

Ultraviyole ışınları gözlerde yanma yapar; sanki göze kum kaçmış gibi saatlerce ağrımasına neden olur; bu durumdaki gözler özel asit borikli solüsyonlar ile yıkanarak tedavi edilir.

Gözler için en tehlikeli olan enfraruj ışınlarıdır; göz irisinin, merceğinin ve retinasının tahribine neden olur. Bu konuda en sık karşılaşılan rahatsızlık göz merceğinin saydamlığını kaybetmesi olan kataraktır ve ancak ameliyat ile kısmen tedavi edilebilir. Bu ışınlar aşırı maruz kalma retinanın tahribatına yol açar ki bu da tedavisi olanaksız bir körlüğe neden olur.

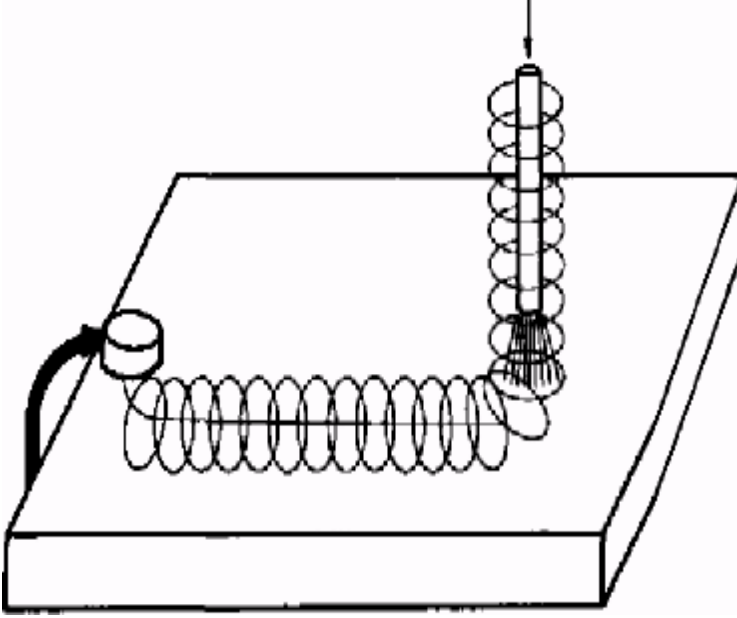
Ayrıca enfraruj ışınları kaynakçılarda fiziksel bir gerginliğe de neden olur.

Bu ışınların etkileri, korunma çareleri ileride iş emniyeti ve sağlık bölümünde etraflıca açıklanacaktır.

ARK ÜFLEMESİ, NEDENLERİ VE GİDERİLMESİ

Bir telden elektrik akımı geçtiği zaman etrafında manyetik bir kuvvet alanı oluşur ve kuvvet hatları da iletken uzaklaştıkça seyrelir. Bir elektrik arki da hareket halinde bulunan bir iletken ve dolayısı ile arkın etrafında da bir manyetik alan oluşur. İşte bu alan, kaynak anında, arkta bir oynama

meydana getirir ve bu olaya da kaynakçılıkta ark üfleme adı verilir.



Şekil 4.6.- Elektrodun ve iş parçasının etrafında oluşan manyetik alan.

Ark üfleme yalnız doğru akımla yapılan kaynakta ortaya çıkar; alternatif akım kaynağında pratik olarak ark üfleme yoktur. Manyetik alan ferromanyetik malzemelerde çok kuvvetli olduğundan özellikle çeliğin kaynağında ark üfleme daha fazla kendini gösterir.

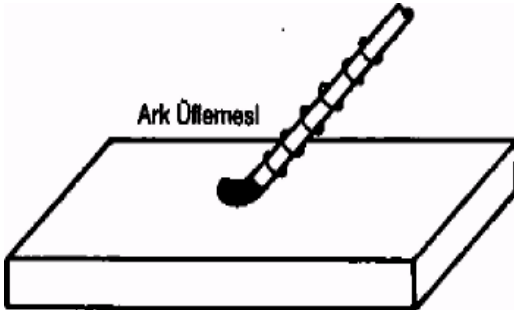
Ark üfleme olayına neden olan başlıca etmenleri şöyle sıralayabiliriz;

Paralel İki İletkendeki Akım Yönü

Yan yana paralel duran iki iletkenin akım geçtiği zaman, akım yönü aynı olursa oluşan kuvvet alanları birleşir; akım yönü ters olursa ayrılır. Kaynakta özellikle bu ikinci durum oluşur; zira elektrik akımı, kaynak makinasının pozitif kutbundan toprak kablosu ile parçaya, oradan da ark, elektrod ve kaynak kablosuyla tekrar kaynak makinasının negatif kutbuna döner.

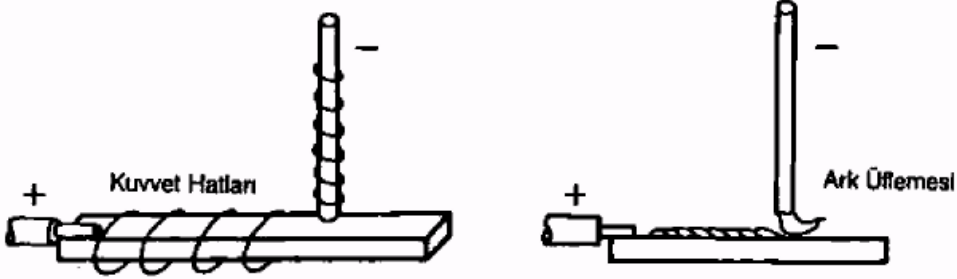
Akım Geçen Bir İletkenin Eğimi

Akım geçen bir iletkenin eğik olması halinde, kuvvet hatları arkın yönünü değiştirir; elektrodun eğik tutulması ile ark yönünün nasıl değiştiği, yani nasıl saptığı Şekil 4.7'de görülmektedir.



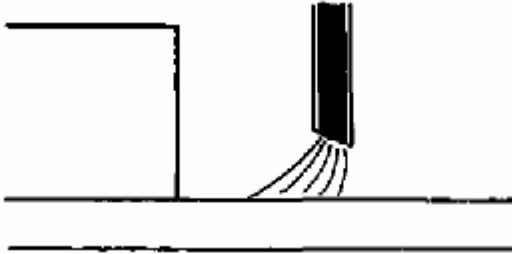
Şekli 4.7.- Elektrodun eğik tutulmasıyla arkın yön değiştirmesi. Parçadaki Akım Yönü

Arkın yön değiştirmesine etkiyen önemli etmenlerden bir tanesi de kaynak yapılan parçadaki akımın yönüdür. Bu konuda kaynak makinasının pozitif kutbunun (kablosunun) parçaya bağlandığı yerin pozisyonu arkın sapma yönünü belirler.

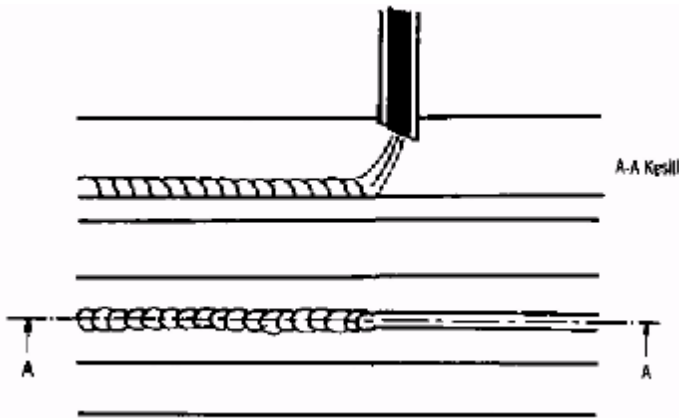


Şekil 4.8.- Kaynak yapılan parçadaki akım yönünden ark üflemesine etkisi. Manyetik İletkenlerin Etkisi

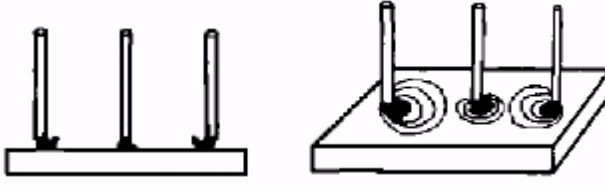
Demir, manyetik kuvvet çizgilerini havadan çok daha iyi iletir. Bir parçada kaynağa başlarken, uçta kuvvet çizgileri daha sıktır, parçanın ortasına doğru seyrekleşir. Parçanın ortasında çizgiler, normal bir dağılım gösterir; parçanın sonunda ise çizgiler, yine parçaya doğru seyrek ve son uçta sıktır. Bu olaylar arkın, kaynaklanan parçanın başında, ortasında ve sonunda çeşitli yönlerde üflemesine neden olur.



Şekil 4.9.- Büyük bir çelik kütlenin bulunduğu yöne ark üflemesi.



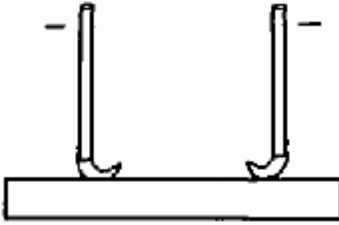
Şekil 4.10.- Kaynak ağızlarının içerisinde yapılmış olan dikişe doğru ark üfleme.



Şekil 4.11.- Parçanın muhtelif noktalarında arkın ve kuvvet çizgilerinin durumu.

Birden Fazla Kaynakçının Aynı Parça Üzerinde Beraber Çalışması Durumu

Birçok kaynakçının aynı parça üzerinde birbirine yakın olarak çalışması da, arkların yön değiştirmesine neden olur. Birbirine paralel iletkenlerden aynı yönde akımın geçmesi durumunda, oluşan kuvvet alanları birleşir, akım yönü ters olursa kuvvet alanları ayrılır. Birden fazla kaynakçının aynı parça üzerinde birbirlerine yakın çalışması halinde, arklar birbirlerine doğru yönelir.



Şekil 4.12.- Aynı parça üzerinde iki kaynakçının beraber çalışması halinde arkın üfleme yönleri.

Hava Akımının Etkisi

Kaynak esnasında arkın yön değiştirmesine hava akımının da etkisi vardır. Kaynak yaparken sürekli olarak bir hava akımı oluşur, arkın sıcaklığı ile ısınan hava yukarıya doğru çıkar ve bunun yerini aşağıdan gelen soğuk hava alır. Bu olayın arkın üflemesine neden olması çok az rastlanan bir durumdur. Uygulamada, ark üflemesine yukarıda açıklanmış olan çeşitli nedenler beraberce, çeşitli şiddetlerde etkiyerek neden olmaktadır.

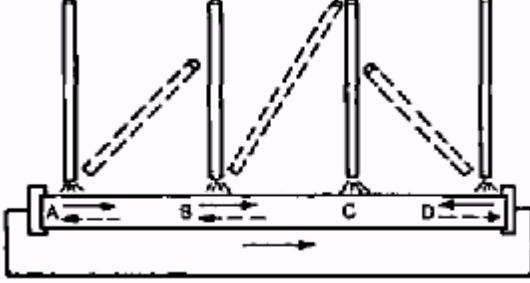
Ark Üflemesinin Önlenme Yolları

Ark üfleme istenmeyen bir olaydır; zira bu üfleme hatasız kaynak yapma olasılığını kısıtlar. Kaynakçı cürufun akışına hakim olamaz ve sonuçta cüruf kalıntısı içeren yetersiz bir birleşme, hatalı dikiş formu, nufuziyeti az bağlantılar elde edilir.

Kaynak sırasında bir takım önlemler yardımı ile arkın üfleme önenebilir. Bu konuda uygulamada alınan önlemler şunlardır:

Elektroda Uygun Bir Eğimin Verilmesi

Ark üfleminin zararsız bir hale sokulması için başvurulacak ilk önlem elektroda uygun bir eğim vermektir. Böylece, manyetik kuvvet çizgilerinin etkisiyle arka istenen yönde üfleme verilebilmektedir.



Şekil 4.13.- Kaynak yaparken elektroda verilecek eğim.

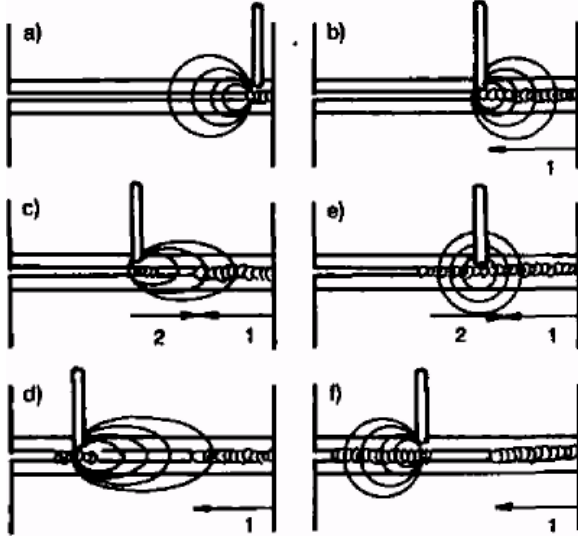
İlk Pasonun Adım Yöntemiyle Kaynak Yapılması

Arkın belirli bölgelerde ve bilinen yönlerde üflenmesinden yararlanarak, ilk paso; belli bir sıra ile adım adım kaynak yapılır. Adım yöntemi ile kaynak yapılan bir dikişteki, kaynak sırası Şekil 4.14'de görülmektedir.



Şekil 4.14.- Kaynak dikişlerinde adım yönteminin uygulanışı.

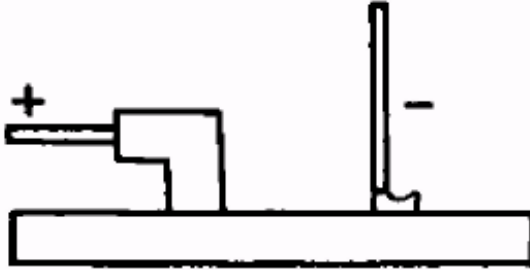
Şekil 4,15'de bir (V) alın dikişinin adım yöntemi ile kaynağında, arkın üfleme yönleri görülmektedir. Yeni dikişin kenarında ark parçaya doğru üflenir (a), belirli bir bölümü bu şekilde kaynak yapıldıktan sonra, üfleme ters yöne dönüşür (b). Burada kaynak yapılmayan iki parça arasındaki hava aralığının, manyetik kuvvet alanı üzerine etkisi, parçanın başlangıç ve sonuç noktalarındaki etkinin aynıdır, iki parça arasındaki aralık büyüdükçe, manyetik alan kuvvetleneceğinden arkın üfleme şiddeti artar; dolayısı ile ilk adım çekildikten sonra, ikinci adım ve daha sonra da diğer adımlar çekilir (c ve d). Her adımın uzunluğu yaklaşık 100 mm. olmalıdır; adımın boyu daha da uzun olursa (e), kuvvet hatlarının etkisi ile arkın üfleme yönü değişir (f), adım yönteminde de elektroda belirli yönlerde eğim vererek üfleminin yönü uygun biçime dönüştürülebilir.



Şekil 4.15.- Bir (V) alın birleştirilmesinin adım yöntemi ile kaynatılmasında arkın üfleme yönleri.

Yeri Değişebilen Bir Kutup Bağlantısının Kullanılması

Kaynak yaparken, yeri değişebilen bir kutup bağlantısı kullanılması ile ark üflemesi uygun bir hale dönüşebilir. Bunun için de parçaya bağlanan kablo daima yeri kolayca değişebilecek bir düzenle bağlanır. Böylece pozitif kutup istenen noktaya getirilerek kuvvet çizgilerinin kontrol altında tutulması ile ark üflemesinin yönüne etkide bulunmak mümkün olur.



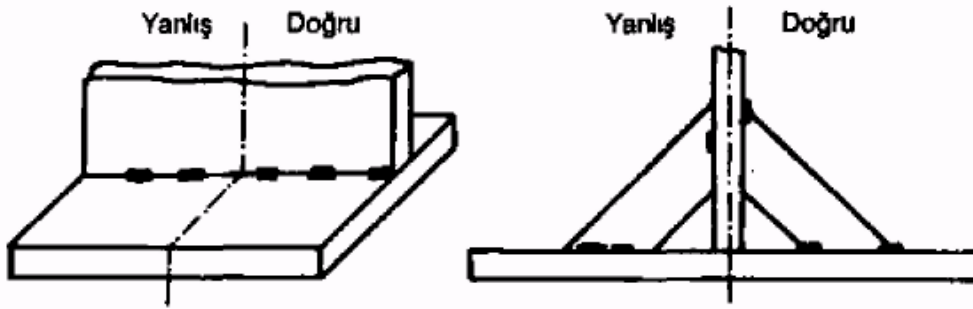
Şekil 4.16.- Kaynak yaparken yeri değişebilen bir kutup bağlantısının kullanılması. Kaynak Dikişinin Puntalanması

Kaynak yapılan parçalar çeşitli yerlerinden punt al arla uygun bir biçimde bağlandığında, hava aralığı küçüleceğinden, ark üflemesi de azalır.



Şekil 4.17.- Bir (V) dikişinin puntalanması.

Ancak, bu puntalama belirli bir sıra ile düzgün yapılmalıdır. Şekil 4.17 ve 4.18'de örnekler üzerinde yanlış ve doğru puntalama biçimleri verilmiştir.



Şekil 4.18.- Hatalı ve doğru puntalama.

Kısa Ark Boyu İle Kaynak Yapılması

Uygulamada uzun ark boyu ile çalışıldığında, ark üfleme oranla, daha kuvvetli olduğu görülmüştür; bu neden ile ark üfleme oranla, daima kısa ark boyu ile çalışılmalıdır.

Alternatif Akım Kullanılması

Alternatif akımda kaynak yaparken, ark üfleme oranla, doğru akıma oranla çok daha az bir şiddette, uygulamada hissedilemeyecek bir derece ortaya çıkar.

Bu bakımdan, ark üfleme oranla, önlenmesinin güç olduğu hallerde alternatif akım ile kaynak yapılması önerilir.

Bir Manyetik Üfleme Donanımı Kullanılması

Bir manyetik üfleme donanımı ile arkın stabilize edilmesi olasıdır. Örneğin; karbon elektrodlarla yapılan kaynakta, manyetik bir üfleme donanımı kaynak pensesine takılarak ark üfleme oranla, ortadan kaldırılmaktadır.

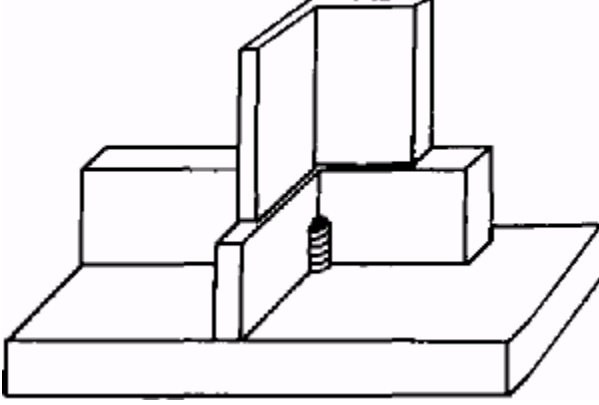
İnce Çaplı Elektrodlarla Kaynak Yapmak

İnce çaplı elektrodlarla yapılan kaynakta, kalın çaplı elektrodlarla oranla ark, daha hafif üflenir. Bu olay ark boyunun kısa ve cürufun az olmasından kaynaklanmaktadır.

İlave Demir Kütleler Kullanılması

Önceden belirtilmiş olduğu gibi manyetik kütleler arkı kendi yönlerine çekmektedir. Örneğin; kaynak

yapılan bir yerin uç kısmında ark, parçanın orta kısmına doğru üflenmektedir. Bu şekilde kaynak yaparken üfleme yönünün ters tarafına iri demir kütleleri koyarak ark üfleme kontrol altına alınabilmektedir.



Şekil 4.19.- İlave demir kütlelerin kullanılması

5

KAYNAK MAKİNALARI (AKIM ÜRETEÇLERİ)

Kaynak makinalarının veya akım üreteçlerinin amacı kaynak arkını sürekli oluşturacak gerilim ve şiddette kaynak akımını sağlamaktır.

Aydınlatma veya endüstriyel şebekeden alınan elektrik akımı ile doğrudan kaynak yapmak mümkün değildir zira,

- Şebeke gerilimi olan 220 veya 380 V kaynak için çok yüksektir.
- Bu gerilimdeki alternatif akımda Ölüm tehlikesi vardır,
- Elektrodun tutuşturulması ve metal damlalarının elektroddan kaynak banyosuna geçişi esnasında akım şiddeti çok yükselir ve metal damlaları patlayarak tehlikeli bir biçimde çevreye sıçrar.

Elektrik ark kaynağında kullanılan akım üreteçlerinin işlevleri kaynak arkı için gerekli elektrik enerjisini sağlamanın yanı sıra, her akım üreticinin uygulanan kaynak yöntemine göre, aşağıda belirtilmiş olan önemli koşulları da yerine getirmesi gerekir.

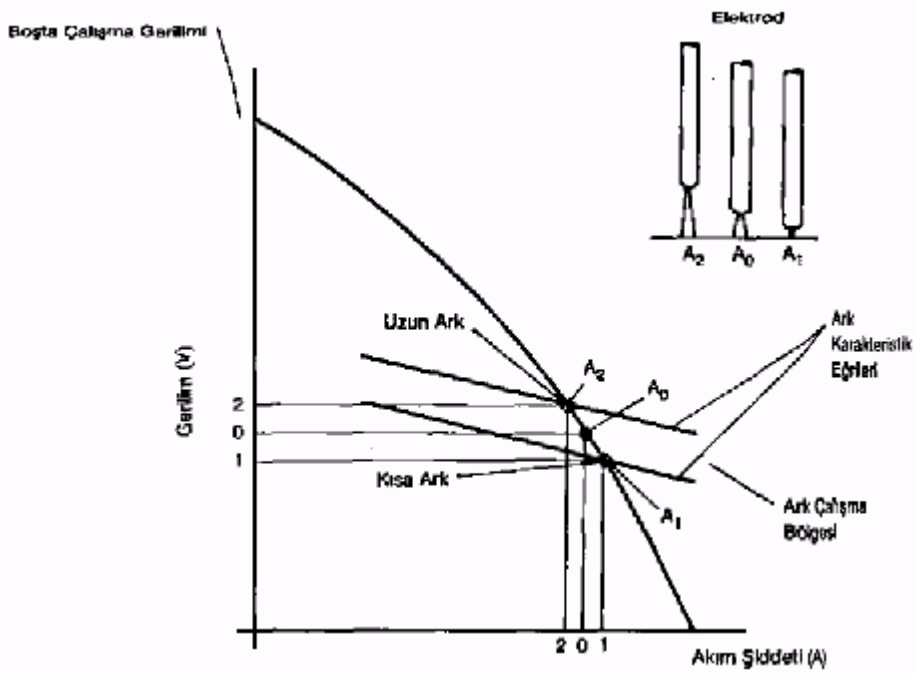
- Şebeke gerilimini, sınırlandırılmış boşta çalışma gerilimine çevirmek (Şebeke tarafından beslenen kaynak makinaları).
- Kaynak akım şiddeti ayar donanımına sahip olmak ve çalışma anında ayarlanmış kaynak akım şiddetini sabit tutmak.
- Boşta çalışma gerilimi ayarına sahip olmak.
- Çalışma anında kararlı bir ark oluşunca boşta çalışma gerilimini, olabildiğince kısa bir zaman biriminde ark gerilimine düşürmek.

Bu özellikler, kaynak akım üreticinin statik ve dinamik karakteristikleri sayesinde gerçekleşir.

Bir kaynak makinasının statik ve dinamik karakteristikleri tamamen elektriksel karakteristiklerdir ve makinanın seçilmiş bir kaynak yöntemi için uygun olup olmadığını belirtirler. Statik karakteristik, makinanın akım şiddeti ile gerilimi arasındaki bağıntıyı gösterir. Elektrik ark kaynağında düşen tip karakteristikli makinalar kullanılır.

Dinamik karakteristik çalışma esnasında ani yük değişmelerine karşı makinanın davranışını belirtir, iyi bir makina, ani yük değişmelerine çok kısa bir sürede (saniyenin yüzde bir kaçını kadar bir zamanda) uyum sağlayabilmektedir.

Bir kaynak makinasının karakteristikleri, laboratuvar ortamında yapılacak ölçümlerle, kolaylıkla saptanabilir.



Şekil 5.1.- Örtülü elektrod ile elektrik kaynağında kaynak akım üreticinin düşen tür statik karakteristiği.

Elektrik ark kaynağı makinaları genel olarak yüksek gerilim ve düşük akım şiddetinde bulunan şebeke akımını, düşük gerilim ve yüksek akım şiddetindeki kaynak akımına çeviren cihazlardır. El ile yapılan normal ark kaynağında, ark gerilimi 25 - 55 Volt ve akım şiddeti de 10 - 600 Amperdir; tüm kaynak makinaları kullanılan elektrodun çapına uygun bir akım şiddetini sağlayan bir ayar düzeni ile donatılmışlardır.

Örtülü elektrod ile ark kaynağı gerek doğru akım ile gerekse de alternatif akım ile yapılabilir; doğru akım kullanılması halinde elektrod negatif kutuba (doğru kutuplama) veya pozitif kutuba (ters kutuplama) bağlanabilir. Her iki akım türünün de kendine has bir takım avantajları vardır. Bununla beraber genelde akım türü seçimini elde var olan kaynak donanımı ile kullanılan elektrodun türü belirler.

Doğru akımın alternatif akıma göre üstünlükleri şunlardır:

- Düşük akım şiddetleri ve ince çaplı elektrodlar halinde doğru akım daha iyi sonuçlar vermektedir.
- Doğru akımda bütün elektrod türleri ile kaynak yapmak mümkündür.
- Doğru akımda arkin tutuşturulması daha kolaydır,
- Doğru akımda sürekli olarak kısa ark boyu ile çalışmak daha kolaydır.
- Doğru akım ile düşük akım şiddetlerinde daha kolay kaynak yapılabileceğinden tavan ve dik kaynak

uygulamaları kolaylaştırır.

- Doğru akım, ince sacların kaynağında daha iyi sonuçlar verir.
- Genellikle doğru akımda alternatif akıma göre daha az sıçrama olur.

Örtülü elektrod ile ark kaynağında, doğru akım kullanılması halinde, kutuplama kaynak dikişinin nufuziyetini ve elektrodun erime gücünü etkileyen önemli bir etmendir. Ters kutuplama (elektrod pozitif kutupta) halinde doğru kutuplamaya (elektrod negatif kutupta) göre daha derin bir nufuziyet elde edilir; buna karşın doğru kutuplama halinde de ters kutuplamaya göre elektrodun erime gücü yüksektir. Genelde kutuplamayı elektrodun türü belirler, örneğin bazik karakterli Örtülü elektrodlar ters kutuplama ile kullanılırlar.

Alternatif akım kullanılması halinde, bu tür akımın karakteristiğine bağlı olarak her iki kutuplama da düzgün çevrimler halinde oluşur. Ülkemizde ve Avrupa'da 50 Hertz'lik alternatif akım kullanıldığından kutuplama da saniyede 50 kez değişmektedir. Bu bakımdan kaynak dikişinin nufuziyeti doğru akım halindeki doğru ve ters kutuplamanın ortalaması bir değerdedir.

Örtülü elektrod ile ark kaynağında, alternatif akım kullanmanın sağladığı üstünlükleri de şöyle özetlemek mümkündür;

- Alternatif akım halinde ark üflemesi nadiren bir sorun oluşturur.
- Alternatif akım kalın kesitlerin, büyük çaplı elektrodlar ile kaynağı için çok uygundur.

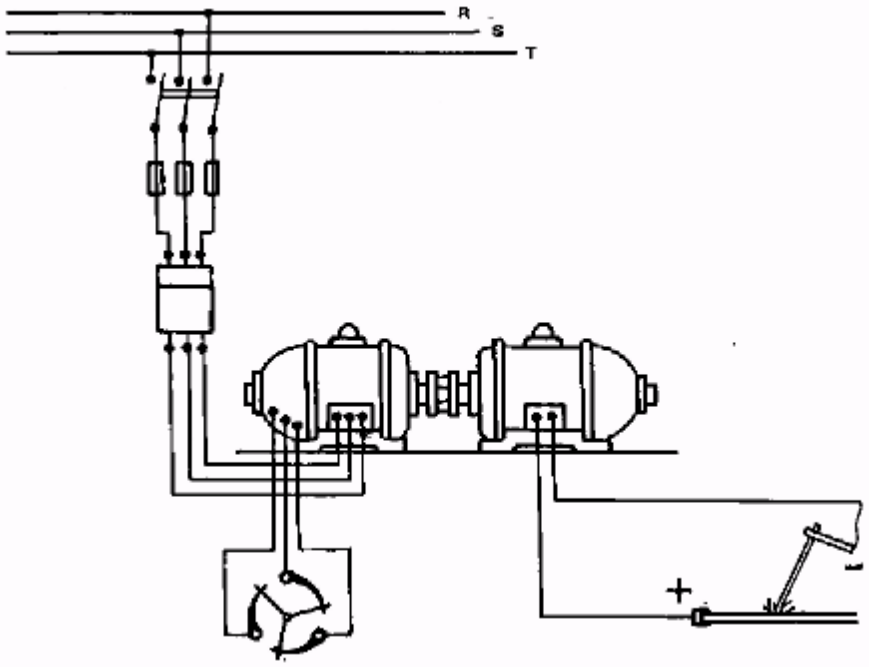
KAYNAK MAKİNAUVRİNIN SINIFLANDIRILMASI

Elektrik ark kaynağını hem doğru, hem de alternatif akımda yapmak olasılığı bulunduğundan, kaynak makinaları da iki ana gruba ayrılırlar:

- Doğru akım kaynak makinaları: Kaynak jeneratörleri ve kaynak redresörleri.
- Alternatif akım kaynak makinaları: Kaynak transformatörleri.

Doğru Akım Kaynak Makinaları

Günümüz endüstrisinde kullanılan başlıca doğru akım kaynak makinaları, jeneratörler ve redresörlerdir.



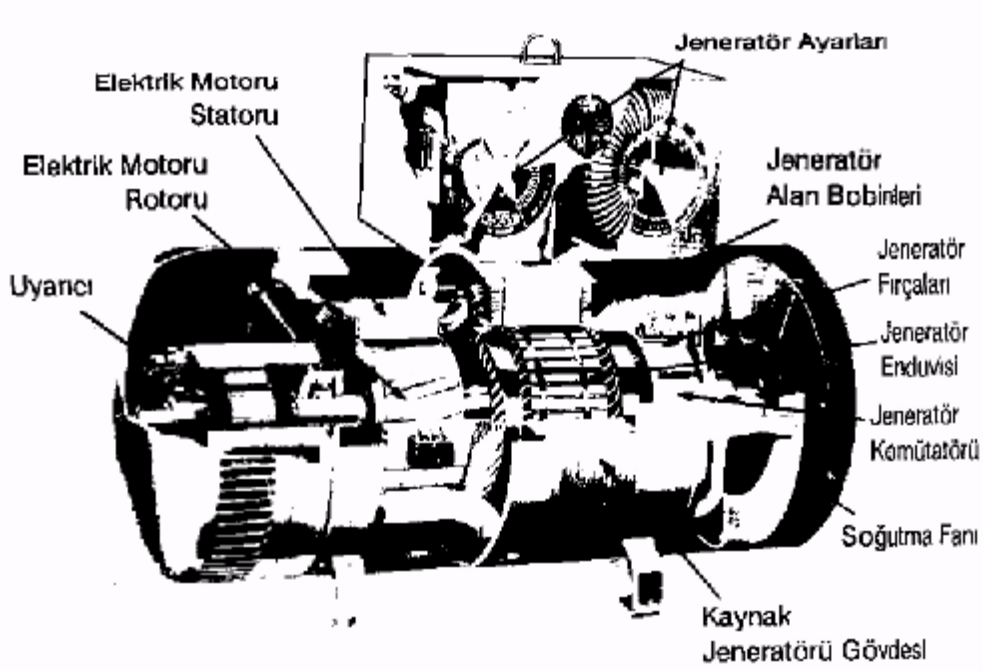
Şekil 5.2.- Bir elektrik motorunun tahrik ettiği dinamodan oluşan kaynak akım üretici şeması

Kaynak Jeneratörleri

Bu gruba giren kaynak makinaları, bir kuvvet makinası tarafından tahrik ettirilerek, kaynak için gerekli elektrik akımını üretirler. Kaynak jeneratörlerinin tahrik biçimine göre şu türleri vardır:

- **Elektrik Motoru Tahrikli Jeneratörler**

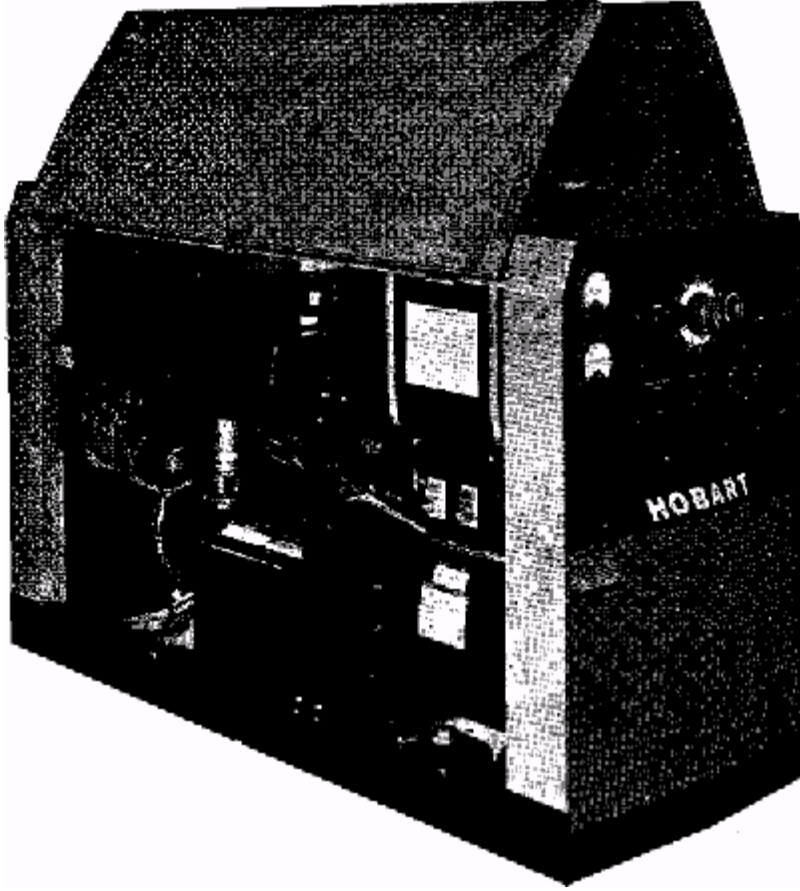
Bu türe giren kaynak akım üreticileri trifaze şebeke akımı ile beslenen bir elektrik motorunun tahrik ettiği bir dinamodan oluşmuşlardır. Bunların büyük ve stasyonier türlerinde motor ile dinamo arasında bir kavrama vardır. Atölyede kullanılan türlerinde ise motor, dinamo ve soğutma fanı aynı mile monte edilmiştir.



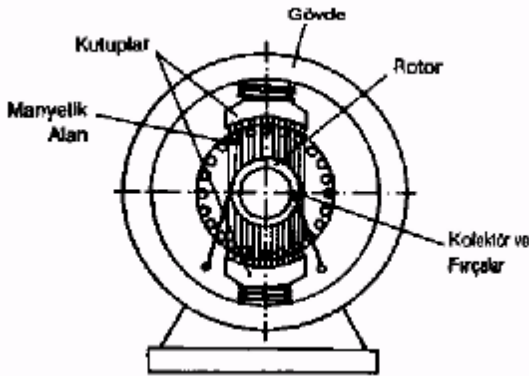
Şekil 5.3.- Aynı mile monte edilmiş motor ve dinamo grubundan oluşan kaynak jeneratörü.

• **İçten Yanmalı Motor Tahrikli Jeneratörler**

Bu kaynak akım üreteçleri bir benzin veya dizel motoru ile tahrik edilir. Bunlar şebeke akımına gereksinme göstermediklerinden özellikle şantiyelerde kullanılır. Bu tür akım üreteçleri çıkardıkları egzost gazları ve gürültüleri nedeniyle atölye uygulamaları için uygun değildirler.



Şekil 5.4.- Diesel motor tahrikli bir kaynak jeneratörü.



Şekil 5.5.- Bir kaynak jeneratörünün prensip şeması.

Kaynak jeneratörlerinde akım üretici olan dinamo tahrik edildiğinde, rotoru manyetik alanda döner ve bunun sonucunda da elektrik akımı üretilmiş olur. Üretilen elektrik, rotor muindeki kollektörden iki adet kömür fırça yardımıyla çekilir ve kaynak kabloları ile kullanma yerine gönderilir.

Kaynak jeneratörlerinin bakım giderlerinin yüksek ve ömürlerinin kısa olması, maliyetlerinin pahalılığı, verimlerinin düşüklüğü (% 45 - 65), boşa çalışma tüketimlerinin yüksekliği en önemli

dezavantajlarıdır. Buna karşın kaynakta doğru akım kullanmanın bütün üstünlüklerine sahiptirler.

İyi bir kaynak jeneratörünün şu özelliklere sahip olması gereklidir:

- Kaynak akımı geniş bir aralıkta kademesiz olarak ayarlanabilmeli ve makina bütün akım aralıklarında iyi bir kaynak yapabilme özeliğine sahip olmalıdır.
- Boşta çalışma tüketimi az olmalı ve yüksek verimle çalışabilmelidir. Kolay taşınabilmelidir.
- Yüksek akım şiddeti gerektiğinde diğer makinalar ile paralel bağlanabilmelidir.
- İyi bir havalandırma ve soğutma sistemine sahip olmalıdır.
- Toza ve yağmur suyuna karşı iyi izole edilmiş olmalıdır.
- Kömürleri kolayca değiştirilebilmelidir.
- Bakımı kolay ve bakım giderleri az olmalıdır.
- Kutuplar kolaylıkla değiştirilebilmelidir.

Kaynak Jeneratörlerinin Bakımı

Kaynak jeneratörleri, yoğun bir bakım gerektirmezler. Ancak, kullanma sürecinde aşağıdaki konulara dikkat edilmelidir

Kaynak jeneratörlerinin yatakları, genellikle 2000 - 3000 çalışma saatinden sonra, benzin veya benzolle temizlenip asitsiz bir yağla yağlanmalıdır. Yatakların temizlenme ve yağlanmasında ayrıca makinanın kullanma kurallarına da uyulması zorunludur.

Kaynak jeneratörlerini temiz tutmak için, önce kaynak atölyesinin temiz olması gerekir; zira kabinlerdeki tozlar makinaların sargı, kolektör ve benzeri hassas bölümlerinde toplanırlar. Makinanın dış kısımları en az haftada bir defa toz bezi ile silinmeli ve bundan başka altı ayda bir defa da makinanın her tarafı, kuru basınçlı hava yardımı ile temizlenmelidir. Kullanılan havanın rutubetli olmaması ve basıncının 2 atmosferi geçmemesi gereklidir.

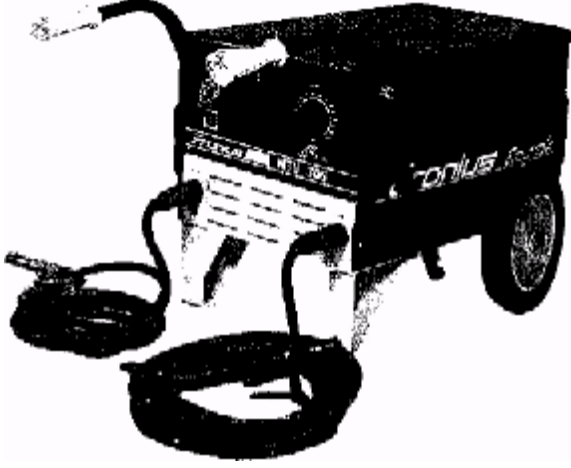
Kollektör sık sık gözden geçirilerek durumu incelenmelidir. Bazen kömürü bastıran yaylar iyi oturmaz ve yeterli yay basıncı sağlanmadığından kol teklerde kıvılcımlar, hatta bazen de ark oluşur. Kömürlerin, yay basıncı en düşük düzeye ininceye kadar kullanılması doğru değildir; normal bir aşınma sonunda, yenileri ile değiştirilmesi gereklidir. Yeni kömür takarken, kömürün kollektöre uyumunu sağlamak için kollektörün üzerine ince bir zımpara kâğıdı sarılır ve sonra makinanın motoru el ile birkaç devir çevrilerek yeni kömürler alıştırlır. Alıştırma işleminden sonra zımpara çıkarılır ve basınçlı hava ile tozlar temizlenir. Bütün bu işlemlerden sonra, kömürlerin iyice alışması için makina bir - iki saat çalıştırılmalıdır,

Kaynak Redresörleri

Kaynak işlemi için doğru akım eldesi sadece dönel hareketli jeneratörler ile değil alternatif akımı düzelterek doğru akıma çeviren redresör adı verilen cihazlarla da gerçekleştirilebilir. Kaynak redresörleri iki ana parçadan oluşmuşlardır; bunlardan birincisi bir kaynak transformatörü olup, doğrudan şebeke akımına bağlanmıştır ve görevi şebeke akımını kaynak için gerekli özellikteki akıma çevirmektir; yani

gerilimi düşürür ve akım şiddetini yükseltir. İkinci ise alternatif akımı doğru akıma çeviren bir doğrultmaçtır.

Kaynak redresörleri genelde jeneratörler gibi trifaze şebekeye bağlanır ve bu nedenle işletme içinde fazlar eşit olarak yüklenir, Avrupa ve A.B.D.'de tek fazlı Şebekeye bağlanan ufak güçlü redresörler de üretilmektedir.



Şekil 5.6.- Kaynak redresörü.

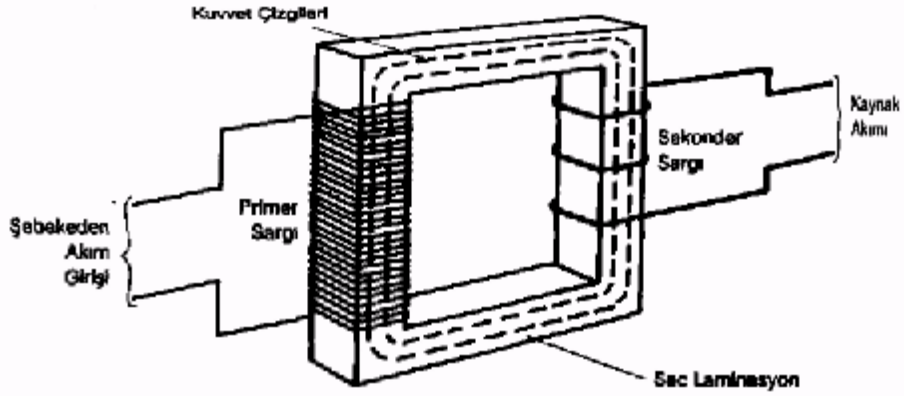
Kaynak redresörleri kaynakta doğru akım kullanmanın sağladığı bütün üstünlüklere sahip olmalarının yanı sıra, jeneratörlere nazaran boşta çalışma tüketimlerinin azlığı, verimlerinin yüksekliği, uzun ömürleri ve bakım giderlerinin düşüklüğü ve gürültüsüz çalışmaları gibi önemli üstünlüklere de sahiptirler.

Ülkemizde iş yeri gürültü standartları henüz yürürlüğe girmemiş olmasına karşın, gürültünün çatışanların iş verimi ve ruh sağlığı üzerine etkisini azaltmak bakımından kapalı iş yerlerinde redresörlerin kullanılması önerilir. Günümüzde Avrupa ve ABD'de gürültüleri nedeniyle kaynak jeneratörlerinin kapalı işyerlerinde kullanılması yasaklanmıştır.

Alternatif Akım Kaynak Makinaları

Alternatif akım kaynak makinaları transformatörlerdir. Endüstride kısaca kaynak trafosu diye adlandırılırlar.

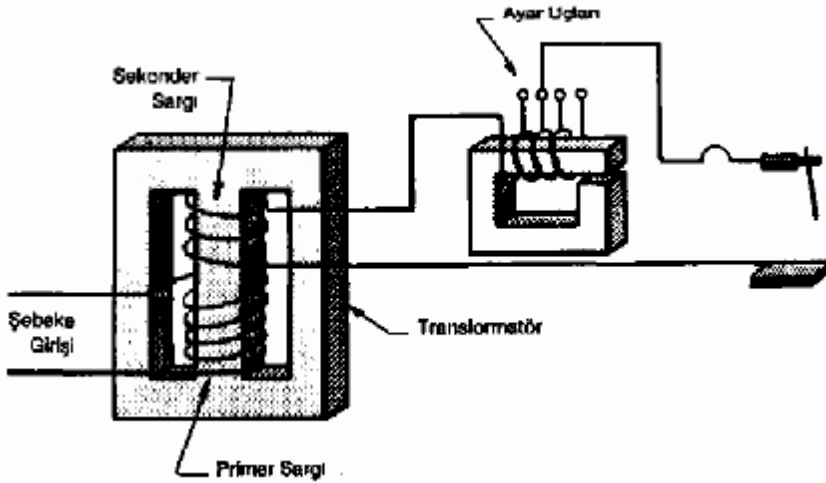
Kaynak transformatörleri alternatif akımın gerilimini değiştirdiğinden bunlara gerilim değiştirici de denir. Bunlar kaynak jeneratörleri gibi yeni bir akım üretmemektedirler. Kaynak transformatörleri saclardan oluşmuş bir demir çekirdek ile bu çekirdeğe sarılı iki sargıdan meydana gelir. İnce tel sargıya şebekeden akım gelir ve kalın tel sargıdan da kaynak akımı çıkar.



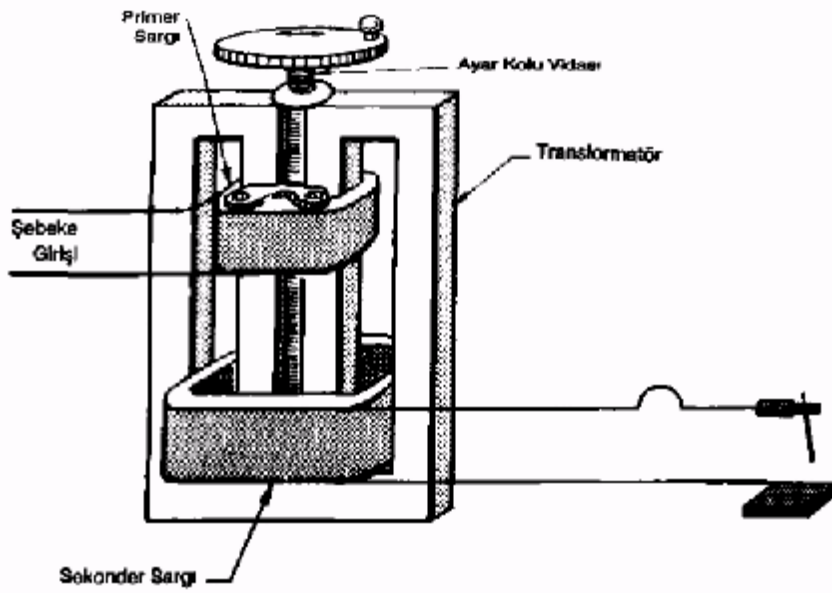
Şekil 5.7.- Bir kaynak transformatörünün prensip şeması.

Kaynak transformatörleri trifaze şebekenin yalnız iki fazına bağlıdır ve şebeke akımını kaynak akımına çevirirler. Kaynak devresindeki yani sekonder taraftaki akımın cinsi de alternatiftir. Transformatörü kaynağa hazır bir duruma getirmek için çalışma şalterini açmak yeterlidir.

Transformatörlerde dönen parça yoktur. Bunun için de aşınma bahis konusu değildir. Yalnız döner veya hareketli kısım olarak, kaynak akımını ayar eden kısım vardır, bakımı gerektirir. Eğer transformatör kuvvetli bir sesle öterse, çekirdeği oluşturan sacları bağlayan civataları sıkmak gerekir.

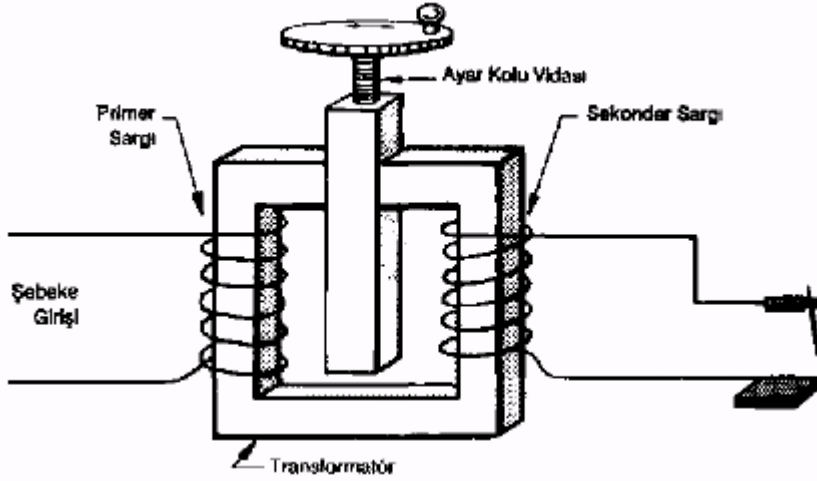


Şekil 5.8.- Bir Kaynak transformatöründe sarım sayısını değiştirerek ayarlama.

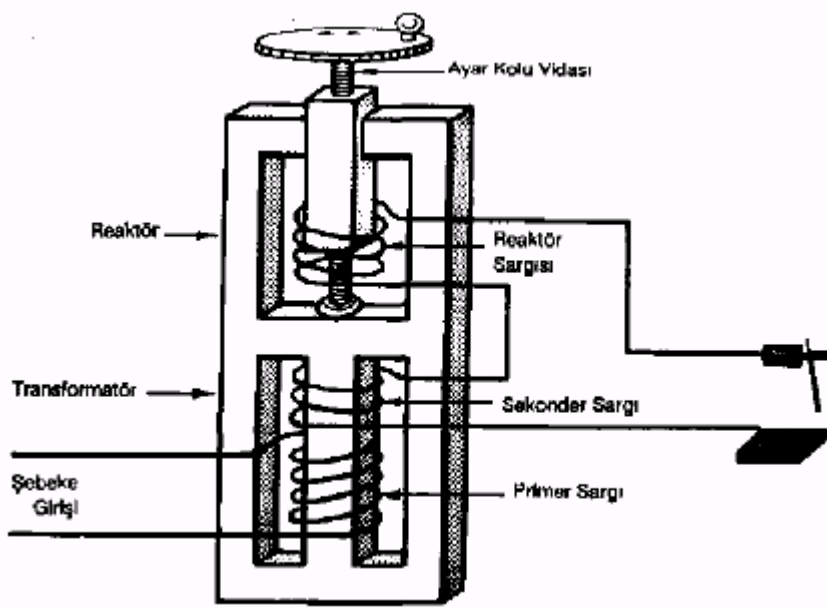


Şekil 5.9.- Bir kaynak transformatöründe bobin aralığı değiştirilerek ayarlama.

Kaynak transformatörlerinde akım ayarı makinanın konstrüksiyonuna bağlı olarak çeşitli şekillerde yapılır; uygulamada karşılaşılan ayar türleri Şekil 5.8,... 5.11 'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.10.- Bir kaynak transformatöründe hava aralığı yardımıyla akıyı değiştirilerek ayarlama.



Şekil 5.11.- Bir kaynak transformatoründe ayarın manyetik bir reaktör yardımı ile sağlanması.

Kaynak transformatorlerinin boşta çalışma gerilimi en çok 70 voltur. Alternatif akım, doğru akıma nazaran daha tehlikeli olduğundan transformatorlerin boşta çalışma gerilimlerinin jeneratörlerinden daha küçük olmasına dikkat edilir.

Kazanların, kapların, büyük mahfazaların veya kapalı kirişlerin içerisine normal transformator ile kaynak yapmaya izin verilmez. Çok nadir hallerde boşta çalışma gerilimi 52 Voltu geçmeyen transformatorlerin kullanılmasına izin verilebilir. Eğer kaynakçı çelik aksamla tamamen çevrelenmiş halde değilse, atölyelerde veya şantiyelerde normal transformatorlerle kaynak yapmak tehlikesizdir.

Transformatorlerin Özellikleri

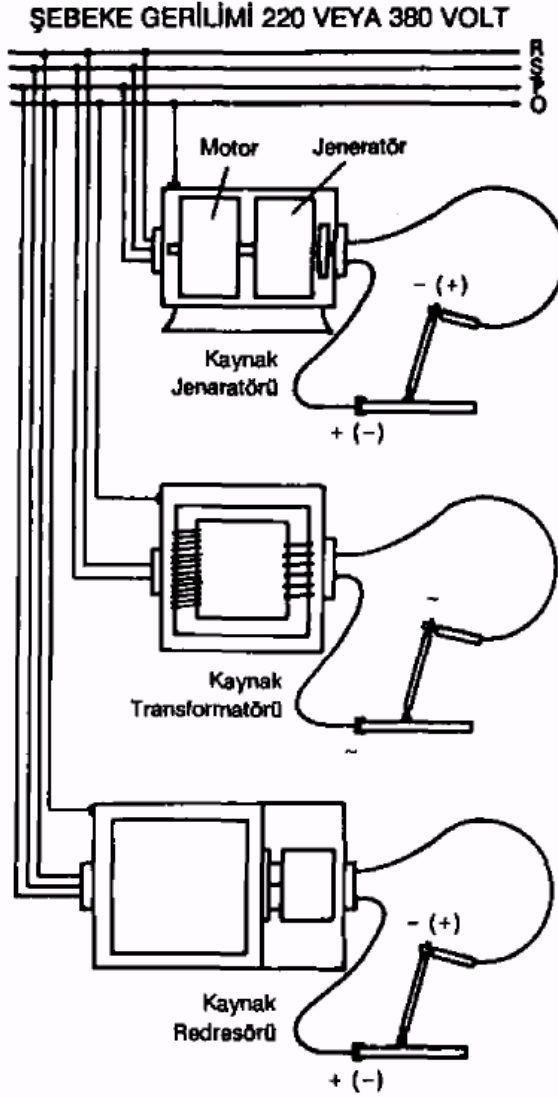
- Ucuz makinalar olup, bakım giderleri az ve ömürleri uzundur,
- Az yer tutarlar ve hafiftirler,
- Verimleri yüksektir (75 ila 95 %),
- Boşta çalışma tüketimi azdır (max 0.25 kW)
- Fazlar eşit yüklenmez,
- Kondansatör kullanılmazsa güç faktörü ($\cos\phi$) küçüktür,
- Her tür elektrod için uygun değildir,
- Boşta çalışma gerilimi yüksektir,
- Ark, az üflenir,
- Bakır, hafif metaller ve yüksek alaşımlı çeliklerin kaynağı için uygun değildir,
- Alternatif akım tehlikeli olduğundan dar yerlerde ve kazan kaynaklarında kullanılamazlar.

Kaynak Akım Üretici Seçimi

Bir kaynak akım üreticinin kapasitesini, en çok sağlayacağı akım şiddeti ve rölatif devrede kalma süresi belirler. Kaynak akım şiddeti, devrede kalma süresi ve ark gerilimi kaynak bağlantısının biçimi, büyüklüğü ve kaynak pozisyonu yardımı ile saptanır; doğal olarak işyeri şebekesinin gücü de bunu sınırlayan önemli bir etmendir.

Bir kaynak akım üreticinin seçiminde şu konular göz önünde bulundurulmalıdır:

- Tasarlanan kaynak işlemleri için kullanılacak elektrodların türü,
- Tasarlanan kaynak işlemi için gerekli maksimum akım şiddeti,
- İşyerinde şebekeden çekilebilecek en çok güç,
- İş yeri şebekesinin faz sayısı ve gerilimi,
- Ön görülen devrede kalma oranı.



Şekil 5.12.- Çeşitli tür kaynak akım üreteçlerinin şebekeye bağlanma durumları.

Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağında kullanılan akım üreteçleri TS 676 ve TS 3777'de sınıflandırılmışlardır.

Kaynak Makinaları İle İlgili Bazı Deyimler • Boşta Çalışma Gerilimi

Kaynak makinasının, kaynak yapmaya hazır durumda bulunup ancak kaynak yapılmadığı zaman kabloların bağlandığı noktalar arasında ki gerilime **boşta çalışma gerilimi** denir.

Kaynağa başlarken elektrodun tutuşturulma işlemi esnasındaki gerilime de tutuşturma gerilimi denir ve uygulamadaki değeri, boşta çalışma geriliminin aynıdır. Uygulamada tutuşma gerilimi yükseldikçe, tutuşmanın kolaylaştığı görülür; fakat emniyet açısından hiçbir zaman 120 V'u geçmesine izin verilmez; diğer taraftan bu gerilimin küçük olması da istenmez; Zira küçük tutuşturma gerilimleri tutuşmayı zorlaştırır, hatta olanaksız kılabilir.

- **Çatışma Gerilimi**

Kaynak yaparken, yani ark yanarken kabloların bağlandığı klemenslerin arasındaki gerilime çalışma gerilimi denir. Standard çalışma gerilimleri aşağıda verilmiştir.

Çalışma gerilimi (Volt)	Akım şiddeti (Amper)
25	250
30	250 - 400
35	400

- **Ark Gerilimi**

Kaynak yaparken parça ile elektrod ucunun arasındaki gerilime ark gerilimi denir.

- **Kaynak Akımı**

Kaynak yaparken, yani kaynak devresinde ark yanarken, çalışma gerilimine karşı gelen akım şiddetine kaynak akımı adı verilir.

- **Nominal İşletme**

El ile yapı standart ark kaynağında normal işletmeyi örneğin, İsviçre Standardı'na göre şöyle tanımlayabiliriz;

Bütün kaynak çevriminin süresi 2 dakika ise, bunun % 60 toplam yüklenme süresi (72 saniye) ve geri kalanı da (48 saniye) boşta çalışma süresi alınmaktadır. Böyle bir işletmeye **nominal işletme** denir.

- **Sürekli Akım**

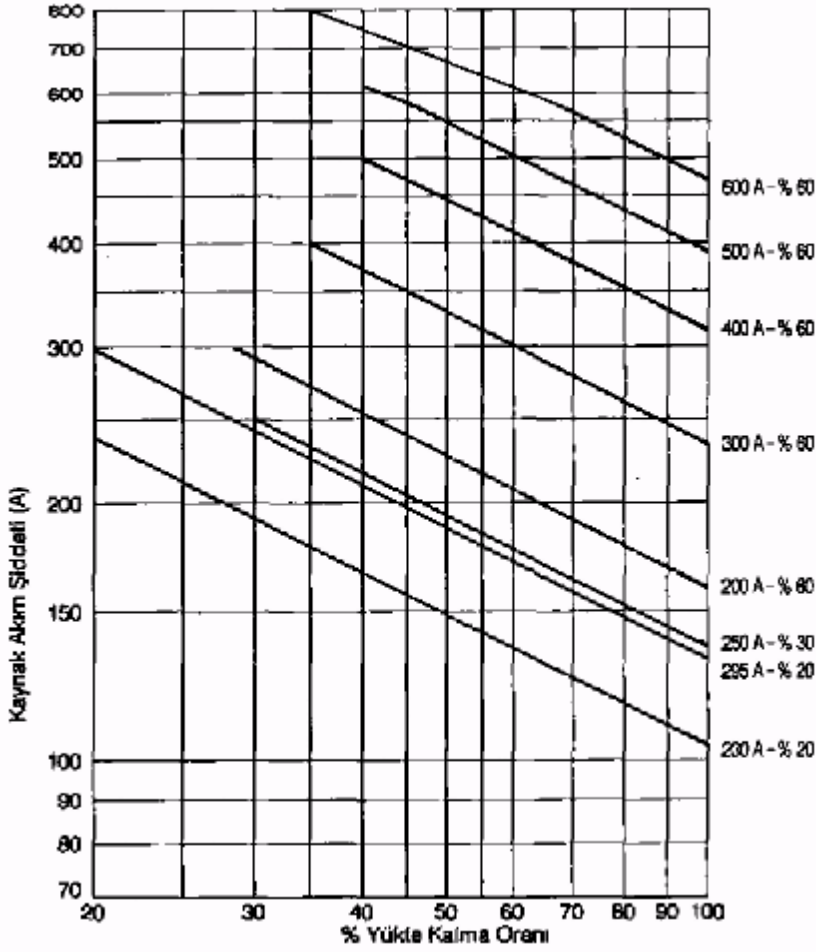
Bir kaynak makinasından sürekli olarak çekilebilecek akım şiddetine sürekli akım denir.

Nominal Kaynak Akımı

Kaynak makinasının % 60 yükleme oranında verdiği en yüksek akım şiddetine **nominal kaynak akımı** adı verilir.

- **Ayar Alanı**

Bir kaynak makinasının ayar alanı, verdiği en düşük ve en yüksek akım şiddetleri ile sınırlanmış olan alandır. Bu ayar atanında uygun elektrodlar ile iyi bir biçimde kaynak yapılabilir.



Şekil 5.13.- Kaynak akım şiddeti ve yükte kalma oranı arasındaki ilişki

• Yükte Kalma Oranı

Kaynak akım üreticinin yük altında çalıştığı sürenin (arkın yandığı süre, bilfiil çalışma süresi) makinanın çalışma süresine oranının 100 ile çarpımına yükte kalma oranı denir. Örneğin, bir kaynak işlemi 3 dakika sürüyor ve kaynakçı cüruf temizleme ve penseye yeni bir elektrod takıp tekrar işe başlamak için 2 dakika sarf ediyorsa bu durumda yükte kalma oranı:

$$\% \text{Y.K.O} = \frac{3 \times 60 \times 100}{(3 + 2) \times 60} = \% 60$$

olarak hesaplanır.

Kaynak akım üreteçlerinin etiketleri üzerinde belirtilen akım şiddeti, bu makinanın % 60 yükte kalma oranında verebileceği en yüksek akım şiddetidir. % 60 yükte kalma oranında 300 A verebilen bir makina 350 Amper'de çalıştırıldığında yükte kalma oranı ne olacaktır?

$$\% \text{ Y.K.O} = \frac{300 \times 60}{350} = \% 44$$

Bir kaynak akım üretcinin yüzde kalma oranı bu şekilde hesaplanabileceği gibi Şekil 5.13'de verilmiş olan abak yardımı ile de saptanabilir. Bu tür bir abak özellikle çeşitli akım üretçilerinin karşılaştırılmasında büyük kolaylık sağlar.

6

YARDIMCI VE KORUYUCU KAYNAK DONANIMLARI

Elektrik ark kaynağında kaynak akım üretici ile şebekeyi bağlamaya yarayan kabloya şebeke kablosu denir. Bu kablonun şebekeye bağlanan ucunda ikili veya üçlü bir fiş vardır. Genel olarak trifaze şebekeye bağlanmak üzere dizayn edilmiş olan jeneratör, redresör için trifaze fiş, ufak işlerde kullanılan transformatörlerde ise ikili fiş vardır.

Kaynak akım üretici ile iş parçası ve elektrod arasındaki bağlantıyı sağlayan kablolar da kaynak kablosu denir.

Ark kaynak kablolarında kullanılan fiş ve prizler TS 3741 'de sınıflandırılmıştır.

Kaynak kablolarının kesiti kaynak üreticinin azami değerine göre seçilir. Bunlar için önerilen kesitler de şunlardır (kablo uzunluğu 10 m'yi geçmemek koşulu ile).

$I = 250$ Amper'e kadar 50 mm^2 , kesitli bakır kablo (çıplak tel çapı yaklaşık 9,6 mm),

$I = 400$ Amper'e kadar 70 mm^2 , kesitli bakır kablo (çıplak tel çapı yaklaşık 11,2 mm),

$I = 550$ Amper'e kadar 95 mm^2 , kesitli bakır kablo (çıplak tel çapı yaklaşık 13 mm).

Kablo kesitlerinin incelenmesi ve hesaplanması ile ilgili yöntemler Bölüm 3'de ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır.

Kaynak kabloları gerektiğinde birbirlerine ancak özel ekleme parçaları yardımıyla eklenmelidir.

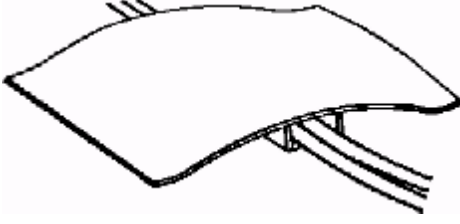
Çalışma esnasında kabloların zedelenmemesine dikkat etmek lazımdır; yol gibi geçilen yerlerde kablolar özel saçtan yapılmış bir koruyucu altından geçirilerek zedelenmesi önlenmelidir.



Şekil 6.1.- Kaynak ve topraklama kablosunu akım üreticine bağlamada kullanılan pabuçlar.



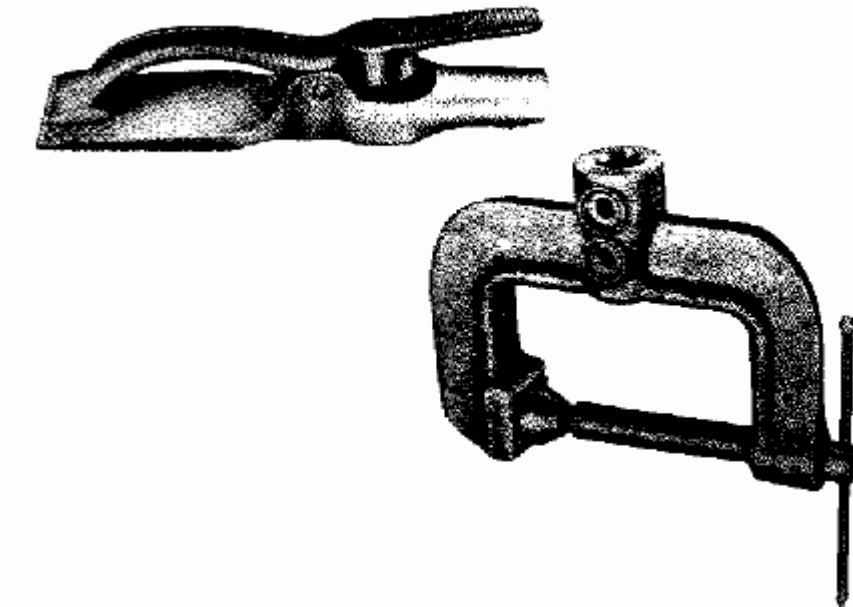
Şekil 6.2.- Kaynak kablosu ekleme parçası



Şekil 6.3.- Kablo koruyucu sacı

Topraklama kablosu diye adlandırılan ve akım dönüşünü tamamlayan kablo iş parçasına veya kaynakçı masasına genellikle bir işkence yardımıyla tutturulur. Bazı özel hallerde kablonun ucuna bir mıknatıs bağlayarak iş parçası ile bu kablonun teması sağlanır.

Büyük kütleli parçaların kaynağında topraklama kablosu özel bağlama tertibatından iş parçası üzerine temas ettirilir. Ufak parçalar ise genellikle demirden yapılmış **kaynakçı masası** adı verilen bir masa üzerinde kaynak edilir; bu durumda topraklama kablosu masaya bağlanır.

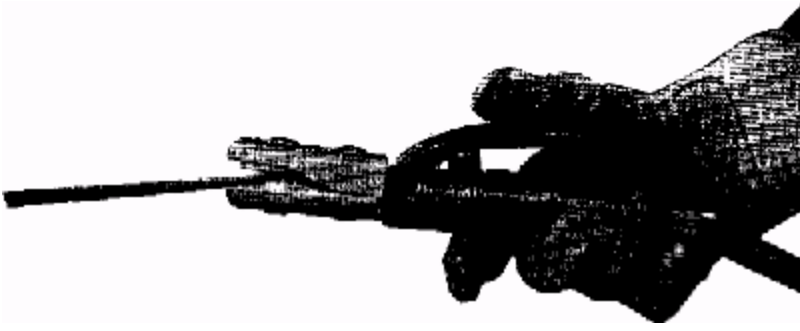


Şekil 6.4.- Topraklama kablosunu iş parçası veya kaynakçı masasına bağlamada

kullanılan tertibatlar.

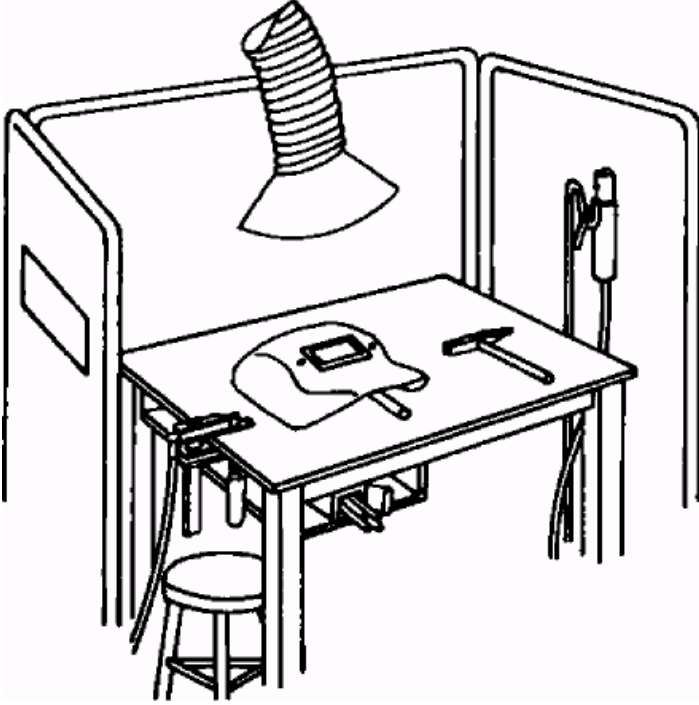
Kaynak kablosu ucunda kaynak akımını elektroda ileten ve kaynakçının elektroda gereken hareketleri yaptırmasını sağlayan bir kaynak pensesi vardır. Bu penseye elektrod çıplak ucundan takılır. Bir mandal prensibiyle çalışan pensenin ağzı, elektrodu istenen açıda sıkıca tutabilecek biçimde dizayn edilmiştir. Penseler yüksek bir elektrik iletkenliğine sahip, aynı zamanda sıcaklığa dayanıklı bir metalsel malzemeden yapılırlar. Pensenin elle tutulan sap kısmı iyi bir şekilde izole edilmiştir.

Pense dengeli ve hafif olmalı ve sap kısmı da kaynakçının rahat bir biçimde tutabileceği bir şekilde dizayn edilmelidir. Penseler ile ilgili TS henüz hazırlık aşamasındadır.

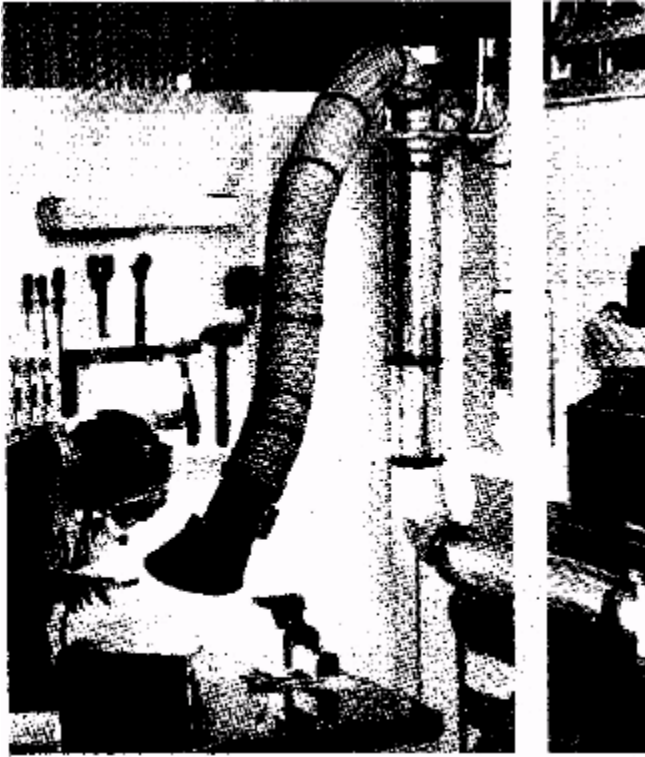


Şekil 6.5.- Tamamen izoleli bir elektrod pensesi.

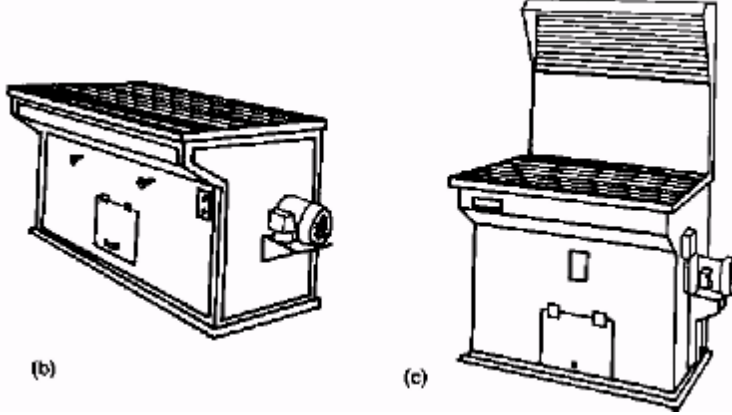
Kaynak yapılırken çıkan ışıklardan çevrede çalışanlar veya diğer kaynakçıların rahatsız olmaması için çevreleri özel paravanlar ile veya perdeler ile kapatılan küçük kabinler yapılır. Böyle bir kabin Sekli 6.6'da görülmektedir. Kaynak anında çıkan gazların o bölgeden uzaklaştırılması için özel emici düzeneklere gereksinim duyulur. Bu emme düzenekleri, kaynak masasının üzerine, yanına veya hareket edebilen hortum yardımı ile istenen yere takılabildiği gibi bu konuda en iyi çözüm Şekil 6.7'de görülen masanın üstünden altına doğru emme yapan düzenektir.



Şekil 6.6.- Kaynak operatörü çalışma yeri



(a)



Şekil 6.7.- Gaz, buhar ve dumanları emme düzenekleri.

- (a) Yer değiştirilebilir hortum emici,
- (b) Alttan emici düzenli ızgaralı masa,
- (c) Alttan ve arkadan emme yapabilen düzenekli masa.

Bu şekilde kaynak bölgesinde oluşan zararlı dumanlar kaynak operatörüne gelmeden emilerek uzaklaştırılmış olur.



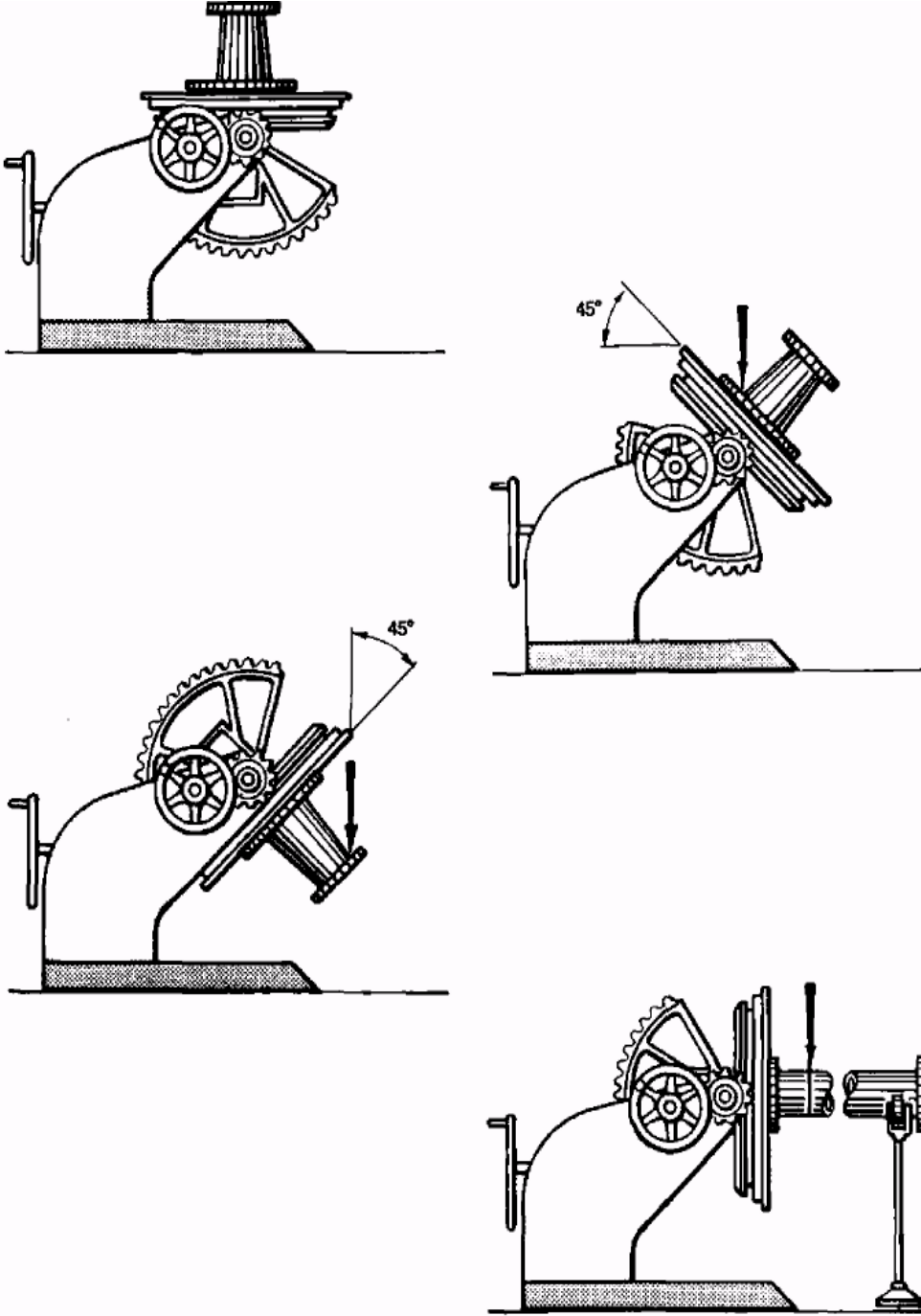
Şekil 6.8.- Orta büyüklükteki parçalar için üniversal bir pozisyoner.

Orta büyüklükteki parçaların kaynağı halinde kaynak sırasında parçayı istenen konuma getirerek kaynak işlemini kolaylaştırmak için pozisyoner adı verilen özel donanımlar kullanılır. Bu şekilde kaynakçının işi kolaylaştığından, daha rahat bir çalışma ortamı sağlanmış olduğundan kaynak dikişinin kalitesi de yükselir hata olasılığı azalır.

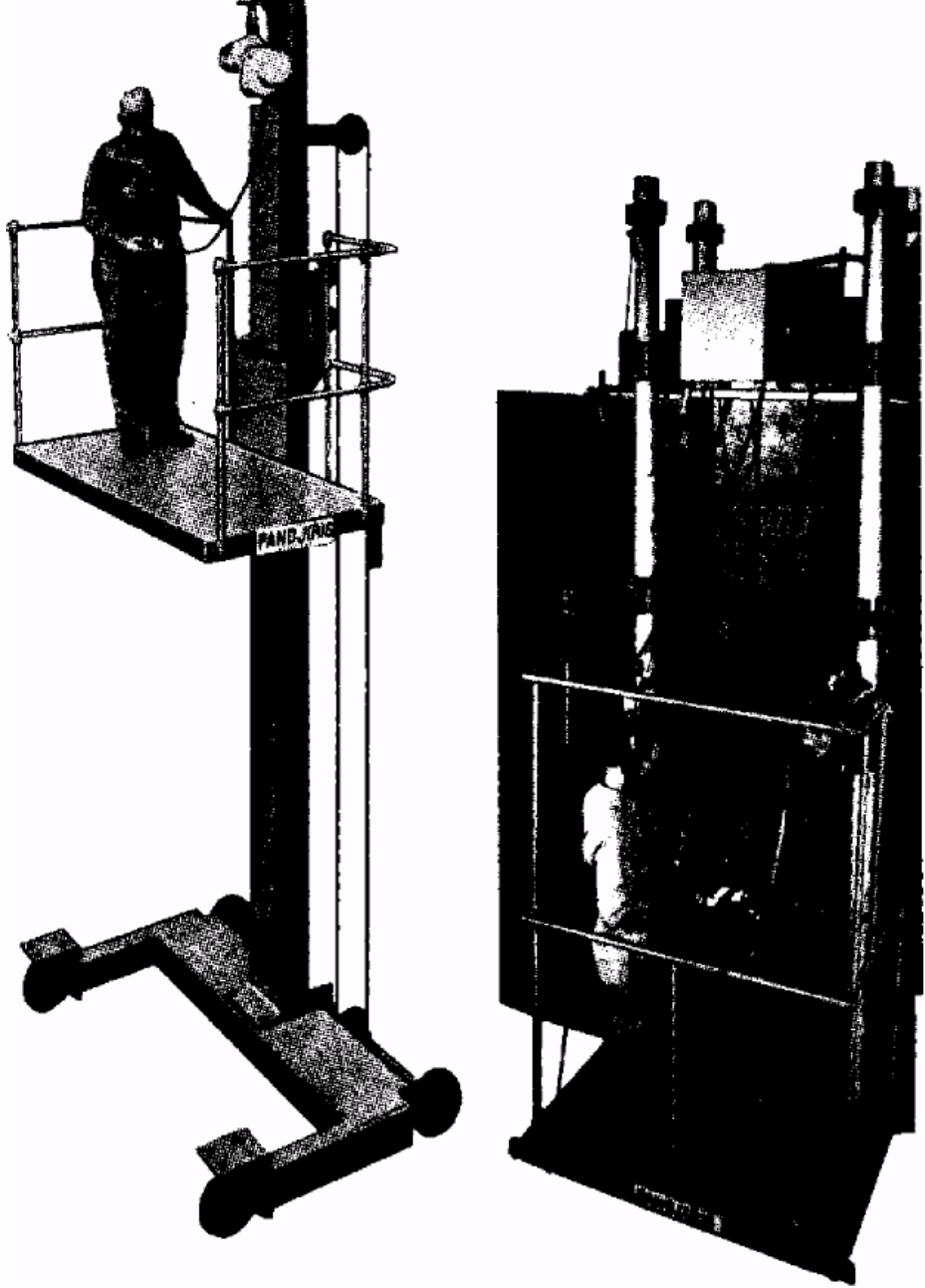
Büyük kaynaklı konstrüksiyonların yapımında, çoğu kez kaynakçıyı kaynak yapılan yere eriştirmek

İçin atölye içinde veya şantiyelerde asansör veya forklift prensibi ile çalışan özel donanımlar geliştirilmiştir. Kaynakçı bu donanımın platformunda rahat bir biçimde çalışma olanağına sahip olmaktadır.

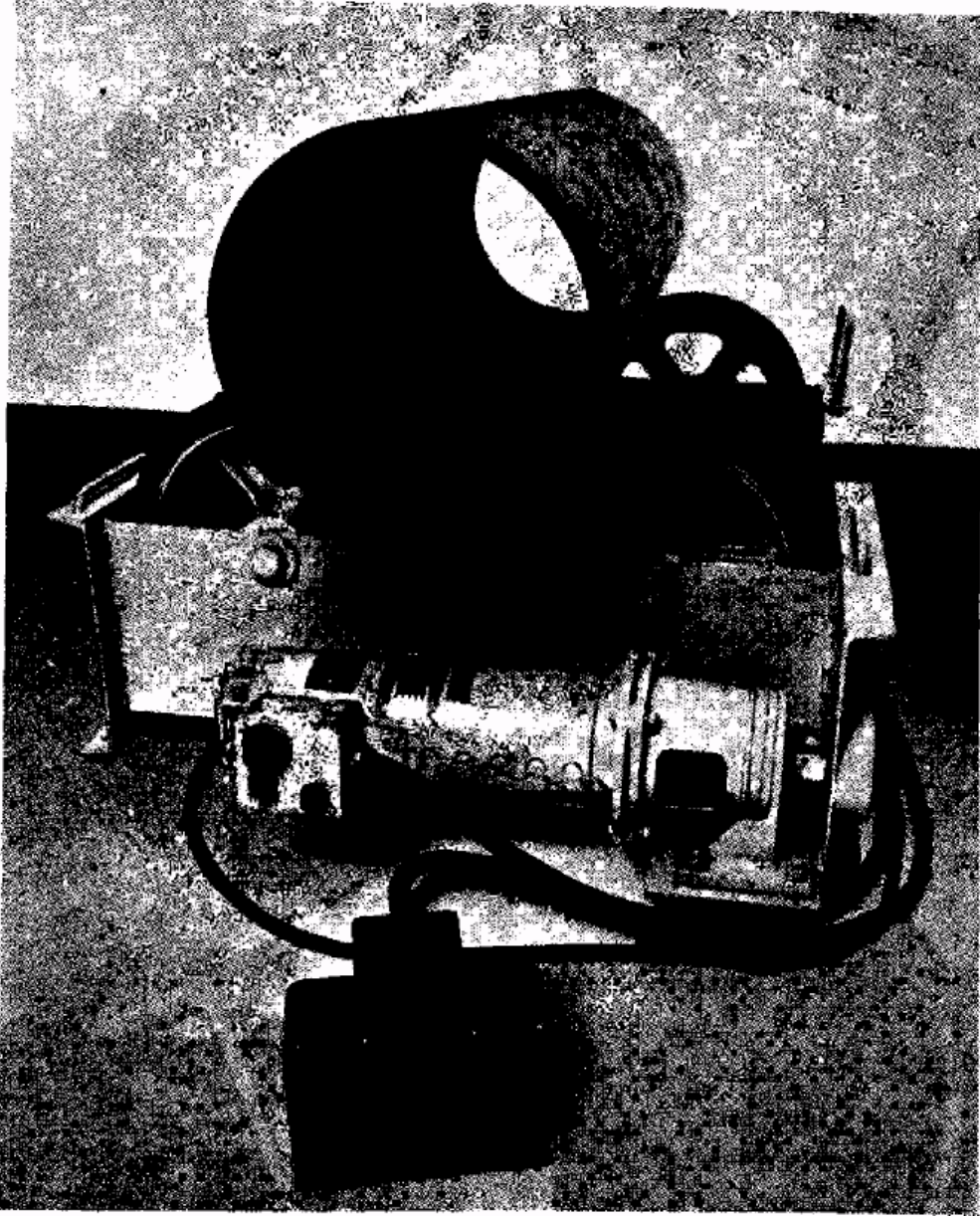
Buhar kazanları, basınçlı kaplar gibi büyük silindirik parçaların çevre dikişlerinin kaynağında parçalar dört tekerlekten oluşan bir tertibat üzerinde döndürülerek kaynak dikişinin sürekli olarak yatay oluk pozisyonunda yapılması sağlanır. Böyle bir tertibat Şekil 6.11 'de görülmektedir.



Şekil 6.9.- Şekil 6.8'deki pozisyonerin kaynak dikişinin yerine göre çeşitli ayarlama olanakları.

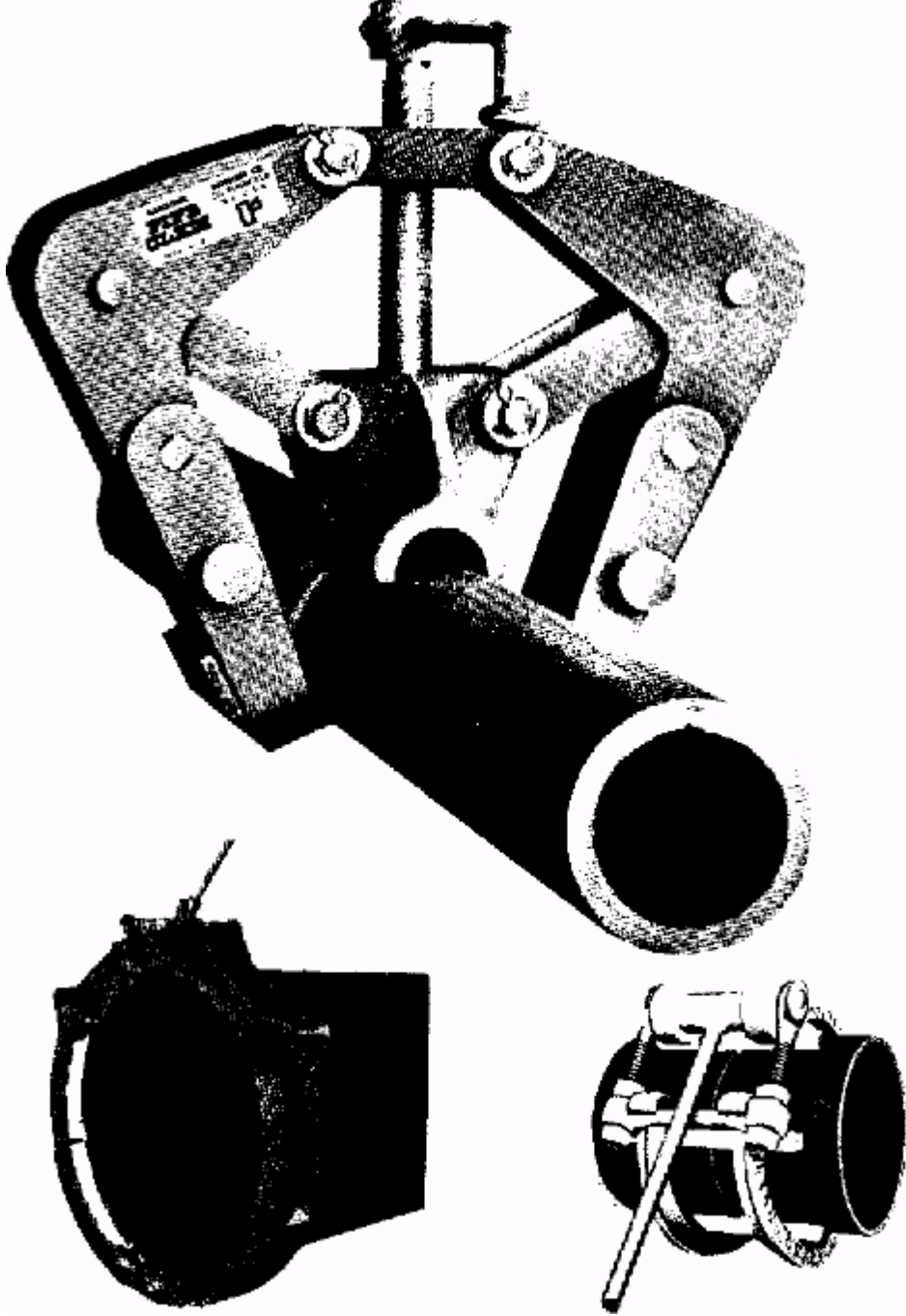


Şekil 6.10.- Asansörlü kaynak platformu.

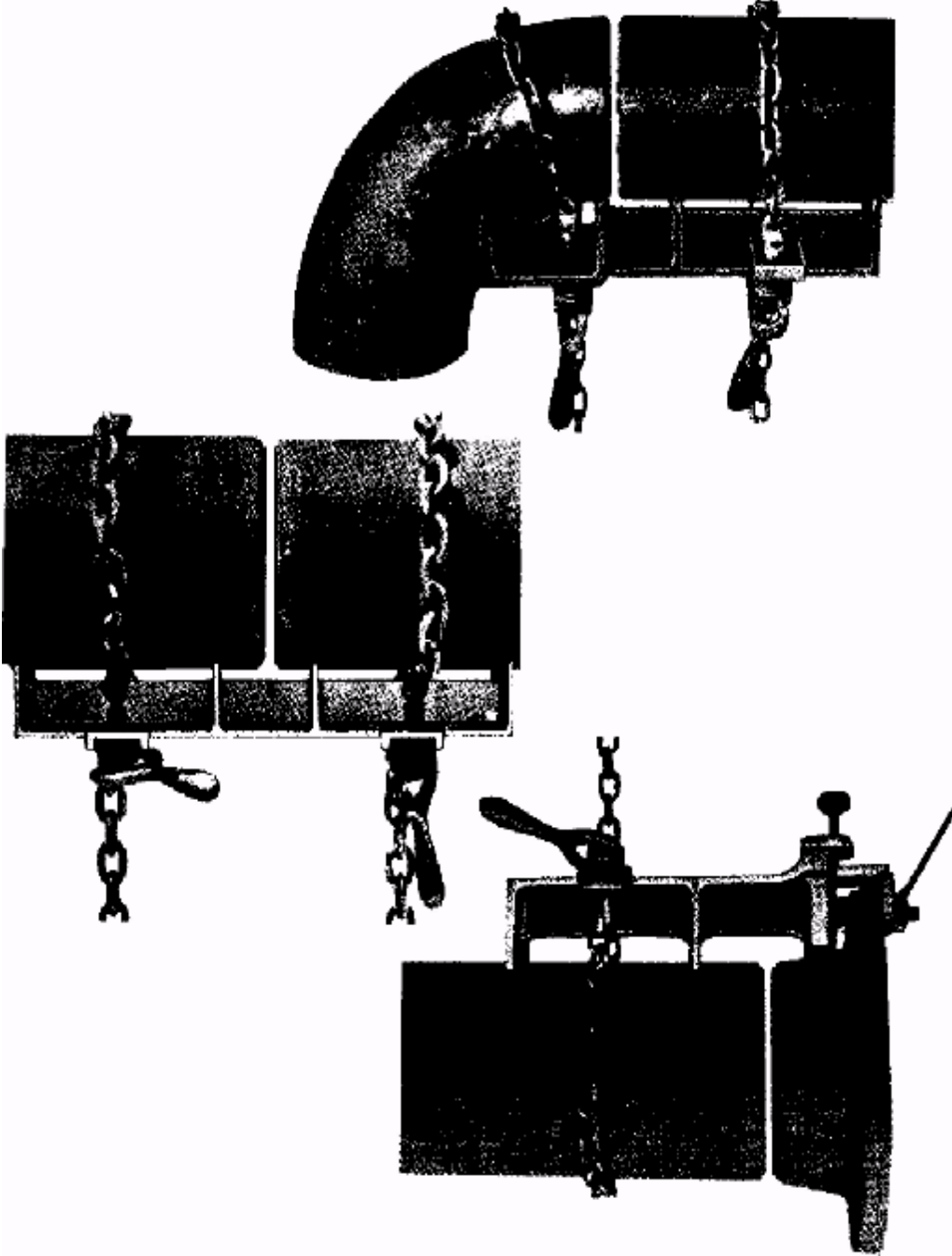


Şekil 6.11.- Silindirik parçalar için döndürme tertibatı.

Kalın boruların kaynakla birleştirilmesinde boru parçalarının birbirlerini tam ağızlaması diğer bir deyimle boru eksenlerinin birbirleri ile çakışması için özel takım bağlama düzenekleri geliştirilmiştir. Bunlarla ilgili örnekler Şekil 6,12 ve 6.13'de verilmiştir.

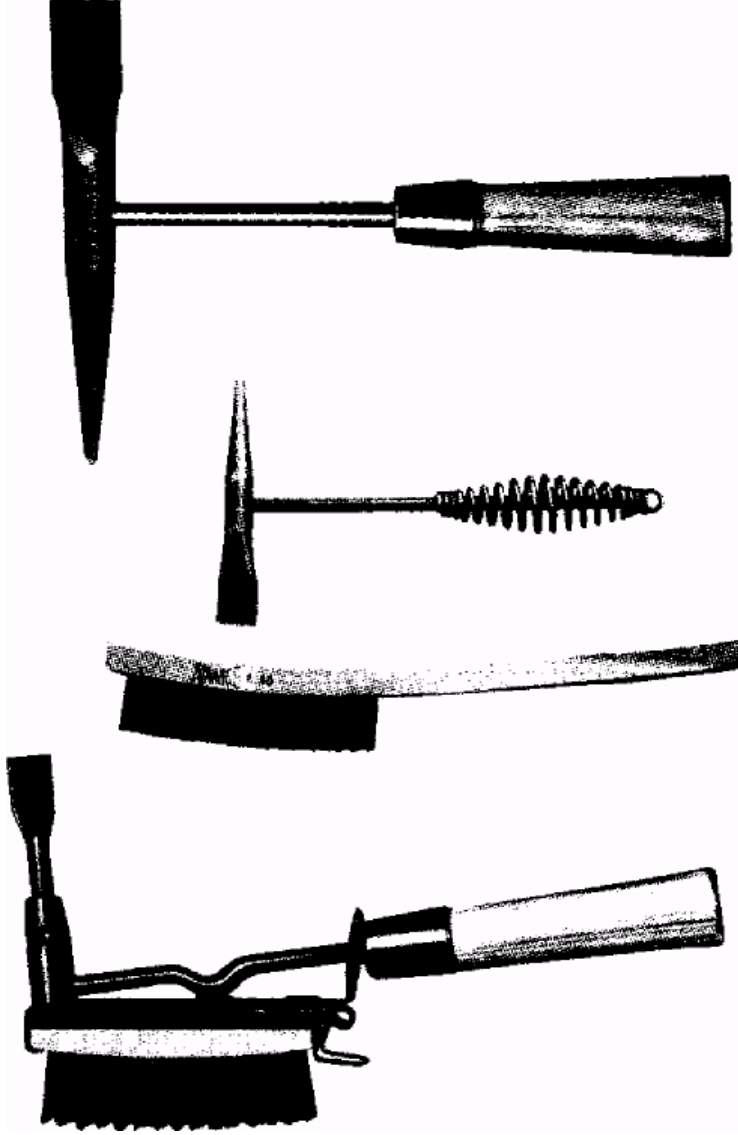


Şekil 6.12.- Boruları kaynak esnasında ağızlamada kullanılan sıkmalı üniversal tertibatlar.



Şekil 6.13.- Boruları kaynak esnasında ağızlamada kullanılan zincir germeli universal tertibatlar.

Kaynak dikişinin üzerinden cürufun temizlenmesinde kaynakçı çekici ve tel fırça kutlanılır. Kaynak esnasında ısınan parçalar da çeşitli kısıkaçlar ile tutularak manüple edilir.



Şekil 6.14.- Çeşitli kaynakçı çekiç ve fırçaları.

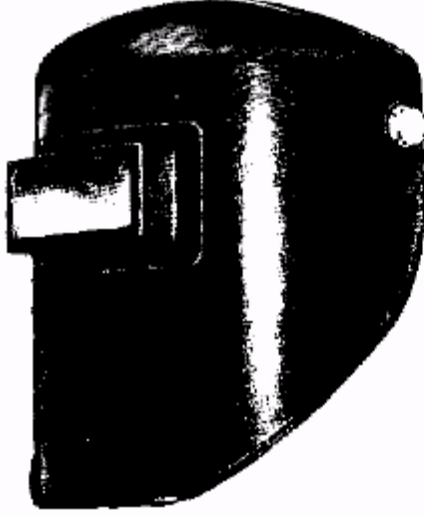
Kaynakçı, kaynak esnasında ortaya çıkan ışıklardan, kullanılan elektrikten, sıçrayan metal zerrelerinden ve sıcaktan korunmak için özel maske, eldiven, önlük ve giysiler kullanmak zorundadır. Maskeler ve eldivenler ile ilgili TS hazırlık aşamasındadır. Maske camlarının özellikleri ve koyulukları kitabın İş Güvenliği ve Sağlık Bölümü'nde etraflıca açıklanmıştır.



Şekil 6.15.- Kaynakçı koruyucu giysisi.



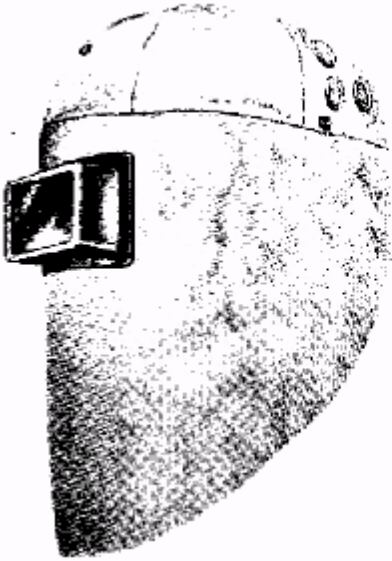
Şekil 6.16.- Cüruf temizlemede kullanılan gözlükler.



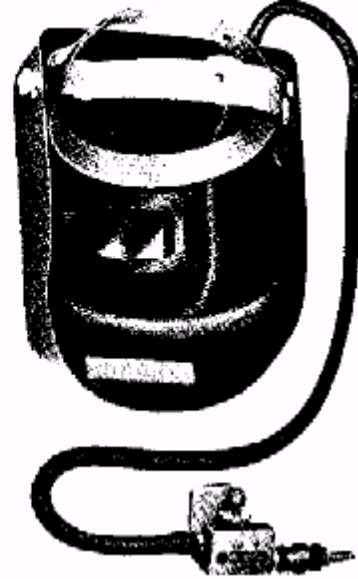
Standard Kaynakçı Maskesi



Camı Hareketli Maske

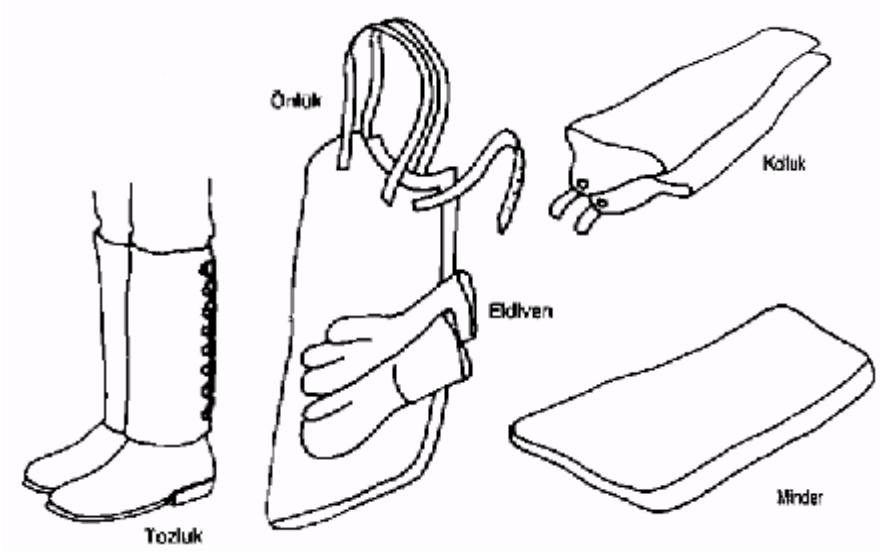


Deriden Yapılmış Esnek Maske

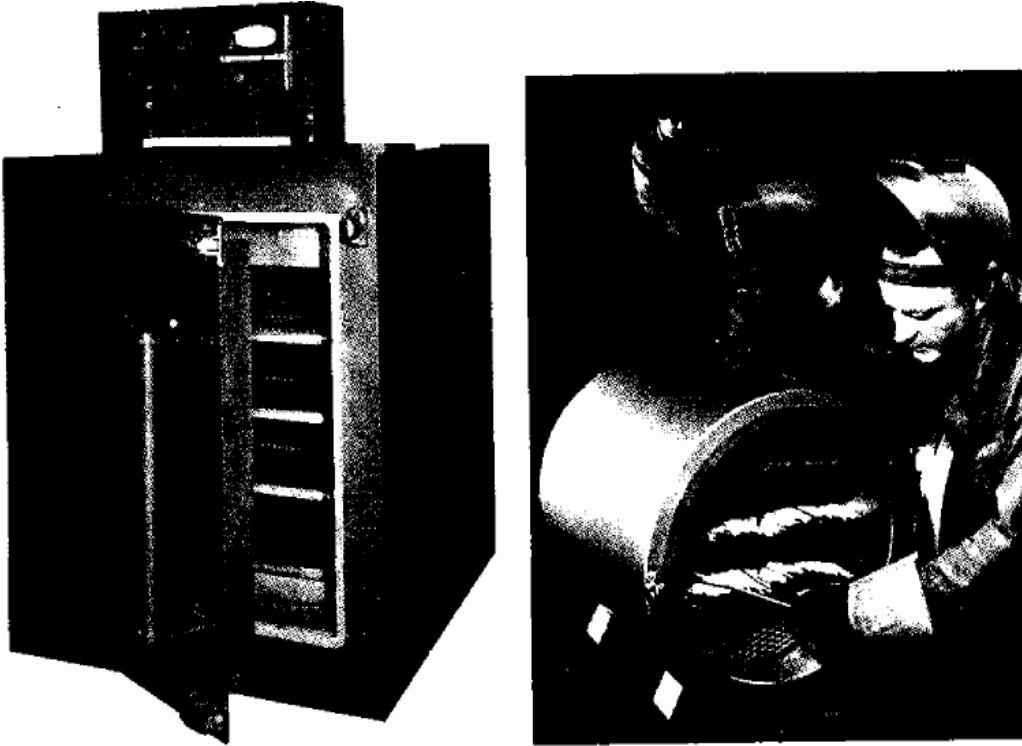


Kapalı Mahallerde Kullanılmak için Geliştirilmiş
Solunum Donanımlı Maske

Şekil 6.17.- Çeşitli tür kaynakçı maskeleri.



Şekil 6.18.- Kaynak operatörü giysileri.



Şekil 6.19.- Elektrod kurutma fırınlarına ait örnekler.

Örtülü elektrodların büyük bir kısmı özellikle bazik karakterli elektrodlar, çok nem atıcı bir örtüye sahiptirler. Örtüleri nem kapmış elektrodların kaynak dikişlerinde gözenek görülür. Bu bakımdan özellikle bazik elektrodların kullanılmadan önce kurutulmaları gereklidir. Kurutma işlemi bu iş için geliştirilmiş özel fırınlarda yapılır.

7

KAYNAK ELEKTRODLARI

KAYNAK ELEKTRODLARININ SINIFLANDIRILMASI

Elektrik ark kaynağında kullanılan elektrodlar, kaynağın amacına göre birleştirme ve dolgu kaynağı elektrodları olmak üzere iki ana gruba ayrılabilirler. Birleştirme kaynağında kullanılan elektrodların oluşturduğu kaynak metalinin yüksek dayanım değerine sahip, tok ve sünek olması istenir; buna karşın dolgu kaynağında kaynak metalinin sert ve aşınmaya dayanıklı olması arzu edilir. Elektrodlar ayrıca, birleştirilen malzemenin türüne göre de sınıflandırılabilir.

- Çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodlar,
- Dökme demirlerin kaynağında kullanılan elektrodlar,
- Paslanmaz ve korozyona dayanıklı çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodlar,
- Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında kullanılan elektrodlar,
- Bakır ve alaşımlarının kaynağında kullanılan elektrodlar,
- Nikel ve alaşımlarının kaynağında kullanılan elektrodlar.

Elektrik ark kaynağında kullanılan elektrodların bir grubu sadece ark oluşturmak, diğer bir grubu ise hem ark hem de ek kaynak metalini sağlamak amacı ile üretilmişlerdir. Bu bakımdan kaynak yönteminde kullanılan elektrodları, eriyen ve erimeyen elektrodlar olmak üzere de iki ana grup altında toplamak mümkündür.

Erimeyen Elektrodlar

Bu elektrodlar sadece arkı oluşturmak için kullanılır; gerekli hallerde kaynak metalini, bir tel çubuk halinde, aynen oksijen - asetilen kaynak yönteminde olduğu gibi kaynak bölgesine dışarıdan katılır. Elektrik ark kaynağında bu tür elektrodlar karbondan ve tungstenden yapılır.

Karbon elektrodlar ince sacların kaynağında ve bazı özel kaynak yöntemlerinde kullanılır, genellikle dairesel kesitli olan karbon elektrodlar amorf, grafit ve elektrografit olmak üzere üç türdür. Grafit ve elektrografit elektrodlar, grafit kömüründen üretilir ve amorf elektrodlardan daha yüksek bir akım şiddeti ile yüklenebilirler. Ömürleri de amorf elektrodlardan daha uzundur. En ucuzları amorf ve en pahalı olanları da elektrografit elektrodlardır.

Tungsten elektrodlar ise bir gazaltı kaynak yöntemi olan TIG kaynağında kullanılmaktadırlar.

Eriyen Elektrodlar

Bu elektrodlar hem arkın oluşmasını ve hem de eriyerek gerekli kaynak metalini sağlarlar. Çeliklerin kaynağında kullanılan çiplak, özlü ve örtülü olmak üzere üç ayrı türde üretilirler.

- Çiplak Elektrodlar

Bu tür elektrodlar, belirli alaşımlardan hazırlanmış, tozaltı, MIG-MAG kaynağı için kangala sarılmış, TIG ve oksit - asetilen kaynağı için belirli boylarda kesilmiş dolu tel çubuklardır. Günümüzde artık elektrik ark kaynağı için çıplak tel elektrod üretimi yapılmamaktadır.

• Özlü Elektrodlar

Bu elektrodlar da bir tür çıplak elektroddur, yalnız bunlar bir boru şeklinde üretilmiş ve içlerinde öz diye adlandırılan, arkın stabilizasyonunu ve kaynak metalinin alaşımlanmasını sağlayan bir madde vardır. Özün yanması ile oluşan gaz dolayısı ile bu elektrodlarda havanın, kaynak banyosuna olumsuz etkisi daha azdır. Özlü elektrodların çubuk halinde olanları ancak bazı özel sert dolgu işlemleri için üretilmektedir. Genellikle bugün MIG-MAG yöntemleri için çok çeşitli türde makaraya sarılı tel halinde özlü tel üretimi yaygındır.

• Örtülü Elektrodlar

İlk defa, İsveçli Oscar Kjelberg tarafından 1904 yılında üretilmiş olan örtülü elektrodlarda, çıplak kaynak telinin üzerine sarma, daldırma ve ekstrüzyon ile geçirilmiş bir örtü maddesi (kabuk) vardır. Örtülü elektrodları elde etmek için, yukarıda belirtilmiş yöntemlerin hepsi olumlu sonuçlar vermelerine karşın, bugünün endüstrisi, birçok üstünlükleri nedeni ile üretim tekniği olarak, ekstrüzyon yöntemini uygulamaktadır.

Elektrod Örtü Malzemeleri

Bir elektrodun kaynak karakteristikleri tümü ile bu örtünün bileşiminin etkisi altındadır. Yığılan kaynak metal miktarı, kaynak dikişinin nufuziyeti ile bir dereceye kadar da bileşimi, bu örtü bileşimi ile kontrol altında alınabilir. Kaynak dikişinin formu, konkav veya konveksliği, yüzey düzgünlüğü gibi özellikler gene örtü bileşimi değiştirilerek istenen yönde ayarlanabilmektedir.

Elektrod örtüsünün sağladığı yararları şu şekilde sıralayabiliriz;

- Arkın tutuşmasını ve oluşumunu kolaylaştırır. Kaynağın hem doğru hem de alternatif akımla yapılmasını sağlar,
- Eriyen metal damlalarının yüzey gerilimlerine ve vizkozitelerine etkiyerek, gerek tavan ve gerekse düşey kaynaklarda çalışmayı kolaylaştırır,
- Koruyucu bir gaz atmosferi oluşturarak kaynak dikişini atmosferin olumsuz etkilerinden korur,
- Kaynaktan sonra dikişin üzerini bir cüruf tabakası ile örterek dikişin yavaş soğumasını sağlar,
- Erimiş kaynak banyosunu dezokside eder. Gerektiği hallerde kaynak dikişini alaşımlandırır.

Elektrod örtüsünü oluşturan maddelerin türleri oldukça karışıktır. Bugün artık elektrod örtüsü, babadan oğula geçen ve sır olarak saklanan sanat olmaktan çıkmış, çelik üretim yöntemleri ile yakından ilgili bir bilim dalı haline gelmiştir. Ancak, her örtü formülü gerek üretim ve gerekse kaynak teknolojisi yönünden en az aşağıdaki gereksinimleri sağlayabilmelidir.

- Üretim kolaylığı,
- Depolama ve taşıma uygunluğu,

- Kaynak karakteristiği,
- Cürufun kolay temizlenmesi,
- Kaynak metaline metalurjik olarak etkimesi.

Elektrod standartları, elektrodun kullanılma karakteristiğini, kaynak metalinin mekanik özelliklerini ve bazen de kaynak metalinin analiz sınırlarını belirtir. Elektrod örtüsü formülü ise üreticiye bırakılmıştır. Günümüzde kaynak elektrodları üretiminde en fazla kullanılan örtü maddelerini şu şekilde sıralayabiliriz.

Cüruf Oluşturan Maddeler

Kaynak banyosu üzerinde bir cüruf oluşturarak, erimiş metalin çabuk soğumasını önlemek ve havanın zararlı etkisinden korunmak için katılan bu maddeleri dört ana grupta inceleyebiliriz:

Karbonatlar

Elektrod örtüsü üretiminde cüruf oluşturmak üzere genellikle kalsiyum ve mangan karbonat veya bunların karışımı gibi suda çözülmeyen türden mineraller kullanılır. Suda çözülen bileşikler bağlayıcı olarak kullanılan cam suyunun bozulmasına neden olduklarından örtü bileşeni olarak kullanılmazlar. Stronsiyum ve Baryum karbonat da bazı hallerde, belirli miktarlarda, örtüye girer. Potasyum ve Sodyum karbonat ise çok az miktarda (% 1 'den az) kullanılır.

Silikatlar

Cüruf oluşturmak amacı ile 1400 °C'nin altında eriyen her türlü silikat örtüye katılabilir. Temini güç ve pahalı silikatlar örtüye ek bir özellik kazandırmadıklarından, bu iş için genellikle, kuartz ve feldspat (Potasyum/Sodyum/Alüminyum-Sili-kat) gibi kolaylıkla sağlanabilen türler kullanılır.

Oksitler

Bu tür örtülerde, titandioksit ve demiroksit cüruf oluşturan bileşiklerdir. Magnetit, hematit, ilmenit, rutil bu oksitlerin doğada var oldukları şeklidir. Manganez, alüminyum, silisyum, krom gibi metallerin oksitleri de örtüye katılabilirler.

Fluorürler

Fluorürler, genellikle suda çözüldüklerinden, ancak bazı türleri örtü içinde kullanılabilir. Kullanılan fluorürler içinde fluspat (kalsiyum ftuorür) en önemli yeri tutar. Örtü içinde kullanılan bir diğer fluorür de kriyolittir (sodyum/alüminyum fluorür).

Arkı Stabilize Eden Maddeler

Potasyum bileşikleri, potasyum okzalit, zirkonyum karbonat, lityum karbonat ve titan bileşikleri arkın stabilizasyonunu ve alternatif akımda arkın sürekliliğini sağlamak amacı ile örtüye katılan maddelerdir.

Gaz Atmosferi Oluşturan Maddeler

Kaynak bölgesini havanın olumsuz etkilerinden korumak için ark sıcaklığında ayrışmaya uğrayarak veya yanarak koruyucu bir gaz örtüsü oluşturmak amacı ile örtüye selüloz, kireçtaşı, odun tozu, dekstrin katılır.

Ekstrüzyon İşlemini Kolaylaştırıcı Maddeler

Gliserin, talk, kaolen, bentonit, mika.

Bağlayıcı Maddeler

Sodyum silikat, potasyum silikat, zambak arabisi, dekstrin, şeker.

Örtüye, Kurutma Sırasında ve Kuruduktan Sonra Dayanım Kazandıran Maddeler

Örtüye, kuruma sırasında ve kuruduktan sonra dayanımını arttırmak amacı ile bağlayıcı elemanların yanı sıra asbest gibi elyaflı mineraller de katılır. Son senelerde asbestin insan sağlığı üzerine yaptığı olumsuz etkileri göz önünde bulundurularak, yerine mika gibi pul pul levhacıklar halinde mineraller katılmaktadır. Bunların miktarı, örtü türüne göre değişmekle beraber genellikle çok azdır. Bu mineraller birer silikat oldukları için kaynak esnasında cürufa geçer ve cüruf yapıcı bir bileşen rolünü oynarlar.

Dezoksidasyon ve Alaşımlama Yapan Maddeler

Ferrosilisyum, ferromanganez, elektromanganez, ferrokrom, ferromolibden, ferronyobyum dezoksidasyon işlemini gerçekleştirmek ve alaşımlama yapmak amacı ile katılan maddelerdir.

Elektrod örtüsüne katılan alaşım elementleri, kaynak sırasında kaynak metaline elementin türüne göre, ancak belirli bir oranda geçerler. Bu nedenle ile elektrod üretilirken örtüye katılan alaşım elementlerinin verimleri göz önüne alınır. Tablo 7.1'de elektrod örtüsüne katılan alaşım elementlerinin kaynak dikişini alaşımlandırma verimleri verilmiştir.

Bu alaşım elementleri 100 meşlik bir elekten geçebilecek şekilde toz haline getirildikten sonra örtü pastasına eklenir. Alaşım elementlerinin toz taneleri ufaldıkça, alaşımlandırma verimi de o oranda artar. Günümüzde, bazen alaşımlı kaynak dikişleri elde etmek için, alaşımlı tel yerine normal tel ve alaşım elementi içeren bir örtü kullanmak çok daha ekonomik olmaktadır. Bu tür örtülü elektrodlara sentetik elektrod adı verilmektedir.

Tablo 7.1.- Elektrod örtüsüne katılan alaşım elementleri ve yaklaşık verimleri.

Alaşım Elementi	Örtü içinde alaşım elementlerinin formu	Alaşım elemanın yaklaşık
Karbon	Grafit	75
Manganez	Ferromangan	75
Fosfor	Ferrofosfor	100
Kükürt	Demirsülfür	15
Silisyum	Ferrosilisyum	45
Krom	Ferrokrom	95
Nikel	Elektrolitik Nikel	100
Bakır	Bakır	100
Niyobyum	Ferronyobyum	70
Titanyum	Ferrotitan	5
Molibden	Ferromolibden	97
Vanadyum	Ferrovandiyum	80

Berilyum	Bakır - Berilyum	0
Bor	Ferroboron	2
Azot	Nitritli Manganez	50
Tungsten	Ferrotungsten	80
Alüminyum	Ferroalüminyum	20
Zirkonyum	Nikel - Zirkon	5

ÖRTÜ TÜRLERİ

Elektrod örtüleri hazırlanırken bu maddeler belirli miktarlarda harman yapılır ve ekstrüzyon presinde veya daha önce belirtilmiş olan yöntemlerden birisi uygulanarak elektrod çekirdeğine sıvanır.

Bu maddelerin birbiri ile karıştırılmasında bazı kurallar vardır. Her tür elektrod örtüsü için özellikle ana bileşenlerin bazı oranlar çerçevesinde kalmaları zorunludur. Aksi halde elektrod örtüsü kendinden beklenen özellikleri sağlayamaz. Bu karışım oranları uzun yılların deneyimi sonucunda formüle edilmişlerdir.

Örtülü elektrodlar, örtülerinin içerdikleri ana bileşenin türüne, cüruflarının asitlik veya bazlık durumuna göre çeşitli gruplara ayrılırlar.

İlerideki bölümlerde bu gruplar ve gösterdikleri özellikler etraflıca incelenecektir. Aynı gruba girdikleri ve hemen hemen aynı özellikleri gösterdikleri halde, örtü bileşimleri birbirinden bir hayli farklı elektrod üretmek mümkündür.

Rutil Elektrodlar

Bu tür elektrodalarda, örtü ağırlığının yaklaşık % 35'ini titandioksit oluşturur. Örtü titandioksitin yanı sıra feldspat, kuvarz, az miktarda selüloz, gene az miktarda ferromangan; bağlayıcı olarak da sodyum ve potasyum silikat içerir. Değişik örtü kalınlıklarında üretilen rutil elektrodalarda eriyen kaynak metali, örtü kalınlığı arttıkça incelen damlalar halinde geçer ve aynı zamanda artan örtü kalınlığı dikişin mekanik özelliklerine de olumlu yönde etkir. Bu tür örtüler, dikişi tamamen örten, oldukça kalın, rengi kahverengiden siyaha kadar değişen, çabuk katılaştıran bir cüruf oluştururlar. Cürufun özellikleri, örtüyü meydana getiren maddelerin miktar ve türüne bağlıdır. Örtüye katılan feldspat ve asbest gibi silisli maddeler çok akıcı cüruf veren titandioksit ile karışarak cürufun uygun bir akıcılıkta kalmasını sağlar.

Bu tür elektrodlar ile hem doğru hem de alternatif akımda kaynak yapılabilir. Bu elektrodlar üniversal türlerdir, her pozisyonda kaynak yapmaya elverişlidirler; gayet yumuşak bir ark ile sakin bir çalışma sağlarlar, aralık doldurma yetenekleri elektrod örtüsü kalınlaştıkça artar.

Rutil elektrodlar; rutil asit, ince Örtülü rutil ve kalın Örtülü rutil gibi gruplara ayrılır. Rutil asit türler herhangi bir asit tür örtüsünde bulunan, demir oksit yerine, titandioksit veya ilmenit konması ile elde edilmiştir. Bu şekilde kaynak metalinin oksijen içeriği azaldığında daha iyi mekanik özellikler elde edilir. Kalın örtülü elektrodalarda, oldukça fazla miktarda cüruf olduğunda koruyucu gaz atmosferine fazlaca gereksinme duyulmaz; dolayısı ile bu türler çok az organik madde içerirler,

Asit Elektrodlar

Bu tür elektrodların örtüsü fazla miktarda ferromangan, demiroksit, kuartz ve diğer dezoksidan maddeler içermektedir. Bu elektrodlar genelde kalın örtülü olarak üretilir ve kaynak sırasında, kaynak metalinin geçişi, örtü kalınlığı arttıkça inceler.

Cürufların katılma aralığı geniştir; çabuk akan ve düz dikişler veren bir elektroddur. Düşey kaynak hariç (yukarıdan aşağıya doğru) bütün diğer pozisyonlarda kullanılabilir. Cürufun arka tarafından görünüşü bir bal Peteğini andırır, çok gözenekli ve gevrekli. Hem doğru hem de alternatif akımda kullanılabilen bu elektrodların aralık doldurma yeteneği iyi değildir, kaynak ağızlarının iyi hazırlanması, birbirine uyumlu olması gerekir.

Cüruf yapıcı elementlerin miktarları diğer türlerde olduğu gibi değiştirilebilir. Fakat genellikle silikat, demiroksit ve karbonatların toplam miktarı fazla değişmez. Bazı hallerde, ferromanganez yerine ferrosilisyum kullanılabilir, bununla beraber asit karakterli her örtüde gene bir miktar ferromanganez bulunması zorunludur; zira örtünün karakteri oksitleyici olduğundan, kaynak banyosundaki alaşım elementlerinin büyük bir bölümü yanmaktadır.

Oksit Elektrodlar

Bu tür elektrodalarda örtünün önemli bir bölümü demiroksittir, kaynak sırasında metal geçişi bir akış halindedir. Yüksek akım yüklenme özeliğine sahiptirler; kaynak yaparken yüksek sıcaklık nedeni ile cüruf ve metal, çok akıcı hale geldiğinden ancak yatay ve oluk pozisyonlarda kullanılırlar. Kaynak sırasında şiddetli karbon ve manganez yanması olduğundan az karbonlu çeliklerin kaynağı için çok elverişlidirler. Ancak, kaynak metali ve cüruf çok akıcı olduğundan bu tür elektrodların, aralık doldurma yeteneği iyi değildir. Ark sıcaklığı çok yüksek olup, sıcak çatlama eğilimi fazladır. Güzel görünüşlü ve düzgün dikiş elde edilmek istendiğinde oksit tür elektrodlar kullanılmalıdır. Magnetit (Fe_3O_5), kuartz (SiO_2), kalsiyum karbonat ($CaCO_3$), kaolen ve camsuyu belirli ölçülerde karıştırılarak oksit tür elektrod örtüleri elde edilir.

Bazik Elektrodlar

• Bazik Elektrod Örtülerinin Özellikleri

Genellikle katın örtülü olarak üretilen bazik karakterli elektrodların örtüsü, kalsiyum ve diğer toprak alkali metallerin karbonatları ile bir miktar kalsiyum fluorür içermektedir. Bu örtünün bileşiminde karbonatlar yalnız başlarına kullanılmazlar, aksi halde meydana gelen cüruf kaynak metalini örtemez, kalsiyum fluorür cürufa, kaynak metalini iyi ıslatma ve banyoyu oksidasyondan ve gaz emişinden diğer cüruf yapıcı minerallere oranla daha iyi korur. Bu tür cüruflar sıvı iken çok akışkan olduklarından, akışkanlığı azaltmak amacı ile örtüye, az miktarda silikat veya rutil katılmaktadır; örtüye katılmış olan ferrosilisyum ise kaynak metalinde karbon oksitlerinin neden olabileceği gözeneklerin oluşmasını önlemektedir.

Bazik elektrodların Örtülerinde hidrojen oluşturacak maddeler bulunmadığından kaynak sırasında,

dikişin hidrojen kapma olasılığı çok azdır. Hidrojen'in, geçiş bölgesinde ince dikiş altı çatlaklarına neden olduğu göz önüne alınırsa, bazik elektrodların kullanılmasının önemi kendini gösterir.

Kaynakta hidrojen oluşturan ve bağlayıcı olarak kullanılan sodyum veya potasyum silikatın içindeki nemi tamamen yok edebilmek için bu elektrodlar 400 -500 °C'lik kurutma işlemine tabi tutulurlar. Bazik elektrodlar çok higroskopik olduklarından ku'yu yerlerde depolanmalı ve rutubet kapmış elektrodlar ise kullanılmadan önce mutlaka 250 °C'de 30 dakika kurutulmalıdırlar.

Bazik elektrodlar bütün kaynak pozisyonlarında kullanılabilirler. Aralık doldurma yetenekleri çok iyidir. Bu elektrodlarla yapılmış olan kaynak dikişleri gayet iyi mekanik özelliklere sahiptir. Bazik elektrodlar, 0 °C'in altında dahi gayet iyi olan dikişler verirler.

Bazik elektrod örtüsü, daha önce de belirtildiği gibi sıvı halde iken çok akışkan bir cüruf meydana getirir; bu durum kaynak dikişinin konkav ve kaba görünüşlü olmasına yol açar. Bunu önlemek, yani cürufu biraz daha vizkoz hale getirmek için örtüye, bir miktar zirkonyum oksit veya zirkonyum silikat katılır. Örtüsü böyle olan elektrodlara zirkon - bazik tür elektrod adı verilir. Örtüye zirkonyum oksit veya silikat yerine; rutil veya ilmenit katılması ile de cürufun akıcılığını ayarlamak mümkündür.

Ancak, bu durumda örtü, bazik türden çok içine kalsiyum fluorür katılmış rutil tür elektrod özellikleri taşımaktadır. Bugün bu tür örtüsü olan elektrodlara rutil -bazik tür adı verilmektedir.

• Bazik Elektrodların Kullanma Yerleri

Bütün kaynak pozisyonları için uygun olan bazik karakterli örtülü elektrodların kullandıkları başlıca yerler şunlardır:

- Bileşimi bilinmeyen, karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında,
- Yüksek miktarda karbon, kükürt, fosfor ve azot içeren çeliklerin kaynağında,
- Farklı karbon içeren çeliklerin kaynakla birleştirilmelerinde,
- Çatlama olasılığını azaltmak bakımından kalın kesitli parçaların kaynağında,
- 0 °C'nin altındaki sıcaklık derecelerinde çalışan makina, donanım ve yapıların kaynağında,
- Dinamik zorlamalara karşı yüksek dayanım istenen kaynak dikişlerinde,
- Rijit konstrüksiyonların kaynağında.

Bazen bazik karakterli örtülü elektrodlarla kaynatılmış parçaların kök pasolarında ufak gözeneklere rastlanabilmektedir. Bunlar, elektrodun yanlış seçilmesi, hatalı kullanılması ve hatalı işlem uygulanması sonucunda oluşmaktadır. Kaynak bağlantısının kaliteli olabilmesi ve gözenek oluşmaması için, bazik elektrodlarla kaynak yaparken şu kurallara uyulması gereklidir:

• Örtünün Nem Derecesi

Bazik karakterli elektrodların örtüleri şiddetli derecede higroskopik olduğundan depolanmalarında özen gösterilmelidir. Örtüsü nem kapmış elektrodlar kaynaktan önce 250 °C'de en az 30 dakika süre ile kurutulmalıdır. Aksi halde örtüdeki nem kaynak dikişinde gözenek oluşmasına ve hidrojen gevrekleşmesine

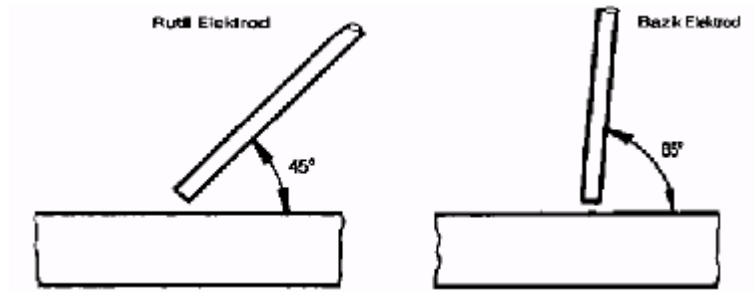
yol açar.

- **Kaynak Akım Şiddeti**

Bazik elektrodlar ile yapılan kaynaklarda, akım şiddeti olabildiğince yüksek seçilmelidir. Elektrod örtüsü diğer türlere oranla daha yüksek akım şiddeti ile yüklenebilir. Yüksek akım şiddeti kullanarak elektrodun tutuşma kolaylığı sağlandığı gibi verilen ısıнын yüksekliği nedeni ile kaynak banyosu daha uzun süre sıvı halde kalır; bu ise gazların kolaylıkla çıkmasını ve dikişin gözeneksiz olmasını sağlar. Akım şiddetinin kontrolünde ayrı bir ampermetrenin kullanılması önemle önerilen bir konudur, zira kaynak makineler üzerinde bulunan ampermetrelerin skala taksimatları genellikle yeterli hassasiyette değildir. Uygulamada kaynakçı elektrodun iş parçasına yapışmayacağı düzeyde bir akım şiddeti seçmelidir; doğal olarak seçilen bu akım şiddetinde, elektrod ara vermeden sonuna kadar kullanıldığında kızarmamalıdır.

- **Elektrodun Eğimi**

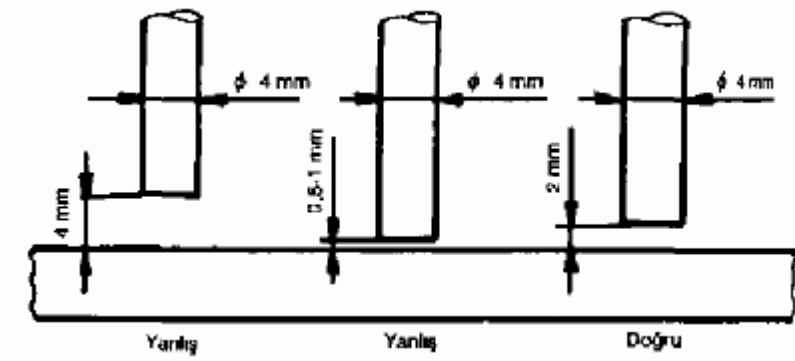
Rutil ve asit karakterli elektrodlarda, kaynak sırasında elektrodun tutuş eğimi, parça yüzeyine göre yaklaşık 45° olmalıdır. Bazik elektrodlarda bu eğimin 85 - 90° arasında olması gerekir.



Şekil 7.1.- Rutil ve bazik elektrod kullanılışında elektrod ile iş parçası arasındaki açı

- **Ark Boyu**

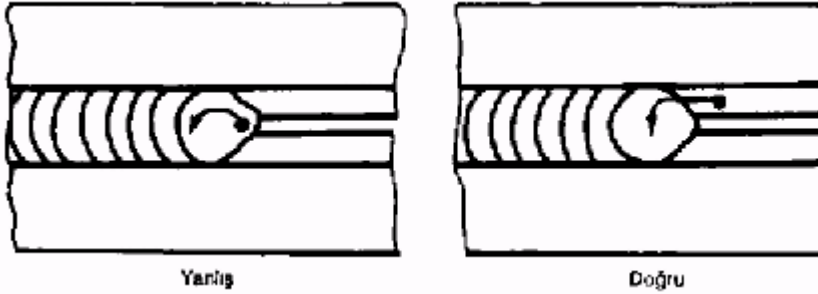
Bazik elektrodlar ile yapılan kaynak işleminde ark boyunun kısa tutulması gereklidir; aksi halde, ayrışan kalsiyum karbonatın oluşturduğu CO₂ atmosferi banyoyu koruyamaz. Ark boyunun çok kısa tutulması ise kaynak bölgesinde gereğinden fazla esas metal erimesine neden olur. Uygulamada en uygun ark boyu, yaklaşık elektrod tel çapının yarısı kadardır.



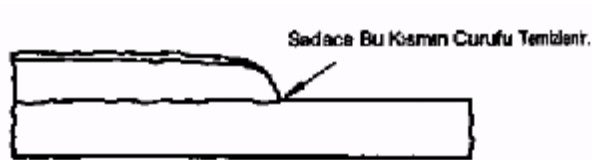
Şekil 7.2.- Bazik elektrodlarla yapılan kaynakta ark boyu.

• Arkın Tutuşturulması

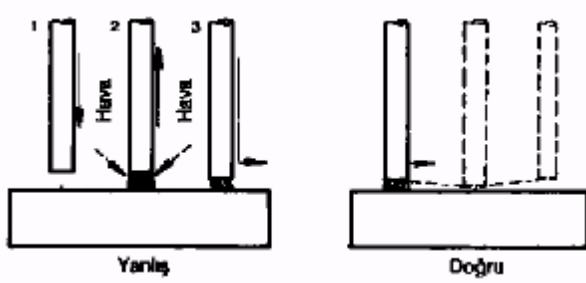
Bazik elektrodlar ile kaynak yaparken ark, daha önceden bitmiş olan elektrodun kraterinden beş altı milimetre kadar yan veya ön tarafta tutuşturulmalı ve bir önceki elektrodun cürufu temizlenmiş olan kraterine getirilerek kaynağa devam edilmelidir; aksi halde elektrod ucunun, kraterin cürufuna dalması gözenek oluşmasına neden olur. Tutuşturma, elektrod parça ile temas ettirilip geri çekilerek yapılmalıdır. Aynen bir kibrit yakar gibi tutuşturulmalı ve parçaya teğet olarak çekilip, kaynak yapılacak yere götürülmelidir. Buna dikkat edilmezse kaynak banyosu hava emebilir, bu da gözenek oluşumuna neden olur.



Şekil 7.3.- Bazik elektrodlar ile kaynak yaparken elektrodun, kraterin ön kısmında tutuşturulması.



Şekil 7.4.- Krater üzerindeki cürufun temizlenecek bölümünün, dikiş kesiti üzerinde gösterilmesi.



Şekil 7.5.- Bazik elektrodla yapılan kaynakta arkın tutuşturulması.

• Kaynak Hızı

Bazik elektrod ile yapılan kaynaklarda, kaynak hızı rutil ve asit karakterli elektrodla oranla daha düşük tutulmalıdır, zira hızlı kaynak yapıldığında cüruf kaynak metalini örtemez. Bu tür elektrodlarda kaynak hızı rutil ve asit türlerinin kaynak hızının yaklaşık 2/3'ü kadar alınmalıdır. Bu neden ile kaynak dikişi diğer elektrodlarla yapılanlardan daha geniş olur. Kaynak dikişi genişliğinin sınırlı olduğu hallerde gerekenden bir kademe daha küçük çaptaki elektrodlar kullanılmalıdır.

• Cürufun Temizlenmesi

Bazik elektrodlarda cürufun temizlenmesi diğer tür elektrodlardan daha zordur; özellikle, kök pasolarda bu konu daha da önem kazanır. Hızlı çekilen pasolarda dikiş, cüruf tarafından tam olarak örtülemez ve kenarlarda ortaya çıkan yanma oluklarına birikerek temizlenmesi güçleşir. Normal hızla çekilen pasolarda dikişin biçimi daha düzgün olur ve cüruf tabakası kalın olduğundan kolaylıkla temizlenir.

• Puntalama

Genellikle parçaların kaynak edilmeden önce puntalanması gerekir ve bu iş için de çoğu kez elektrod artıkları kullanılır; bazik elektrodlar şiddetli higroskopik olduklarından bu artıklar kolaylıkla nem kapmakta ve uç kısmındaki katılaşmış cüruf artığı kırıtırken örtü de zedelenmektedir. Bütün bunlar punta bağlantısında gözenek oluşumuna neden olmaktadır. Puntalama işleminde aşağıdaki durumlara dikkat gösterilmelidir:

- Kaynakla birleştirilen çelik uygun ise puntalama bir rutil elektrodla yapılmalıdır,
- Gözenek içeren puntalar kaynağa başlamadan önce taşlanarak temizlenmelidir.
- Olanaklar ölçüsünde mekanik bağlantı donanımları kullanılmalıdır.
- Bazik karakterli elektrodlarla puntalamanın zorunlu olduğu hallerde bu iş çıraklara değil, bu konu da deneyimli olan kaynakçılara yaptırılmalı ve elektrod artıkları kullanılmamalıdır.

Bütün kaynak pozisyonlarında kullanılabilen bazik karakterli örtülü elektrodla ile yukarıda belirtilmiş olan hususlara dikkat edilerek, çok yüksek değerlerde mekanik özelliklere sahip kaynak bağlantıları elde edilebilir.

• Selülozik Elektrodlar

Bu tür elektrodların örtüsünde, yandığı zaman gaz haline geçen organik maddeler bulunur. Örtü

ağırlığının % 30'unu selüloz oluşturur. Genellikle, orta ve kalın örtülü olarak üretilirler. Kaynak sırasında metalin geçişi damlalar halindedir. İnce örtülü olarak üretildikleri zaman cüruf, transfer halindeki damlacıklara çok az bir koruma etkisi yapar.

Bu tür elektrodlar ile yapılan kaynak dikişi üzerine oluşan cüruf çok azdır ve sıçrama kaybı yüksektir. Buna karşın, bu elektrodlar ile yapılan kaynak dikişlerinin aralık doldurma yeteneği ve nüfuziyeti oldukça iyidir. Her pozisyonda kaynak için (özellikle yukarıdan aşağıya düşey) uygundur. Kaynak işlemi sırasında yanan selüloz gayet iyi bir koruyucu gaz atmosferi oluşturur fakat dikiş az da olsa, bir miktar hidrojen kapar; bu ise bazı tür çeliklerin kaynağı için sakıncalı olabilir.

Örtüye katılmış olan titan bileşikleri arkın stabilizasyonunu sağladıkları gibi, cürufun kolaylıkla kalkmasına da yardımcı olurlar. Bazen örtüye bir miktar manganez katılarak, kaynak sırasında oksitlenerek kaybolan, manganezin tamamlanması sağlanır. Eskiden bu tür örtülere asbest de katılmaktaydı; ancak, bu maddenin sağlık koşullarını kötüleştirmesinden dolayı kullanımından vazgeçilmiştir.

Demir Tozlu Elektrodlar

Demir tozu, örtü bileşeni olarak büyük çapta kullanılmaktadır. Demir tozu miktarı, bazı hallerde toplam örtü ağırlığının yarısı kadar çıkmaktadır. Elektrod örtüsüne iyi karakteristikler kazandıran demir tozu, değişik oranlarda olmak üzere her örtüye katılmaktadır. Demir tozu, örtüyü iletken hale getirmekte ve elektroda kontak elektrodu olarak kullanılabilme özelliğini kazandırarak, arkın stabilizasyonunu arttırmakta, aynı zamanda dikişe geçerek erime verimini yükseltmektedir. Kaynaktan sonra erimiş metal tartıldığında, ağırlığının elektrodun çekirdek telinin ağırlığından daha fazla olduğu görülür; zira örtünün içeriğindeki demir tozu da eriyerek dikişe karışmakta ve bu fazla ağırlığı oluşturmaktadır. Demir tozlu elektrodların erime verimi % 120'nin üzerinde olduğundan bu elektrodlara yüksek verimli elektrodlar da denilmektedir.

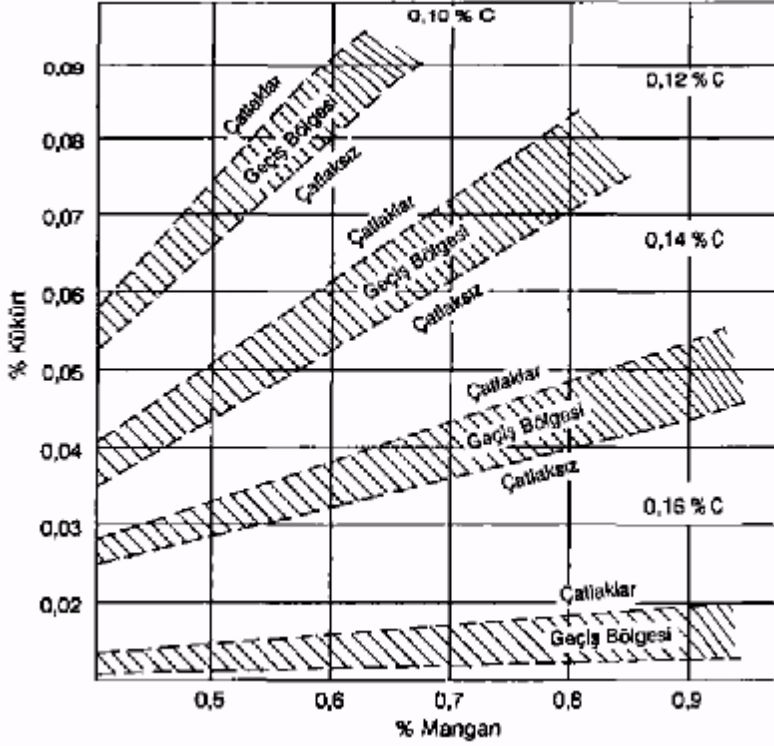
Derin Nüfuziyet Elektrodları

Bu tür elektrodlar ile iki tarafından birer paso çekerek, $2.d + 2 \text{ mm}$ ($d =$ elektrodun tel çapı) kalınlığındaki saclara ağız açmadan alın birleştirme kaynağı yapmak mümkündür; bu durumda her iki taraftan çekilen pasonun sacın yarı kalınlığını aşması gerekir. Örneğin 4 mm çapındaki bir derin nüfuziyet elektrodu ile $2 \times 4 + 2 = 10 \text{ mm}$ kalınlığındaki iki sac (I) durumunda ağız açılmadan kaynak yapılabilir, böylece ağız açma masrafı ortadan kalkmış olur. Derin nüfuziyet elektrodları kalın örtülü olarak üretilirler, örtü karakteri önce anlatılmış olan türlerden biri olabilir.

Elektrod Çekirdek Teli Malzemesi

Yumuşak çeliklerin kaynağında kullanılan örtülü elektrodların çekirdek tellerinin bileşimi, kaynak dikişinin özelliklerinin kabul edilebilir bir kalitede olabilmesi için belirli sınırlar arasında olmalıdır. Alaşım ve gayri safiyet elementlerinin fazlalığı dikişin mekanik özelliklerine zararlı yönde etki eder. Kükürt fazlalığı dikişte gözenek ve çatlak oluşturur; bu bakımdan elektrod tellerinde kükürdün olabildiğince az olması istenir. Karbon, silisyum ve manganez miktarının da belirli sınırlar içinde olup, bunları aşmaması gereklidir.

Fazla karbon, kaynakta elektrodun yanarken çatırdamasına ve etrafa kıvılcımların sıçramasına ve dolayısı ile de kaynakçının banyoya hakim olamamasına yol açar. Alaşım elementlerinin çok fazla olması dikişte arzu edilmeyen martenzit oluşmasına neden olur. Karbon, manganez ve kükürt miktarlarının kaynak dikişinde çatlama eğilimine etkileri yukarıdaki diyagramda toplu halde gösterilmiştir.



Şekil 7.6.- Karbon, manganez ve kükürt miktarının kaynak dikişinde oluşan çatlama eğilimine etkisi.

ÖRTÜLÜ ELEKTROD TÜRLERİ

Alaşımsız ve Az Alaşımli Çeliklerin Kaynağında Kullanılan Elektrodlar

Alaşımsız ve az alaşımli çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodlar, örtü türlerine göre çeşitli gruplara ayrılırlar. Alaşımli çelikler, dökme demirler ve demirdışı metal ve alaşımlarının kaynağında kullanılan elektrodların örtüleri genellikle rutil ve bazik karakterli olmalarına karşın, alaşımsız ve az alaşımli çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodların örtüleri bir önceki bölümde açıklanmış olan bütün türlerden olabilir. Bununla beraber, son yıllarda asit ve oksit karakterli örtülü elektrod tüketiminde büyük bir gerileme vardır. Ülkemizde bu tür çeliklerin kaynağında uygulama kolaylığı nedeni ile rutil karakterli örtüler tercih edilmektedir. Batı Avrupa ve Kuzey Ülkelerinde ise düşük sıcaklıktaki yüksek toklukları nedeni ile bazik karakterli örtülü elektrodlar daha yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

Bu tür çeliklerin kaynağında elektrod seçiminde parçanın çekme mukavemeti ile çentik darbe dayanımı göz önüne alınır. Genel olarak kimyasal bileşimin elektrod seçimine bir etkisi yoktur.

Kalın parçaların kaynak ile birleştirilmesinde, soğuk ortamlarda çalışacak konstrüksiyonlarda, kükürt ve fosfor içeriği yüksek çeliklerin kaynağında da bazik karakterli örtülü elektrodlar tercih edilir.

Alaşsız ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan örtülü elektrodlar ülkemizde TS 563, Almanya'da DIN 1913, Amerika'da AWS A.5.1 ve ASTM-A233'e göre sınıflandırılmışlardır.

Az Alaşımlı, Yüksek Mukavemetli Çelikler ve İnce Taneli Yapı Çeliklerinin Kaynağında Kullanılan Elektrodlar

Bu gruba giren örtülü elektrodlar çeşitli türlere ayrılan çelik gruplarının kaynağında kullanıldıklarından çok çeşitlidirler. Genel olarak aynı gruba giren çelik türleri gibi alaşımlandırılmışlardır. Elektrod seçiminde en önemli kriter kaynak sonrası ısıtım işlemi uygulanıp uygulanmayacağı da göz önünde bulundurularak, istenen mekanik özellikleri sağlanması koşuluna dayanır. Birçok hallerde kaynak metalinin çok düşük sıcaklıklardaki çentik darbe mukavemeti ve kaynak dikişinin radyografik kontrolden başarılı geçmesi öngörülen koşullardır.

Bu elektrodlar Amerikan AWS A5.5 ve Alman DIN 8529'da sınıflandırılmışlardır.

Paslanmaz ve Korozyona Dayanıklı Çelikler İçin Örtülü Elektrodlar

Bu tür elektrodlar rutil ve bazik örtülü olabilirler, bazik örtülüler kesinlikle doğru akım pozitif kutupta kullanılırlar. Bu gruba giren elektrodlar, martenzitik, ferritik, ostenitik ve korozyona dayanıklı çeliklerin kaynağında kullanıldıklarından ve bu çeliklerin bileşimleri de birbirinden farklı olduğundan çok çeşitli türleri vardır.

Bu elektrodlar Amerika'da AWS A5.4, Almanya'da DIN 8556 standardına ve Ülkemizde de TS 2716'da sınıflandırılmıştır. Bu standartlar genellikle kaynak metalinin bileşimini belirten simgeler kullanmaktadır. Bazı tür elektrodlar kaynak dikişinde krom karbür oluşumuna engel olmak amacı ile niyobyum katılarak stabilize edilmişlerdir. Bu tür elektrodlar özellikle yüksek karbon içeren türlerdir.

Paslanmaz ve korozyona dayanıklı çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodların bir grubu kaynak metaline geçecek olan alaşım elementlerini elektrod çekirdek telinden, diğer bir grubu ise elektrod örtüsünde bulunan metal tozlarından sağlar; birinci gruba girenler normal elektrod, ikinci gruba girenler ise sentetik elektrod olarak adlandırılır.

Paslanmaz çeliklerin kaynağında kaynak elektrodu seçiminde esas metalin bileşimi, bulunduğu ortamın özellikleri ve sıcaklığı ile mekanik zorlamalar göz önünde bulundurulur.

Dökme Demirler İçin Örtülü Elektrodlar

Dökme demir türleri kimyasal bileşimleri, metalürjik ve mekanik özellikleri nedeni ile ancak özel olarak bu işler için geliştirilmiş elektrodlar ile kaynatılabilir. Bu tür elektrodlar esas metale benzer kaynak metali veren ve esas metalden farklı kaynak metali veren elektrodlar olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar.

Birinci gruba giren elektrodlar, alaşımsız çelik çekirdekli ve dökme demir (kır dökme demir veya sfero dökme demir) çekirdekli olmak üzere iki ayrı türdür ve bunlar iş parçasına 150 -750 °C arasında bir öntav

verilerek kullanılırlar. Öntav derecesi parçanın büyüklüğü, biçiminin karmaşıklığı ve işlem sonrası kaynak bölgesinin işlenip işlenmeyeceği göz önünde bulundurularak saptanır. Bazı özel hallerde, örneğin, dökümhanelerde parça üzerinde görülen ufak çukurcuk ve çatlaklar parçanın şekli uygunsa ve o bölge işlenmeyecekse öntavsız olarak ta bu elektrodlar ile tamir edilebilirler.

İkinci gruba giren elektrodlar saf nikel ve nikel esaslı elektrodlar ile bakır esaslı elektrodları kapsamaktadır. Günümüzde dökme demir parçaların tamir kaynağında veya dökme demir parçaların bir başka tür metal ve alaşımla birleştirilmesinde nikel ve nikel esaslı elektrodlar çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu elektrodlar öntav gerektirmeden kullanılabilirler.

Kalay bronzu ve alüminyum bronzu elektrodlar genellikle esas metal tüm olarak 200 °C civarına ısıtıldıktan sonra doğru akım ters kutuplama ile uygulanırlar. Burada akım şiddeti çok az miktarda esas metalin kaynak metaline karışabileceği büyüklükte seçilir. Bu gruba giren elektrodlar ikinci derecede önemli birleştirmeler ile kır dökme demir üzerine özel dolgular yapılması işlerinde kullanılır.

Kır dökme demir elektrodlar Amerikan AWS normunda A 5.15, Alman DIN normunda DIN 8573'de standardize edilmişlerdir. Bu konuda da TS hazırlık aşamasındadır.

Alüminyum ve Alaşımları İçin Örtülü Elektrodlar

Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında kullanılan örtülü elektrodlarda örtünün üç önemli görevi vardır.

- Ark bölgesini korumak için koruyucu gaz örtüsü oluşturmak,
- Alüminyum oksidi zararsız hale getirecek bir dekapan gibi etkimek,
- Kaynak dikişini örten bir cüruf oluşturmak.

Oluşan cüruf çok korozif olduğundan hemen kaynak sonrası kırılarak uzaklaştırılmalı ve kaynak bölgesi özel solüsyonlarla yıkanarak temizlenmelidir.

Bu elektrodların örtüleri çok higroskopikdir ve az miktardaki nem dahi kaynak dikişinin gözenekli olmasına neden olur; bu bakımdan bu tür elektrodlar kaynak öncesi muhakkak kurutulmalıdırlar.

Bu elektrodlar daima doğru akım ters kutuplama (elektrod pozitif kutupta) ile kullanılır; yarısı kullanılmış elektrodların tekrar kullanılmaları gerektiğinde arkın tutuşturulabilmesi için muhakkak bunların uç kısımlarındaki erimiş cüruf kırılmalıdır.

Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında esas metalin bileşimine ve ısıl işlem durumuna uygun olarak üretici tarafından önerilen örtülü elektrodlar ancak kritik olmayan tamir işlerinde tatminkâr sonuçlar verirler, üretimde gazaltı kaynak yöntemleri tercih edilir.

Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında kullanılan örtülü elektrodlar Alman DIN 1732, Amerikan AWS A 5.3 standartlarında sınıflandırılmışlardır. Bu konuda DIN 1732'ye paralel bir TS hazırlık aşamasındadır.

Bakır ve Alaşımları İçin Örtülü Elektrodlar

Bakır ve alaşımlarına uygun çok çeşitli türde örtülü elektrodlar günümüzde üretilmektedir, bunlar bileşimlerine ve kullanma yerlerine göre şu gruplara ayrılabilirler.

- Saf bakır elektrodlar, saf bakırın kaynağı ile çelik veya dökme demir üzerindeki bakır kaplamaların tamir kaynağında kullanılır.

- Silisyum bronz elektrodlar, bakır-çinko alaşımları, bakır ile bazı demir esaslı alaşımların kaynağında uygulama alanına sahiptir; aynı zamanda korozyon direnci sağlamak için yüzey kaplama işlerinde de kullanılırlar.

- Fosfor bronz elektrodlar, pirinç ve fosfor bronzlarının kaynağında uygun sonuçlar vermektedir; bunlar aynı zamanda bakırın dökme demire lehim kaynağı ile birleştirilmesinde de uygulama alanına sahiptirler.

- Bakır-nikel alaşımı elektrodlar, bakır-nikel alaşımlarının kaynağı ile çelik üzerine bakır-nikel alaşımı kaplama işlerinde kullanılırlar.

- Alüminyum bronz elektrodlar, çok yaygın bir uygulama alanına sahiptirler; alüminyum bronzlarının kaynağının yanı sıra, bakır alaşımlarının başka tür alaşımlar ile birleştirilmelerinde kullanılırlar. Bu elektrod ile çelik üzerine dolgu yaparak aşınmaya ve korozyona dayanıklı yataklar üretilmektedir.

Bakır ve alaşımı örtülü elektrodlar da genellikle doğru akım ters kutuplarına ile (elektrod pozitif kutupta) kullanılır ve bunlar Alman DİN 1733'de ve Amerikan AWS A5.6 standartlarında sınıflandırılmışlardır.

Nikel ve Alaşımları İçin Örtülü Elektrodlar

Nikel ve alaşımlarının ark kaynağında kullanılan örtülü elektrodlar, genel olarak esas metalin kimyasal bileşimine benzer bileşimdedir; yalnız bunlar fazladan kaynak metalinin dezoksidasyonunu sağlamak ve çatlamasına mani olmak için bir miktar titanyum, mangan ve niyobyum içerirler.

Bu elektrodlar genel olarak doğru akım ters kutuplama (elektrod pozitif kutupta) ile kullanılırsa da, özellikle nikelli çeliklerde ark üflemesine mani olmak amacı ile alternatif akım ile de uygulanabilen türleri geliştirilmiştir.

Bu elektrodlar yatay ve oluk pozisyonlarda kaynak yapmak için elverişlidir; diğer pozisyonlarda kullanılmaları ancak ince çaplı elektrodlar halinde mümkündür. Bu tür elektrodlar, çekirdeklerinin elektrik direnci yüksek olduğundan hiçbir zaman verilmiş olan akım şiddeti üzerindeki değerlerde kullanılmamalıdır, aksi halde elektrod ısınır, örtü bozulur ve dolayısı ile de ark stabilitesini yitirir, aşırı sıçrama başlar.

Nikel ve alaşımları için geliştirilmiş olan örtülü elektrodlar Alman DIN 1736, Amerikan AWS A 5.11 standartlarında sınıflandırılmışlardır. Bu konudaki TS hazırlık aşamasındadır.

Doldurma Kaynağı Elektrodları

Bu tür elektrodlar çeşitli aşınma mekanizmaları sonunda aşınmış veya korozyona uğramış makina parçalarının doldurulmasında kullanılır; ayrıca son yıllarda üretimde, aşınması olası bölgelerin bu tür elektrodlar ile doldurularak daha dayanıklı bir hale getirilmesi yöntemi de geniş bir uygulama alanı bulmuştur.

Bu elektrodlar Amerikan AWS A 5.13 ve AWS A 5.21'de ve Alman DIN 8555'de sınıflandırılmıştır. Bu konuda DIN 8555'e paralel bir TS de hazırlık aşamasındadır.

Bu standardda demir esaslı kaynak metal 1 'den 10'a kadar rakamlarla belirtilmiş gruplara ayrılmaktadır. 20'li grup az demir içeren stellit, sinterlenmiş karbür, nikel esaslı alaşımları, 30'lu grup ise bakır esaslı doldurma alaşımlarını belirtmektedir; ayrıca bu grup işaretinin yanı sıra kaynak metalinin sertliğini de gösteren bir işaretleme sistemi geliştirilmiştir.

Dolgu elektrodlarının uygulanmasında üreticinin önerilerine uyulması gereklidir.

Kesme Elektrodları

Oksi-asetilen yönteminde olduğu gibi ark yardımı ile de kesme yapmak mümkündür.

Arkla kesmede prensip, elektrodla kesilen parça arasında oluşturulan arkın etkisi ile metal veya alaşımın eriyerek birbirlerinden ayrılmasıdır. Ark ile kesme yöntemlerini tarihsel gelişim içinde şöyle sınıflandırabiliriz:

• Karbon Elektrodlar İle Kesme

Bu yöntem ile yapılan kesme işleminde üzeri bakır kaplı grafit elektrodlar, doğru akım, (+) kutupta kullanılır. Bu elektrodlarla yapılan kesmenin esas parçanın kısmen erimesine dayandığı için kesilen yüzeyler çok kaba olur ve sonradan işlenmesine gerek duyulur. Bu yöntem daha çok hurda kesilmesinde veya delinmesinde kullanılır.

• Örtülü Elektrodlar İle Kesme

Özel olarak üretilen 4-6 mm çapında asit, rutil, selülozik ve demir tozlu elektrodlar, 60-70 A/mm²'lik doğru veya alternatif akım ile yüklenerek kesme işleminde kullanılır. Bu işlem için, bu akım yüküne dayanabilecek penselerin kullanılması da zorunludur.

Örtülü elektrodlarla yapılan kesme, eritme işlemine dayanmaktadır. Bu neden ile kesilen ağızlar kabadır, sonradan talaş kaldırarak işlenmesi gerekir.

• Oksi-ark Yöntemi İle Kesme

Bu yöntem, oksijenle kesmeye benzer, burada tavlama alevinin yerini elektrodla parça arasında oluşturulan ark almıştır. Ark oluşturulduktan sonra elektrodun ortasındaki delikten basınçla gönderilen oksijen yanmayı sağlar ve böylece parça kesilmiş olur.

• Havalı Karbon Arkı İle (Arc-Air Yöntemi) Kesme

Karbondan yapılmış bir elektrod ve iş parçası arasında oluşturulan ark, metali eritir ve yandaki bir borudan gönderilen basınçlı hava eriyen metali bölgeden uzaklaştırır. Bu yöntemde metalin oksitlenmesi söz konusu değildir. Metalin kaldırılması basınçlı havanın mekanik kuvveti ile sağlanır. Bu yöntem, daha çok parça* (ara kaynak ağızı ve oluk açmak veya hatalı kaynak dikişlerini sökmek için uygulanmaktadır.

Elektrodlar ile İlgili Bazı Deyimler

• Erime Eşdeğeri

Belirli bir elektrodun bir kilowatt saatte eriyen miktarına "**erime eşdeğeri**" denir.

- **Erime Faktörü**

Belirli bir elektrodun bir dakika ve bir Amper akım şiddetinde eriyen miktarına "**erime faktörü**" denir, Erime faktörü elektrodun türüne göre doğru akımda 0,15 - 0,19 g/A dak. ve alternatif akımda da 0,13 - 0,16 g/A dak. arasında değişir.

- **Erime Süresi**

Bir elektrodun erimesi için geçen zamana "**erime süresi**" denir.

- **Erime Hacmi**

Belirli bir elektrod tarafından eriyen metalin hacmine "**kaynak veya erime hacmi**" denir.

- **Verim**

Bir elektrodun belirli bir kısmının erimesinden elde edilen ağırlığın, eriyen bölümün çekirdek telinin ağırlığına oranı yüzde olarak elektrodun verimi verir.

- **Örtü Kalınlığı**

D = elektrod çapı

d = tel çapı

İnce örtülü

$$D = \%120.d$$

Orta kalın örtülü

$$\% 120.d <$$

D

<

%

155.d

Kalın örtülü

$$D > \% 155.d$$

ELEKTROD STANDARLARI

Örtülü elektrodlar çeşitli ülkelerin standartlarına göre farklı biçimde kodlanırlar. Ülkemizde elektrod üreticileri TS 563'ün yanı sıra ISO, DIN, AWS/ASTM standartlarına göre de elektrodlarını kodlamaktadırlar. Eylül 1989'da yenilenmiş olan TS 563'ün kodlama sistemi DIN 1913 ile paralellik göstermektedir. Tüm standartlarda kodlamada elektrod örtüsünün türü, çekme ve akma mukavemeti, kopma uzaması, kaynak pozisyonu, akım durumu ve belirli sıcaklıklardaki çentik-darbe dayanımı çeşitli simgelerle gösterilmektedir. İlerideki sayfalarda çeşitli standartların kodlama biçimleri örnek ve tablo halinde açıklanmıştır. Bu kılavuz tablolar yardımı ile çeşitli standartlara göre hazırlanmış elektrod kodlarını çok basit bir biçimde çözmek mümkündür.

TS 563/Eylül 1989'a göre örtülü elektrodların işaretlenmesi

Aralık 1967'den beri ülkemizde alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan örtülü elektrodları kapsayan TS 563, ilk olarak Şubat 1979'da, sonra da Eylül 1979'da günün gerekleri göz önünde bulundurularak tamamen değiştirilmiş ve elektrodların özelliklerini daha geniş bir spektrumda yansıtan bir işaretleme sistemi geliştirilmiştir. TS 563'ün Aralık 1967'de yayınlanan ilk halinde, 1976'da terkedilmiş olan DIN 1913'ün işaretleme sistemi kullanılmıştı. TS 563/ Şubat 1979'da ki değişiklik sonucu ISO 2560'ta

uygulanmış olan işaretleme sistemi örnek alınmıştı.

TS 563/Eylül 1989'da bu işaretleme sistemi de terkedilmiş, DIN 1913/Ocak 1976'daki sistematığe benzer bir işaretlemeye gidilerek, elektrod hakkında daha geniş bilgi verme amaçlanmıştır.

Bu yeni işaretleme sistemine göre örnek olarak **TS 563 E 51 32 RR 11 160** elektrodunu ele alalım.

- **TS 563**, Standardın numarasını,
- **E**, El ile yapılan ark kaynağı elektrodu olduğunu,
- **51**, sayısı çekme mukavemeti, akma mukavemeti ve % uzamayı,
- **32**, iki rakamdan oluşan bu işaretin birincisi kaynak metalinin en küçük çentik vurma enerjisi olarak 28J veren en düşük sıcaklık derecesini, ikinci rakam ise en küçük çentik vurma enerjisi olarak 47J veren en düşük sıcaklık derecesini,
- **RR**, harfleri örtü türünü,
- **11**, sayısı elektrod örtü tipi numarasını ki, buna bağlı olarak ta, akım türünü, kaynak pozisyonunu, kutuplama durumunu ve akım üreticinin boşta çalışma gerilimini,
- **160**, Elektrodun verimini belirtmektedir.

TS 563/ Eylül 1989'a göre alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerin ark kaynağı için örtülü elektrodların gösterilişi

TS 563 E 51 3 2 RR 11 160

Astı Örtüsü (İnce-Kalın)	[A]
Ruflü-Astı Örtüsü (Kalın)	[AR]
Ruflü Örtüsü (İnce-Orta)	[R]
Ruflü Örtüsü (Kalın)	[RR]
Bazık Örtüsü (Kalın)	[B]
Sekilbazık Örtüsü (Orta)	[C]
Ruflü-Sekilbazık (Orta)	[R(C)]
Ruflü-Sekilbazık (Kalın)	[RR(C)]
Bazık Örtüsü (Ruflü kalınlık-Kalın)	[B(R)]
Ruflü-Bazık Örtüsü (Kalın)	[RR(B)]

Elektrod Vektör	
% 115 - % 125	→ 120
% 135 - % 145	→ 140
% 155 - % 165	→ 160
% 175 - % 185	→ 180
% 195 - % 205	→ 200
% 215 - % 225	→ 220
% 235 - % 245	→ 240

Elektrod İşareti	Çekme Mukavemeti kgf/mm ² (N/mm ²)	Akma Mukavemeti kgf/mm ² (N/mm ²)	En Küçük Uzunluk % L ₀ = 5d ₀
E 43	43 - 58 (430 - 550)	≥ 36 (360)	22
E 51	51 - 66 (520 - 650)	≥ 38 (380)	

1'inci Sembol	Deney Sıcaklığı °C	Ortalama Çentik Yurma işi (en az)	2'inci Sembol	Deney Sıcaklığı °C	Ortalama Çentik Yurma işi (en az)
0	verilmemiştir		0	verilmemiştir	
1	+ 20	28 J	1	+ 20	47 J
2	0		2	0	
3	- 20		3	- 20	
4	- 30		4	- 30	
5	- 40		5	- 40	

Kaynak Pozisyonu Sembolü	Kaynak Pozisyonları	Kalınlık Göstergesi
1	Bütün pozisyonlarda	w h h ₀ h ₁
2	Yukarıdan aşağı; her iki tüm pozisyonlar	w h h ₀ h ₁
3	Oruk pozisyonunda elin kaynağı	w
	Oruk pozisyonunda köşe kaynağı	w
4	Yatay pozisyonlarda köşe kaynağı	h
	Oruk pozisyonunda elin kaynağı	w
4	Oruk pozisyonunda köşe kaynağı	w

Uygun olacak Akım Çizel	Sembolü										
	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Elektrod - Kalınlık	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Doğru akım Elektrod - Kalınlık	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alternatif akım	50 V		X	X	X						
Transformatör	70 V					X	X	X			
Boşta Çalışma Seri	90 V								X	X	X

Örtü Tipi No.	Örtü Tipi Semb.	Kaynak Pozis. Semb.	Uygun Akım Semb.	Örtü Tipi	Örtü kalınlığı % elektrod puzuğu kalınlığına göre
2	A 2 R 2	1 1	B 5	İnce astı örtüsü İnce ruflü örtüsü	≤ 120
3	R 3 RR(C) 3	2 (1) 1	2 2	Orta kalınlık ruflü örtüsü Orta kalınlık ruflü astı örtüsü	≥ 120 ≤ 180
4	C 4	1 (1)	D' (6)	Orta kalınlık sekilbazık örtüsü	≥ 120 ≤ 150
5	RR 5 RR(C) 5	2 1	2 2	Kalın ruflü örtüsü Kalın ruflü astı örtüsü	≥ 180 ≤ 165
	RR 5 RR(C) 5	2 1	2 2	Kalın ruflü örtüsü Kalın ruflü astı örtüsü	< 185
7	A 7 RR 7 RR(B) 7	2 2 2	B 5 5	Kalın astı örtüsü Kalın ruflü astı örtüsü Bazık ruflü bazık örtüsü	> 155
	RR RR(B) 8	2 2	2 5	Kalın ruflü örtüsü Kalın ruflü bazık örtüsü	> 155
8	B 9 B(R) 9	1 (1) 1 (1)	D' (6) B	Kalın bazık örtüsü Bazık olmayan elementler için kalın örtüsü	> 155
	B 10 B(R) 10	2 2	D' (6) B	Kalın bazık örtüsü Bazık olmayan elementler için kalın örtüsü	> 155
11	RR 11 AR 11	4 (3) 4 (3)	B 5	Kalın ruflü örtüsü Yerim ≤ % 105 Kalın ruflü astı örtüsü Yerim ≥ % 105	> 155
	B 12 B(R) 12	4 (3) 4 (3)	D' (6) D' (6)	Kalın bazık örtüsü Yerim ≤ % 120 Bazık olmayan elementler için kalın örtüsü Yerim ≥ % 120	> 155

1) Yukarıdan aşağıya doğru kaynak pozisyonu için tercih edilir.

ISO Standardına göre Elektrodların gösterilişleri (ISO/TC-44/SC3-2560-1973)

Bu standardı da bir örnek üzerinde inceleyelim. Örneğin: E 43 R160 22 Fe'i alalım. Burada:

- E, harfi bu elektrodun ekstrüzyon ile üretilen bir elektrod olduğunu,
- 43, sayısı, daima iki rakamlı olup, 10 ile çarpıldığında kaynak yerinin (N/mm²) cinsinden çekme dayanımını,

- 2, tek rakamlı bir sayı olup, kaynak metalinin hem minimum uzama hem de minimum çentik darbe dayanımını,
- R, harfi, örtünün karakterini,
- 160, sayısını da elektrodun randımanını,
- 22, sayısının birinci rakamı kaynak pozisyonunu, ikinci rakamı ise akım türü, kutup durumu ve makinanın boşta çalışma gerilimini,
- Fe, elektrodun demir tozlu olduğunu göstermektedir.

E 43 2 R 160 22 Fe			
Elektrodun İşareti	Çekme Dayanımı Kgf/mm ²	Kopma Uzaması l ₀ -5 d ₀ Kgf/mm ²	En Küçük Vurma İşli 28 J için deney sıcaklığı °C
E 43 0		-	-
E 43 1		20	+ 20
E 43 2		22	0
E 43 3	43 - 55		- 20
E 43 4		24	- 30
E 43 5			- 40
E 51 0			-
E 51 1		18	+ 20
E 51 2			0
E 51 3	51 - 65		- 20
E 51 4		20	- 30
E 51 5			- 40

İşareti	Doğru akımda	Alternatif akımda boşta çalışma gerilimi
0	(+)	-
1	(+) veya (-)	50 Volt
2	(-)	50 Volt
3	(+)	50 Volt
4	(+) veya (-)	70 Volt
5	(-)	70 Volt
6	(+)	70 Volt
7	(+) veya (-)	90 Volt
8	(-)	90 Volt
9	(+)	90 Volt

İşareti	Karakterini
A	Asit (Demiroksit)
AR	Asit (Rutil)
B	Bazik
C	Selülozik
O	Oksit
R	Rutil (orta kalın örtülü)
RR	Rutil (kalın örtülü)
S	Diğer tipler

İşareti	Kaynak pozisyonu
1	Bütün kaynak pozisyonları için
2	Yukarıdan aşağıya dikey pozisyon hariç diğer bütün pozisyonlar için
3	Yatay ve dikey pozisyonlar için
4	Dikey pozisyonlarda iç içe dik iş için
5	Yukarıdan aşağıya dikey pozisyon hariç diğer bütün pozisyonlar için

Elektrodun Verimi = % 160

DIN 1913'e göre Elektrodların gösterilişleri

Alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan örtülü elektrodların en ayrıntılı gösterilişi DIN 1913'te verilmektedir. ISO/TC - 44 / SC3 - 2560 -1973'te kaynak metalinin çekme dayanımını gösteren 43 veya 51 rakamlarından sonra çentik vurma enerjisini belirtmede 1 rakam kullanılırken, burada bu konunun öneminden ötürü 2 rakama yer verilmiştir. Almanlar, bu ikinci rakamı, ince taneli çelikler halinde, daha yüksek bir çentik vurma enerjisini belirtebilmek amacı ile özel olarak eklemiştir.

DIN 1913'e göre alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan örtülü elektrodların gösterilişini bir örnek üzerinde açıklayalım.

Örneğin; **E 51 32 RR 11 160**

Burada:

- **E**, el ile yapılan kaynakta elektrod olduğunu,
- **51**, sayısı kaynak metalinin çekme mukavemeti, akma mukavemeti ve %uzamasını,
- **32**, iki rakamdan oluşan bu işaretin birincisi kaynak metalinin en küçük çentik vurma enerjisi olarak 28 J veren en düşük sıcaklık derecesini, ikinci rakam ise en küçük çentik vurma enerjisi olarak 47 J veren en düşük sıcaklık derecesini,
- **RR**, Elektrod örtü türünü ve kalınlığını,
- **11**, Elektrodun klâsını ki bu TS 563'de örtü tipi olarak belirtilmiştir; bu sayıya bağlı olarak bu işaret akım türünü, kaynak pozisyonunu, kutuplama durumunu ve akım üreticinin boşa çalışma gerilimini göstermektedir,
- **160**, sadece yüksek verimli elektrodlar halinde söz konusu olan bu işaret elektrodun verimini belirtmektedir.

Yukarıdaki açıklamalardan da görüldüğü gibi Eylül 1989'da yeniden değiştirilerek yayınlanmış olan TS 563, DIN 1913 örnek alınarak hazırlanmıştır.

DIN 1913/Ocak 1976'ya göre alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan örtülü elektrodların gösterilişi

E	51	3	2	RR	11	160
---	----	---	---	----	----	-----

A	Ast karakterli
R	Rutil karakterli (ince ve orta kalın örtülü)
RR	Rutil karakterli (kalın örtülü)
AR	Rutil-Ast karakterli (kırılgan tip)
C	Selülozik karakterli
R(C)	Rutil-Selülozik karakterli (orta kalın örtülü)
RR(C)	Rutil-Selülozik karakterli (kalın örtülü)
B	Bazik karakterli
RR(B)	Rutil-Bazik karakterli (kalın örtülü)
B(R)	Bazik elementler içermeyen, bazik karakterli

İşareti	Çekme Mukavemeti N/mm ² Oda Sıcaklığında ($\leq 20^{\circ}\text{C}$)	Akma Sınırı N/mm ² ($\leq 20^{\circ}\text{C}$)	Minimum Uzama % $l_0 - 5d_0$
43	430 - 550	≥ 355	22
51	510 - 650	≥ 380	

1'inci Sembol	(ISO-V deney parçası) °C	Minimum çentik darbe işi	2'inci Sembol	(ISO-V deney parçası) °C	Minimum çentik darbe işi
0	Herhangi bir değer verilmemiştir		0	Herhangi bir değer verilmemiştir	
1	+ 20	29 J ¹⁾	1	+ 20	47 J ¹⁾
2	0		2	0	
3	- 20		3	- 20	
4	- 30		4	- 30	
5	- 40		5	- 40	

1) Minimum çentik darbe işi üç deneyin ortalamasıdır, yalnız herhangi bir deney sonucu birinci için 20, ikinci için 32 J'den düşük olmamalıdır.

İşareti	Kaynak Pozisyonu
1	Bütün pozisyonlar
2	Bütün pozisyonlar yukarıdan aşağıya hariç
3	Yatay ve dikey pozisyonlar
4	Alın veya içkõşe kaymaõı dikey pozisyonunda

Doğru ve alternatif alam	Doğru Alam		
Alternatif alam halinde boşa çalõma genliõmi			
50	70	90	
İşareti			Elekt. kutbu
1	4	7	0
2	5	8	0 -
3	6	9	0 +

Elektrod tipi	Kaynak pozisyonu	Alam taşıyabil.	Örtü	Kısa (mm)
A 1	1	5	İnce asti örtülü	1
A 2	1	5	İnce asti örtülü	2
R 2	1	5	İnce rutil örtülü	2
R 3	2 (1)	2	Orta kalın rutil örtülü	3
R (C) 3	1	2	Orta kalın rutil-ast örtülü	3
C 4	1 (1)	0 (1) (8)	Orta kalın selülozik örtülü	4
A 5	2	5	Kalın asti örtülü	5
RR 6	2	2	Kalın rutil örtülü	6
RR (C) 6	1	2	Kalın rutil-selülozik örtülü	6
AR 7	2	5	Kalın rutil-ast örtülü	7
RR (B) 7	2	5	Kalın rutil-bazik örtülü	7
RR 8	2	2	Kalın rutil örtülü	8
RR (B) 8	2	5	Kalın rutil örtülü	8
B 9	1 (1)	0 (1) (8)	Kalın bazik örtülü	9
B (R) 9	1 (1)	0 (1) (8)	Kalın bazik örtülü	9
			(Bazik elementler içermeyen)	9
B 10	2	0 (1) (8)	Kalın bazik örtülü	10
B (R) 10	2	0 (1) (8)	Kalın bazik örtülü	10
			(Bazik elementler içermeyen)	10
RR 11	4 (3)	5	Rutil örtülü	11
			verim % 128	11
AR 11	4 (3)	5	Rutil asti örtülü	11
			verim % 120	11
B 12	4 (3)	0 (1) (8)	Bazik örtülü	12
			verim % 120	12
B (R) 12	4 (3)	0 (1) (8)	Bazik elementler içermeyen	12
			Bazik örtülü verim % 120	12

1) Yukarıdan aşağıya dik kaynak pozisyonu için tercih edilsin.

AWS/ASTM'e göre Elektrodların gösterişleri AWS-A5.1.;ASTM-A233

Amerikan standardına göre bir elektrodun gösterişini bir örnek üzerinde görelim.

Örnek; E 6013 olsun.

- E, harfi elektrodun ekstrüzyonla üretildiğini gösterir.
- 60, rakamı 1000 ile çarpıldığında (lbs/sq.in) cinsinden kaynak yerinin minimum çekme dayanımını

gösterir.

Örneğin: E 60 = 60.000 psi.

- 1, rakamı kaynak pozisyonunu gösterir.
- 3, rakamı da akım şekli, kutup durumu ve örtü türünü karakterize eder.

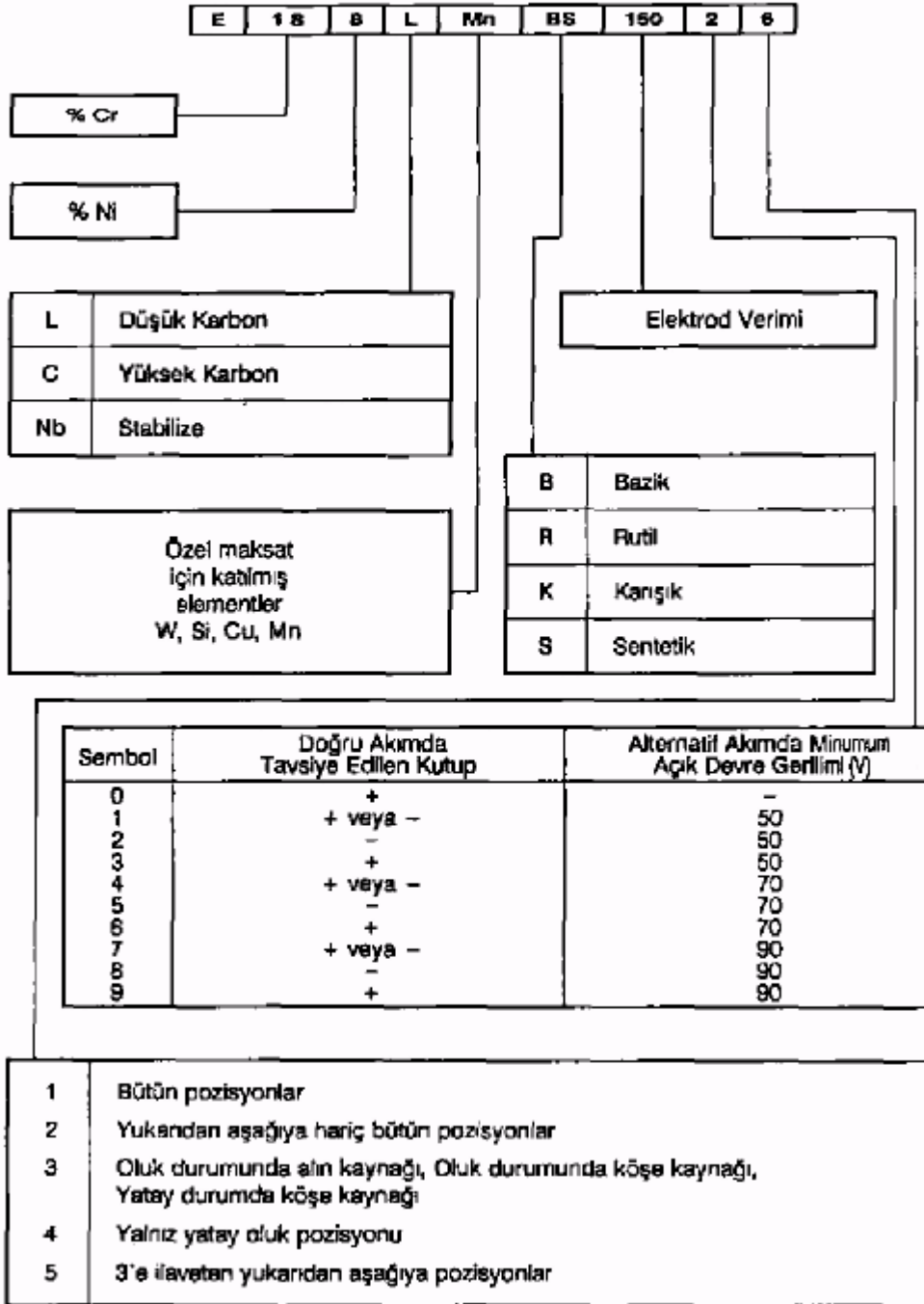
AWS-A.5.1 ve ASTM-A 233'e göre alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodların gösterilişi

İşareti	Psi	N/mm ²	E	60	1	3
45	45.000	316				
60	60.000	422				
70	70.000	492				
80	80.000	563				
90	90.000	633				

1: Bütün kaynak pozisyonları için
2: Yatay ve oluk pozisyonları için
3: Yanlız oluk pozisyonları için

İşareti	Örtü Tipi	Akım Şekli, Kutup Durumu	Nüfuziyet
0	Selülozik (Sodyum silikat)	Doğru akımda elektrod pozitif kutupta	Derin
1	Selülozik (Potasyum silikat)	Doğru akımda elektrod pozitif kutupta ve alternatif akımda	Derin
2	Rutil (Sodyum silikat)	Doğru akımda elektrod negatif kutupta ve alternatif akımda	Orta
3	Rutil (Potasyum silikat)	Doğru akımda elektrod pozitif ve negatif kutupta ve alternatif akımda	Az
4	Rutil (Demir tozlu)	Doğru akımda elektrod pozitif ve negatif kutupta ve alternatif akımda	Az
5	Bazik (Sodyum silikat)	Doğru akımda elektrod pozitif kutupta	Orta
6	Bazik (Potasyum silikat)	Doğru akımda elektrod pozitif kutupta ve alternatif akımda	Orta
7	Demir tozlu (Demir oksit)	Doğru akımda elektrod pozitif ve negatif kutupta ve alternatif akımda	Orta
8	Bazik (Demir tozlu)	Doğru akımda elektrod pozitif kutupta ve alternatif akımda	Orta

TS 2716/Nisan 1977'ye göre paslanmaz, ısıya ve korozyona dayanıklı çelikler için kullanılan elektrodların gösterilişi



ELEKTROD SEÇİMİ

Kaynak metalinin mekanik özelliklerini gösteren mukavemet değerleri esas metalinkilere eşit veya biraz daha büyük olmalı ve bileşimi ile fiziksel özellikleri de esas metalinkinin aynı veya ona çok yakın olmalıdır. Bu bakımdan uygun elektrod seçimi için esas metalin özelliklerinin bilinmesi gereklidir; esas metalin özelliklerinin bilinmediği hallerde işin durumuna göre mıknatıs testi, alev testi, keski testi, kıvılcım testi gibi kolay yapılabilen atölye testleri ile kimyasal analiz, çekme özelliklerinin saptanması gibi laboratuvar muayenelerine gerek vardır.

Bilinen bir esas metal ve tanımlanmış bir kaynak işlemi için elektrod seçiminde şu hususlar göz önünde bulundurulur.

Esas Metalin Mukavemet Özellikleri

Esas metalin mukavemet özelliklerinin her zaman bilinmesi gereklidir. Özellikle az karbonlu ve az alaşımlı yapı çeliklerinde, elektrod seçimi esas metalin çekme ve akma mukavemetine göre yapılır.

Esas Metalin Kimyasal Bileşimi

Esas metalin kimyasal bileşiminin bilinmesi zorunludur; az karbonlu ve az alaşımlı yapı çeliklerinde kaynak metali ve esas metalin bileşiminin uyumu önemli bir sorun değildir. Buna karşın alaşımlı çelikler, demir dışı metal ve alaşımları halinde bu konu çok önemlidir. Kaynak metali ve esas metalin kimyasal bileşimi uyumlu olmak zorundadır.

Kaynak Pozisyonu

Her tür elektrod belirli bazı kaynak pozisyonları için uygundur; elektrod seçiminde bu önemli konu da gözden uzak tutulmamalıdır.

Kaynak Akımı

Her tür kaynak elektrodu belirtilmiş olan akım türü (doğru akım veya alternatif akım) ve kutuplama (ters kutuplama, doğru kutuplama) ile kullanılmak koşulu ile üretilmiştir. Bu durumlarda, eldeki kaynak akım üretici nedeni ile elektrod seçiminde bu konu büyük etken olarak ortaya çıkmaktadır.

Kaynak Ağızı Dizayını

Elektrod seçiminde, elektrodur) nufuziyeti de önemli bir etmendir. Örneğin; küt alın birleştirmelerde veya kök aralığı bırakılmadan hazırlanan X, V, U kaynak ağızlarında nufuziyeti fazla olan elektrodlar, ince parçaların kaynakılması halinde nufuziyeti az olan türde elektrodlar tercih edilmelidir.

Kaynaklanan Parçanın Kalınlığı ve Biçimi

Kalın kesitlerde ve karışık biçimli parçalarda kaynak gerilmeleri nedeni ile özellikle kök pasonun çatlamaması için sünek kaynak metali veren elektrodlar tercih edilmelidir.

İşletme Koşulları

Aşın yüksek veya düşük sıcaklıktaki ortamlarda çalışan, darbeli yüklere maruz kalan parçalarda kaynak metali, esas metalin bileşiminde ve aynı zamanda da tok olmak zorundadır. Bu gibi hallerde bazik örtülü elektrodlar kullanılmalıdır.

Çalışma Koşulları ve Prodüktivite

Bazı tür elektrodlar yüksek verimlidir; erime güçleri yüksektir dolayısı ile bu tür elektrodların kullanılması halinde kaynak süresi kısalmır ve ekonomi sağlanmış olur. Yalnız bu tür elektrodlar ancak bazı kaynak pozisyonlarında kullanılabilir. Koşulların uygun olduğu hallerde, bu tür elektrodlar tercih edilmelidir.

Elektrod Çapının Saptanması

Uygun elektrod çapının saptanmasında şu hususların göz önüne alınması gereklidir.

- Kaynak pozisyonu, birleştirme türü ve kaynak ağız geometrisi,
- Kaynak metalinin özelliklerini etkilemeden elektrodun yüklenebileceği en yüksek akım şiddeti,
- Esas metalin kütlesi ve kaynak sonrası ilk özelliklerini koruma konusunda ki davranışı,
- Kaynak esnasında uygulanan ısıya ve bunun oluşturduğu kaynak gerilmelerine konstrüksiyonun davranışı,
- Parçaya kaynak öncesi veya sonrası ısıl işlem uygulanabilirliği,
- Kaynaklı bağlantının kalitesi konusunda öngörülmuş özel koşullar,
- Ekonomi.

Elektrodların büyük bir bölümü çok pasolu kaynak için üretilmişlerdir; her çaptaki elektrodun yüklenebileceği bir maksimum akım şiddeti vardır ki bu da elektrodun yanma süresini etkiler. Yüksek akım şiddeti ile yüklenebilen kalın çaplı elektrodlar ile yüksek kaynak hızlarında çalışılır. Dik ve tavan pozisyonlarındaki kaynaklarda küçük çaplı elektrodlar tercih edilir; zira bunların oluşturdukları kaynak banyosu ufak olduğundan yer çekiminden daha az etkilenir ve küçük kaynak banyosu kaynakçı tarafından daha kolay kontrol altında tutulabilir.

Kaynak ağız geometrisi de elektrod çapının saptanmasını etkiler, ancak ince çaplı elektrodlar ile V ve X ağızlarında kök pasoya erişilebilir; dolgu pasoları ise daha kalın çaplı elektrod ile çekilir. Elektrod çapı kalınlaştıkça kaynak hızı artırılmalıdır; zira kaynağa uygulanan ısı girdisi artmaktadır. Birim kaynak pasosu boyuna uygulanan ısı girdisi arttıkça parçada kendini çekmeler, çarpılmalar artar; ayrıca çok kalın çaplı elektrodlar büyük kaynak banyosu oluşturduklarından kaynakçının banyoyu kontrol altında tutabilmesi için bu konuda deneyimli olması gereklidir. Öte yandan işin yapım süresini kısaltabilmek için de, birim zamanda yığılan kaynak metali miktarını arttırmak gerekir ki bu da en çok elektrod çapının büyütülmesi ile sağlanabilir.

8

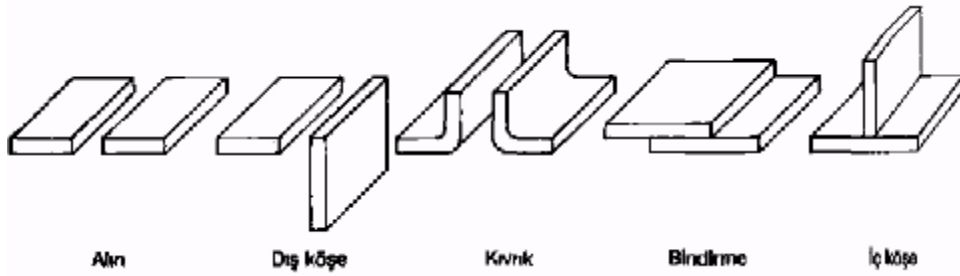
ELEKTRİK ARK KAYNAĞINDA BİRLEŞTİRME TÜRLERİ VE KAYNAK POZİSYONLARI

Kaynak tasarımında uygulanan birleştirme türleri beş grupta toplanabilir; bunlar sırası ile:

- Alın birleştirmeleri,
- İç köşe birleştirmeleri,
- Dış köşe birleştirmeleri,
- Bindirme birleştirmeleri,
- Kıvrık alın birleştirmeleri.

Örtülü elektrod ile yapılan elektrik ark kaynağında ilk dört türe giren birleştirmeler ile çok sık karşılaşılması karşın, kıvrık alın birleştirmeler çok az kullanılır.

Kaynakla birleştirilen parçalarda, kaynak bağlantısının kesit boyuna gereken derinlikte işleyebilmesi için, parçanın kaynak ağzı açılarak hazırlanması gereklidir. Kaynak ağzlarının genel biçimleri çeşitli standartlar ile saptanmıştır.







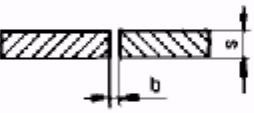

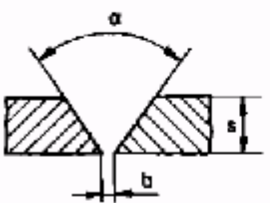

Şekil 8.1.- Birleştirme türleri.

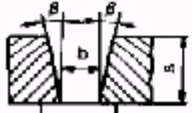

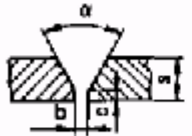

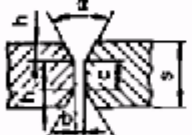





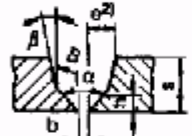

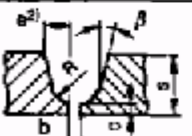

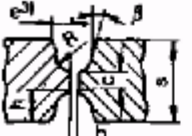

Ülkemizde, bu konuda TS 3473 geçerlidir ve bu standardda eritme kaynak yöntemlerinde kullanılması gereken ağız biçimleri etraflıca açıklanmıştır.

Kaynak ağzlarının hazırlanmasında, parça malzemesinin kalınlığı ile birleştirme türüne göre giyotin makas ile kesme, talaş kaldırarak işleme, oksijenle ile kesme, karbon ark veya özel oluk elektrodu ile oluk açma yöntemlerinden birisi kullanılabilir.

Aynı birleştirme türü için çok çeşitli kaynak ağzı biçimleri hazırlamak mümkündür.

Tablo 8.1.- TS 3473'e göre kaynak ağız biçimleri.

Kaynak ağızı	Sembol	S (mm)	α, β (°)	b (mm)	c (mm)	h (mm)	Kaynak yapılışı 1)	Kaynak yöntemi 1)
		2 (içinde)'ye kadar	-	-	-	-	Bir tarafтан	G,E,KV KM
		4 (içinde)'e kadar	-	-	-	-	Bir tarafтан	G,E,KV KM
		4 (içinde)'e kadar	-	=s	-	-	Bir tarafтан	G,E,KV
			-	0-s				KM
		8 (içinde)'e kadar	-	= $\frac{s}{2}$			iki tarafтан	E,KV
			-	0- $\frac{s}{2}$				KM
		3-10	≈ 60	0-3	-	-	Bir tarafтан ya da iki tarafтан	G
		3-40	≈ 60					E,KM
			40-60					KM

Kaynak ağızı	Sembol	S (mm)	α, β (°)	b (mm)	c (mm)	h (mm)	Kaynak yapılışı 1)	Kaynak yöntemi 1)
		16'dan büyük	5-15	6-10	-	-	Bir tarafтан	E,KM
		10'dan büyük	≈ 60 40-60	0-3	2-4	-	İki tarafтан	E,KV KM
		10'dan büyük	≈ 60 40-60	0-4	2-6	-	İki tarafтан	E,KV KM
		10'dan büyük	≈ 60 40-60	0-3	-	$\frac{s}{2}$	İki tarafтан	E,KV KM
		10'dan büyük	$\alpha_1 \approx 60$ $\alpha_2 \approx 60$ $\alpha_1, 40-60$ $\alpha_2, 40-60$	0-3	-	$\frac{2}{3}$	İki tarafтан	E,KV KM
		12'den büyük	$\alpha \approx 60$ $\beta \approx 8$	0-3	-	≈ 4	Bir tarafтан	E,KV,KM
		12'den büyük	≈ 8	0-3	≈ 3	-	Bir tarafтан ya da iki tarafтан	E,KV,KM
		30'dan büyük	≈ 8	0-3	≈ 3	$\approx \frac{5}{2}$	İki tarafтан	E,KV,KM

Kaynak ağzı	Sembol	S (mm)	α, β (°)	b (mm)	c (mm)	h (mm)	Kaynak yapılışı 1)	Kaynak yöntemi 1)
	V	30-40	40-60	0-4	-	-	Bir taraftan ya da iki taraftan	E,KV,KM
	U	16'dan büyük	15-30	60-10 = 10	-	-	iki taraftan	E KM
	K	10'dan büyük	40-60	0-3	-	$\frac{3}{2}$	iki taraftan	E,KV,KM
	Y	18'dan büyük	10-20	0-3	≥ 2	-	Bir taraftan ya da iki taraftan	E,KM
	R	30'dan büyük	10-20	0-3	≥ 2	-	iki taraftan	E,KM

1) Bilgi için gösterilmiştir. Kaynak yöntemlerinde G=Gaz kaynağı; E=Elektirik ark kaynağı; KV=Erimeyen elektrodlu koruyucu gazla kaynağı; KM=Erileyen elektrodlu koruyucu gazla kaynağı göstermektedir.

2) $e = 4.6 + 0.14.s$ dir.

3) $e = 5 + 0.1.s$ dir.

4) $c = 2$ mm. ve $\beta = 10^\circ$ olduğunda, $e = 6.4 + 0.2.s$ dir. $c = 2$ mm. ve $\beta = 20^\circ$ olduğunda ise, $e = 4.9 + 0.36.s$ olur.

5) $c = 2$ mm. ve $\beta = 10^\circ$ olduğunda, $e = 6.5 + 0.1.s$ dir. $c = 2$ mm. ve $\beta = 20^\circ$ olduğunda ise, $e = 6.7 + 0.2.s$ olur.

Kaynak Ağzı Tasarımı

Kaynaklı bağlantılar tasarlanırken, malzeme ile ilgili faktörler, parçanın dizaynı, kalınlığı, ilgili Standard ve spesifikasyon, kaynak yerine ulaşılma olasılığı, ekonomi ve iş yerinin olanakları göz önünde

bulundurulur.

• Mukavemet

Kaynaklı bağlantıların tasarımında birinci derecede göz önünde bulundurulan, bağlantının mukavemetidir. Kaynaklı bağlantının zorlanma şiddetine bağlı olarak kaynak dikişinin boyutları hesaplanır ve kaynak dikişinin kesiti belirlenir. Değişken ve darbeli yükler ile zorlanan kaynak dikişlerinin, hesaplar daha aza uygun olsa dahi, muhakkak tüm kesit boyunca yapılması gereklidir. Zira tüm kesit boyunca yapılmamış kaynaklar bir çentik gibi davranır ve dinamik zorlamalarda bağlantının tahribine neden olur; özellikle düşük servis sıcaklıklarında bu konu daha da önem kazanır. Tüm kesit boyunca işlememiş kaynak bağlantıları, ancak statik zorlamalar için uygundur. Bu tür kaynaklı bağlantılar daha az kaynak metali gerektirdiğinden hazırlanmaları daha kolaydır ve ekonomiktirler.

• Kaynak Pozisyonu

Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı her pozisyonda uygulanabilir. Kaynak pozisyonu bağlantı dizaynını etkileyen önemli faktörlerden bir tanesidir. Yatay oluk pozisyonu dışında yapılan kaynak bağlantılarının başarısı kaynakçının maharetinin ve elektrod türünün etkisindedir. Yüksek verimli elektrodlar oluşturdukları büyük kaynak banyosu nedeni ile ancak yatay oluk pozisyonundaki kaynaklar için uygundur.

Kaynak pozisyonları Alman DİN Standardlarında olduğu gibi TS'de de harfler ile belirtilir.

Bunlar;

Yatay oluk	w
Yatay (iç köşe, dış köşe)	h
Dik aşağıdan yukarı	s
Dik yukarıdan aşağı	f
Korniş pozisyonu	q
Tavan	ü
Tavan (iç köşe, dış köşe)	h

Yatay pozisyonda, kaynak ağız açısı, dik ve favan pozisyonuna göre daha dar tutulabilir; dar ağız açısı daha az kaynak metali gerektirir. Yatay pozisyonda ise daha emniyetli dikiş elde edilir.

• Parça Kalınlığı

Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı yönteminde kaynatılacak parça kalınlığı kaynakçının maharetine, kaynak pozisyonuna, kaynak hızına, ark boyuna, akım şiddetine ve ark karakteristiğine bağlı olarak değişir.

Usta bir kaynakçı, en ince kalınlık olarak bu yöntem ile 1,5 mm kalınlığında çelik sacları kaynatılabilir, 8 mm. kalınlığa kadar olan çelik saclar (ki tarafından kaynatılmak koşulu ile ağız açmadan birleştirilebilirler; daha katın parçalar için tam nufuziyetin öngörüldüğü hallerde bir ağız hazırlığı gereklidir.

Alın kaynaklarında V, U ve J ağızlan tek veya çift taraftan olmak üzere uygulanır.

Hazırlama kolaylığı açısından uygulamada daha çok V ağızı tercih edilir; zira bu ağız demir esaslı

malzemelerde oksijen ile kesme yöntemi uygulanarak hazırlanır. U ve J ağızları ise daha zor ve pahalı olan talaş kaldırma işlemi gerektirir. Buna karşın kalın parçalar halinde bu ağızların doldurulması için daha az kaynak metaline gerek vardır ki bu hem işlem süresini kısaltır hem de ekonomi sağlar. Ayrıca kök pasoda bu tür ağızlarda daha kalın çaplı elektrod kullanılabilir ve kök pasoda cüruf kalıntısı olasılığı daha zayıftır.

Kaynak işleminin parçanın her iki yüzünden uygulanabilmesine olanak sağlayan konstrüksiyonlarda parça kalınlığının 10 mm'yi aşması halinde çift V, çift U ve çift J ağızları tercih edilir.

Bu tür ağızlar hazırlanmalarının zor olmasına karşın, kaynaklı konstrüksiyon-da çarpılmaların ve kalıntı iç gerilmelerin azalmasını sağladığı gibi tek taraftan kaynağa nazaran, daha az kaynak metali gerektirdiklerinden ekonomiktirler.

• Kaynak Yerine Ulaşılma

Kaynak ağızı seçimini belirleyen en önemli faktörlerden bir tanesi de kaynak bölgesine ulaşabilmedir. Örneğin, kaynak bölgesine iki tarafından da kaynak yapılarak, hem çarpılma, kalıntı iç gerilmeler ve hem de kaynak metali sarfiyatı azaltılabilir.

Kolay erişilebilen, rahatlıkla kaynak yapılabilen oluk pozisyonlarında daha dar ağızlar ile emniyetli kaynak bağlantıları elde edilebilir. Zor ulaşılan bölgelerde ki kaynak bağlantılarında hata bulunma olasılığı fazladır. Bu konu özellikle konstrüksiyonun ve kaynaklı bağlantıların tasarımında göz önünde bulundurulur.

KAYNAK POZİSYONLARI

Değişik biçimlerdeki iş parçalarını kaynak ile birleştirmek için kullanılan kaynak pozisyonlarını şu şekilde gruplayabiliriz:

Yatay kaynak, oluk pozisyonunda, Yatay kaynak, iç ve köşe birleştirmelerinde, Düşey kaynak, aşağıdan yukarıya, Düşey kaynak, yukarıdan aşağıya, Korniş kaynağı, Tavan kaynağı,



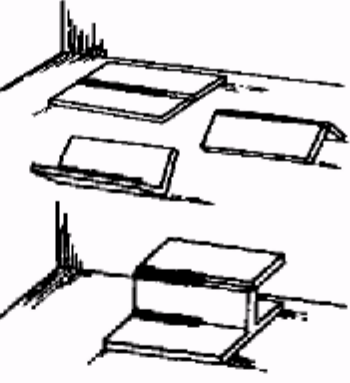


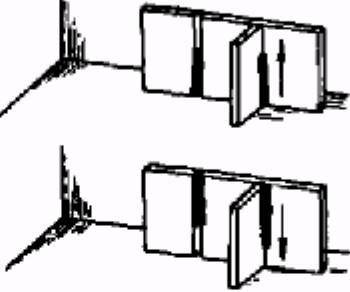









Yatay kaynağın, her tür elektrod ile gerçekleştirilmesine karşın, düşey, tavan ve korniş kaynaklarında bazı özellikler gösteren elektrodlara gereksinme vardır. Bu gibi yerlerde kullanılacak elektrodların cüruflarının vizkozitelerinin katılma anında ani artış göstermesi ve çok kısa bir süre sıvı halde kalması zorunludur. Aksi halde cüruf akar ve koruma görevini yapamaz. Buna ek olarak kaynak metalinin fazla akıcı, yani yüksek sıcaklıkta olmaması gerekir. Kaynakçılar, bu tür kaynaklarda düşük akım şiddeti ile çalışır. Gene bu tür kaynak pozisyonlarında düzgün görünüşlü dikiş elde etmek, hem elektrod türüne hem de kaynakçının el hareketlerine bağlıdır.

Kaynağın pozisyonuna, pasonun çekiliş yerine ve türüne göre elektroda çeşitli hareketler verilir. Örneğin, yatay pozisyonda bir kök pasosu düz olarak çekildiği gibi, kapak pasonun çekilişinde elektroda sağlı sollu hareketler verilerek kaynak yapılır.

Kaynakçının el hareketleri kaynağın uygulanması bölümünde etraflıca açıklanacaktır.


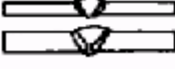
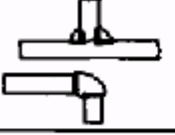

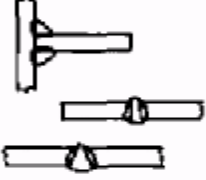
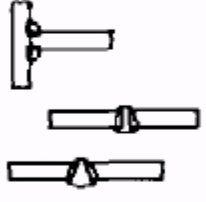
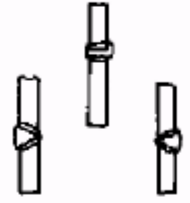
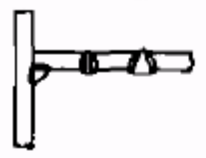
Elektrik ark kaynağında daima soldan sağa doğru kaynak yapılır. Solaklar ise bunun tersini uygulurlar.

Cürufun temizlenmesi yönünden en kolay olanı yatay kaynaktır ve sıra ile tavan kaynağı, korniş kaynağı ve düşey kaynak gelmektedir; ayrıca belirli dikiş boyu için, her kaynak pozisyonunda, kaynak sürelerinin de farklı olacağını hatırdan çıkarmamak gerekir.

			Yatay kaynak afuk pozisyonu
			Yatay kaynak iç ve dış köşe pozisyonu
			Düşey kaynak aşağıdan yukarıya
			Düşey kaynak yukarıdan aşağıya
			Korniş kaynağı
			Tavan kaynağı

Şekil 8.2.- Kaynak pozisyonları.

Tablo 8.2.- TS 563'e göre kaynak pozisyonları.

Şekil	Açıklama	Kısa Gösteriği
	Küt alın kaynağı (YATAY)	h
	V - Alın kaynağı (OLUK) U - Alın kaynağı (OLUK)	w
	İç köşe kaynağı (YATAY) Dış köşe kaynağı (YATAY)	h
	İç köşe kaynağı (KÖŞE OLUK) Dış köşe kaynağı (KÖŞE OLUK)	w
	Aşağıdan yukarıya iç köşe kaynağı Dik yüzeylerde; Aşağıdan yukarıya küt alın kaynağı Dik yüzeylerde; Aşağıdan yukarıya V alın kaynağı	s
	Yukandan aşağıya iç köşe kaynağı Dik yüzeylerde; Yukandan aşağıya küt alın kaynağı Dik yüzeylerde; Yukandan aşağıya V alın kaynağı	f
	Dik yüzeylerde; Küt alın kaynağı (SOLA - SAĞA) (YATAY) Dik yüzeylerde; V - Alın kaynağı (SOLA - SAĞA) (YATAY) Yatay - Yan Kaynak (BORDA)	q
	Tavan (BAŞ ÜSTÜ) küt alın, V - alın kaynakları Tavan (BAŞ ÜSTÜ) iç ve dış köşe kaynağı	ü h

Sürekli kaynaklı üretim yapan fabrikalarda, kaynak pozisyonları kullanılarak kaynak dikişlerinin olarak Ölçüsünde yatay pozisyonda yapılması sağlanmaktadır. Fakat şantiyelerde yapılan çelik inşaat, stasyon tank ve tesisat işlerinde bunu uygulamak olanaksızdır. Bu gibi durumlarda ancak, çalışma şekline uygun türde elektrodlar ve çok iyi ayarlanmış çalışma koşulları ile düzgün kaynak dikişleri elde

edilebilir.

KAYNAK SEMBOLLERİ VE UYGULAMADA KULLANILMALARI

Günümüzde kullanılan kaynaklı konstrüksiyonlarda göz önüne alınan dizayn kriterleri ve hesaplamalar sonucu ortaya çıkan kaynak bağlantısı tür, biçim ve boyutları üretim aşamasında teknik elemanların rahatlıkla anlayabileceği bir şekilde belirtilmek zorundadır. Evrensel bir dil olan Teknik Resim" çeşitli ülkelerin kabul ettiği standartlara bağlı olarak çok az farklılıklar içerir ve her teknik eleman tarafından çözümlenerek, uygulamaya aktarılır. Üretim aşamasında proje üzerinde uygulanacak kaynak tekniğine ait tüm bilgilerin tam olarak değerlendirilerek, kaynak planının ve kaynak sonrası planının doğru olarak yapılması büyük önem taşır.

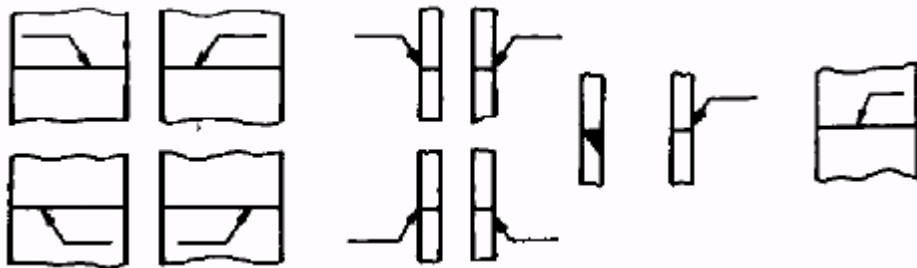
Kaynak planının en önemli bölümü olan resimler kaynak dikişlerinin tüm özelliklerini yansıtmalıdır. Kaynaklı konstrüksiyonların Teknik Resimlerinin çizilmesinde ve uygulanmasında kolaylık sağlamak üzere kaynak sembolleri ve yardımcı elemanlarının kullanılması benimsenmiş ve Standard hale getirilmiştir. Ülkemizde bu konuda TS 3004 yayınlanmıştır. Ancak günümüzde tasarımcıların bu standardın uygulanmasına tam uydukları söylenemez.

Resimlerde her kaynak bağlantısı için kullanılan sembolik gösterilişin temeli olan elemanter sembol, ucunda bağlantıyı işaret eden bir ok bulunan "bir ok çizgisi" ve devamındaki "bir referans çizgisi" nden oluşmuştur.



Şekil 8.3.- Kaynaklı bağlantılarda kullanılan sembolik gösteriliş.



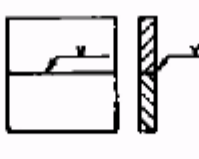

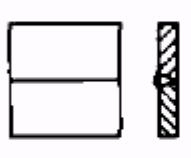
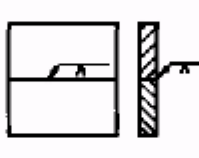

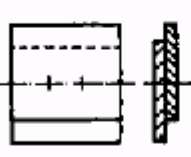
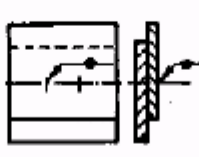
Bağlantıda ok hangi tarafa konmuş ise o tarafa "bağlantının ok tarafı" diğer tarafa ise "bağlantının diğer tarafı" denir.



Şekil 8.4.- Cesim sembolik gösterili; kuralları.

Kaynağa göre ok çizgisinin konumu özel bir önem taşımaz. Bununla birlikte ok çizgisi kaynak amacı ile hazırlanan (yani kaynak ağızı açılan) levhayı göstermelidir. Ok çizgisi referans çizgisinin bir tarafına, bu çizgi ile açı oluşturacak şekilde bağlanır. Bazı durumlarda ok çizgisinin levhayı gösteren ucuna ok konmayabilir; ok yerine bir nokta konabilir.







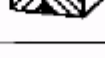


Tablo 8.3.- E Metoduna göre sembollerin konumu.

Gösterilişi	Resim	Sembollerin yerleştirilmesi	Sembolün konumunun tanımı
			Kaynağın dış yüzeyi bağlantının ok tarafında olması halinde referans çizgisi üstünde
			Kaynağın dış yüzeyi bağlantının diğer tarafında olması halinde referans çizgisi altında
			Kaynağın birleşme düzlemi içinde yapılmaması halinde referans çizgisinde
Not: Kabartılı nokta kaynağı durumunda kaynağın dış yüzeyi izdüşüm yüzeyi olarak göz önünde bulundurulmalıdır.			





Tablo 8.4.- Elemanter sembollerin çeşitli ülkelerin standartlarında gösterilişi.

Kısa Tanım	Gösterilişi	Sembol			
		TS	DIN	AWS	BS
Kıvrık alın kaynağı					
Tek kıvrık alın kaynağı					
Küt alın kaynağı (İ alın kaynağı)					
V alın kaynağı					
Eğik V alın kaynağı					
Yarım V alın kaynağı					
Köklü V alın kaynağı (Düz kısmı V alın kaynağı)					
Köklü yarım V alın kaynağı (Düz kısmı yarım V alın kaynağı)					
U alın kaynağı					
J alın kaynağı					
Sırt kaynağı					
Tek taraflı iç köşe kaynağı					
Tıpa veya yarık kaynağı (Dolum kaynağı)					
Nokta kaynağı					
Dikiş kaynağı (Dikişli kaynak)					
Açık V kaynağı					
Yarım açık V kaynağı					
Düz alın kaynağı					
Kaplama kaynağı					

Tablo 8.5.- Elemanter sembollerin karma kullanım örnekleri.

Kısa Tanım	Gösterilişi	Sembol			
		TS	DIN	AWS	BS
Çift V alın kaynağı (X kaynağı)		X	X	X	X
Çift yarım V alın kaynağı (K kaynağı)		K	K	K	K
Köklü çift V alın kaynağı		Y	Y	Y	Y
Köklü çift yarım V alın kaynağı		K	K	K	K
Çift U alın kaynağı		Y	Y	Y	Y
Çift J alın kaynağı		K	K	K	K
V ve U alın kaynağı		Y	Y	Y	Y
V alın kaynağı ve sırt kaynağı		Y	Y	Y	Y
Çift köşe kaynağı		▷	▷	▷	▷

Tablo 8.6.- Ek semboller.

Kaynaklı Yüzeyin Şekli	Sembol
Düz	
Dışbükey (Konveks)	
İçbükey (Konkav)	
Kaynaklı Geçiş Böl. İşlenmiş	

Tablo 8.7.- İşaretler, resimlerde gösteriliş

Dikiş şekli	Adlandırma	İşaret	Gösteriliş			
			Resimde		İşaretle	
			Kesit	Görünüş	Kesit	Görünüş
Alın dikişleri (tam kaynaklı kesitler)	Kıvrık dikiş	JL				
	I - Dikişi	II				
	V - Dikişi	V				
	Ölk kenar dikişi	VL				
	X - Dikişi	X				
	Y - Dikişi	Y				
	Çift - Y dikişi	X				
	U - Dikişi	Y				
	Çift - U dikişi	X				
	HV Dikişi	V				
	K - Dikişi	K				
	HY Dikişi	Y				
	Sığ - K dikişi	K				

Dikiş şekli	Adlandırma	İşaret	Gösteriliş			
			Resimde		İşaretle	
			Kesit	Görünüş	Kesit	Görünüş
Alın dikişleri	J - Dikişi					
	Çift - J dikişi					
Uç dikişleri	Düz uç dikişi					
	Uç oluk dikişi					
Köşe dikişleri	Köşe dikişi görünür					
	Köşe dikişi görünmez					
	Çift köşe dikişi					
	Dış kenar dikişi					
Özel dikişler (örnekler)	Uç sac dikişi	—		—	—	—
	V - Dikişi ile U - Dikişi	—		—	—	—
	Çift köşe dikişi ile HV - Dikişi	—		—	—	—
	Çift köşe dikişi ile K - Dikişi	—		—	—	—

Tablo 8.8.- Ek işaretler, resimlerde gösteriliş.

Adlandırma	İşaret	Gösteriliş			
		Resimde		İşaretle	
		Kesit	Görünüş	Kesit	Görünüş
Dikiş tesfiye edilmiş					
Düz dikiş					
İç bükey dikiş					
Dış bükey dikiş					
Geçişler işlenmiş					
Tersten kök pasosu, üst tabaka ters yönde					
Köşe kaynağı devamlı					

Tablo 8.9.- Resimlerde gösteriliş, alın kaynakları için örnekler.

Adlandırma	Resimde gösteriliş		İşaretleme	
	Kesit	Görünüş	Kesit	Görünüş
Altın dikişi genel kaynak işareti				
V dikişi (Dikiş üst yüzeyi görünür) Dikiş kalınlığı = sac kalınlığı a = 12 mm dikiş uzunluğu L = l = 1100 mm Tersten kök pasosu Üst tabaka ters yönde				
U - dikişi (dikiş üst yüzeyi görünmüyor) Dikiş kalınlığı = sac kalınlığı a = 15 mm Dikiş uzunluğu L = l = 2000 mm Dikiş tesviye edilmiş				
K - dikişi Dikiş kalınlığı = sac kalınlığı a = 30 mm Dikiş uzunluğu L = l = 1400 mm				
X - dikişi Dikiş kalınlığı = sac kalınlığı a = 20 mm Dikiş uzunluğu L = l = 3000 mm ark kaynağı Klas 1 Kaynak pozisyonu q				
V - dikişi bitiş işareti devam işaretiyle basitleştirilmiş				—

Tablo 8.10.- Resimlerde gösteriliş, köşe kaynakları için örnekler.

Adlandırma	Resimde gösteriliş		İşaretleme	
	Kesit	Görünüş	Kesit	Görünüş
Köşe dikliği genel kaynak işareti				
Ön köşe dikliği (görünür) devamlı Diklik kalınlığı a = 8 mm Diklik uzunluğu L = l = 1400 mm geçişler işlenmiş				
Arka köşe dikliği (görünmez) devamlı Diklik kalınlığı a = 6 mm Diklik uzunluğu L = l = 200 mm				
Çift köşe dikliği devamlı Diklik kalınlığı a = 8 mm (görünür) Diklik kalınlığı a = 6 mm (görünmez) Diklik uzunluğu L = l = 1000 mm				
Çift köşe dikliği kesit karşılıklı Diklik kalınlığı a = 8 mm (görünür) Diklik kalınlığı a = 6 mm (görünmez) Kesik diklik adedi n = 6 Diklik uzunluğu L = l = 300 mm adım e = 800 mm				
Çift köşe dikliği kesit sağırtmalı Diklik kalınlığı a = 8 mm (görünür) Diklik kalınlığı a = 6 mm (görünmez) Kesik diklik adedi n = 10 Diklik uzunluğu L = l = 150 mm adım e = 450 mm				
Köşe dikliği bindirme				
Köşe dikliği bitiş işareti dairesel işaretle basitleştirilmiş				

Referans çizgisi, düz ve resim altına paralel olacak şekilde çizilmelidir.

Referans çizgisine göre sembollerin konumu, E (birinci açı) ve A (üçüncü açı) metotlarına göre tanımlanmaktadır.

A metodu ile çizilmiş kaynaklı konstrüksiyon resimlerini çizmek veya okumak zorunluluğu ile

Karşılaştığında TS 3004'e bakılmalıdır.

Kaynaklı konstrüksiyonlara ait resimlerde kullanılan semboller, ülkelerin standartlarına göre bazı farklılıklar göstermekle beraber, kaynak ağzı, dikiş yüzeyi formu gibi yapımı belirleyen bilgileri basit, açık ve kesin olarak gösterebilirler.

Kaynak sembolleri genellikle üç grupta incelenebilir:

- Elemanter semboller
- Karma elemanter semboller
- Ek semboller

Bunların çeşitli ülke standartlarında gösterilmesini sırasıyla inceleyelim.

• **Elemanter semboller**

Elemanter sembollerin kaynak şeklini belirtmek amacıyla kullanılmasına ait örnekler tabloda da verilmektedir. Bu sembollerin genellikle kaynak dikişinin şekline benzediği, bu nedenle de kolayca akılda tutulabileceği görülmektedir.

• **Karma elemanter semboller**









Bu sembollerin karma kullanımına ait örnekler ilgili tabloda bulunmaktadır.

• **Ek semboller**

Elemanter semboller kaynak dikişinin dış yüzeyinin biçimini gösteren ek bir sembole tamamlanabilir.

Kaynaklı yüzeyler genellikle düz yapılırlar. Kaynak yüzeylerinin tam olarak gösterilmesine gerek bulunmadığında ek sembollerin kullanılmaması doğaldır.

Tablo 6.11.- Ek sembollerin uygulanmasına alt örnekler.

Kısa Tanımı	Gösteriliği	Sembol
Düz V alın kaynağı		
Dışbükey çift V alın kaynağı (Düz kısimsız X alın kaynağı)		
İçbükey köşe kaynağı (Tek taraflı iç köşe kaynağı)		
Düz arkalı, Düz V alın kaynağı		

Her kaynak sembolünün yanında bazı boyut ölçüleri de bulunabilir. Kesitle ilgili ana boyut sembolün sol tarafına, boylamasına boyutlar (kaynak dikiş uzunluğu) sembolün sağ tarafına yazılmalıdır.



Şekil 8.5.- Kaynak dikişinin gösteriminde kullanılan ok.

Bu boyutların konulmasına ilişkin ilkeler de Tablo 8.12'de verilmiştir, daha az önemli boyutlar da gerektiğinde gösterilebilir. Düz kaynakla bağlantı durumunda, başka bir işaret yoksa, kaynağın bağlantı boyunca kök açılmadan yapılmakta olduğu anlaşılmaktadır.

Kaynağın sembolik gösterilişinde diğer bazı özelliklerin belirtilmesi istenebilir. Böyle durumlarda yerine göre sembol, sayı veya harf kullanılır ve Standard numaraları belirtilir.



Şekil 8.6.- Çevresel kaynağın gösterimi.



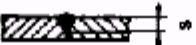


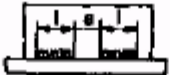


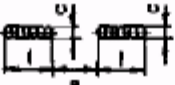

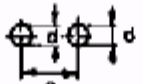
Kaynak tüm parçanın çevresine uygulanacaksa, gösterge çizgisinin üzerinde ok çizgisinin referans çizgisi ile bağlandığı yere küçük bir çember konur.

Kaynak yöntemi, gösterge çizgisinin sonuna konan çatal arasına, onu tanımlayan standarda göre rakam veya harf olarak belirtilir (TS, DIN ve BS da ISO 4063).



Şekil 8.7.- Kaynak yönteminin gösterimi.

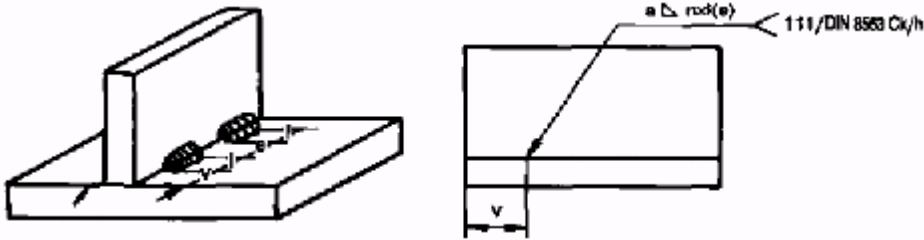
Tablo 8.12.- Ana boyutlar.

No	Kaynağın adlandırılması	Tanım	Açıklama
1	Alın kaynağı		s : Parçanın yüzünden dikişin alt yüzüne kadar olan en kısa uzaklık. Bu uzaklık parçanın kalınlığından fazla olamaz
			
			
2	Kıvrık alın kaynağı		s II
3	Sürekli köşe kaynağı		a : Üçgen şeklindeki iç köşe kaynağı yüksekliği.
			z : Üçgen şeklindeki iç köşe kaynağı kenar (ayak) uzunluğu.
4	Aralık köşe kaynağı		l : Kaynak genişliği (kaynak sonu hariç). e : Yanyana kaynak dikiş elemanları arasındaki uzaklık. n : Kaynak dikiş elemanı sayısı.
5	Zikzak aralıklı köşe dikışı		l } e } n } a } z }
6	Tıpa ve yarık (aralık) kaynağı		l } e } n } c : Yanık genişliği.
7	Dikiş kaynağı		l } e } n } c : Kaynak genişliği.
8	Tıpa kaynağı		n : e : Aralık. d : Delik çapı.
9	Nokta kaynağı (Punto kaynağı)		n : e : Aralık. d : Punto kaynak çapı.

Tablo 8.13.- Kaynak yöntemlerine karşılık gelen rakamlar.

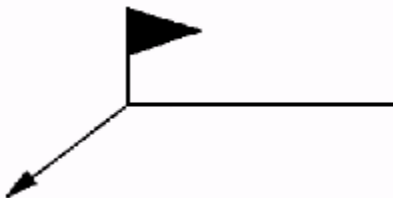
No	Kaynak Yöntemi
1	Ark kaynağı
11	Gaz korumasız metal ark kaynağı
111	Örtülü elektrodla metal ark kaynağı
12	Tozaltı kaynağı
13	Koruyucu gaz kaynağı
131	MIG kaynağı
135	MAG kaynağı
141	TIG kaynağı
15	Plazma ark kaynağı
2	Direnç kaynağı
21	Nokta kaynağı
22	Dikiş kaynağı
23	Projeksiyon (kabartılı) kaynağı
24	Yakma alın kaynağı
3	Gaz kaynağı
311	Oksi-asetilen kaynağı
4	Katı hal kaynağı: Basınç kaynağı
41	Ultrasonik kaynak
42	Sürtünme kaynağı
441	Patlama kaynak
45	Difzyon kaynağı
71	Termit kaynağı
72	Elektrocuruf kaynağı
73	Elektrogaz kaynağı
751	Laser kaynağı
76	Elektrobombardiman kaynağı
9	Lehimleme, Sert lehimleme, Pirinç kaynağı

DIN 1912'ye göre, kaynağın değerlendirme grubu kaynak yönteminden sonra çatal arasına yazılarak gösterilir.



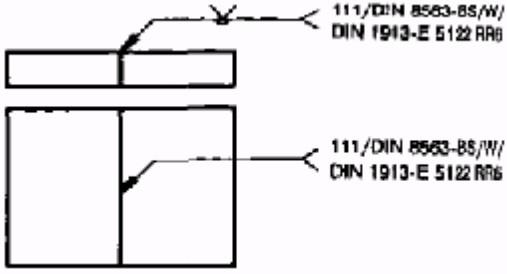
Şekil 8.8.- Kesikli bir köşe dikişinin gösterimine alt bir örnek.

Kaynağın şantiyede veya yerinde yapılacağını göstermek için bir flama sembolü konur



Şekil 8.9.- Hama sembolünün kullanımı.

Bir alın bağlantısında ark kaynağı yapılması durumunda kaynak dikişinin gösterimi aşağıdadır.



Şekil 8.10.- Kaynak konumu ve kullanılan elektrodun gösterimi.

Projelerin tasarımcının öngördüğü biçimde uygulanabilmesi ancak kaynak dikişleri üzerine sembollerin gerektiği biçimde yerleştirilmesi ile mümkündür. Bu bakımdan, bu konuya gereken dikkat gösterilmelidir.

9

ÖRTÜLÜ ELEKTROD İLE ARK KAYNAĞINDA KAYNAK PARAMETRELERİNİN SEÇİMİ

Kaynak parametreleri kaynak işleminin ve elde edilen kaynak bağlantısının kalitesini belirleyen en önemli etmenlerdir; bunlar kaynaklanan metal veya alaşım ile kaynak metalinin türü ve kaynak ağız ve parça geometrisi göz önünde bulundurularak saptanırlar. Bu parametrelerin uygun seçimi, kaynakçının çalışma koşullarını kolaylaştırdığı gibi gereken özellikte kaynak bağlantısı elde edebilme olasılığını da artırır.

Kaynak parametreleri, kaynak öncesi saptanan ve kaynak süresince değiştirilmesi mümkün olmayan parametreler ile birinci ve ikinci dereceden ayarlanabilir parametreler olmak üzere üç ayrı grupta incelenebilir. Kaynak öncesi saptanan parametreler elektrod türü, elektrod çapı ve kaynak akım türüdür ve bunları kaynağa başladıktan sonra değiştirmek ve etkilemek olası değildir.

Birinci derecede ayarlanabilir diye adlandırılan ikinci gruba giren parametreler kaynak dikişini kontrol altında tutan dikişin biçimini, boyutlarını, ark stabilitesini etkileyen değişkenlerdir. Bu parametreler kolaylıkla ölçülebildiği gibi, gerektiğinde işlemi daha etkin bir biçimde kontrol altına alabilmek için ayarlanabilirler. Bu parametreler akım şiddeti, ark boyu ve kaynak hızıdır.

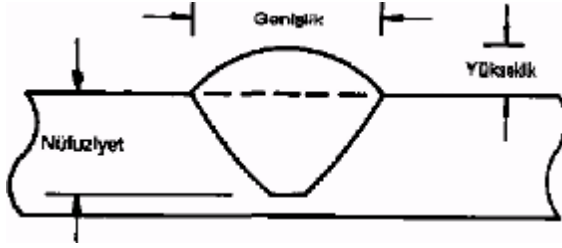
Üçüncü gruba giren parametreler kaynak işlemi esnasında değiştirilebilen, dikişin biçimini etkileyen, buna karşın ölçülmeleri zor olan parametrelerdir ki, örtülü elektrod ile ark kaynağında bunlar, kaynak esnasında elektrodun konumunu belirleyen çalışma ve hareket açılarıdır.

Örtülü elektrod ile ark kaynağında dikişin nufuziyeti, biçimi ve elektrodun erime gücü en önemli üç karakteristiktir ve kaynak parametreleri dala bunlar gözönünde bulundurularak saptanır.

Kaynak öncesi Saptanan Parametreler

• Elektrod Türü

Genel olarak elektrod türü seçimi kaynaklanacak malzemenin türü, kalınlığı, geometrisi, bulunduğu ortam, kaynağın uygulanma biçimine göre belirlenir.



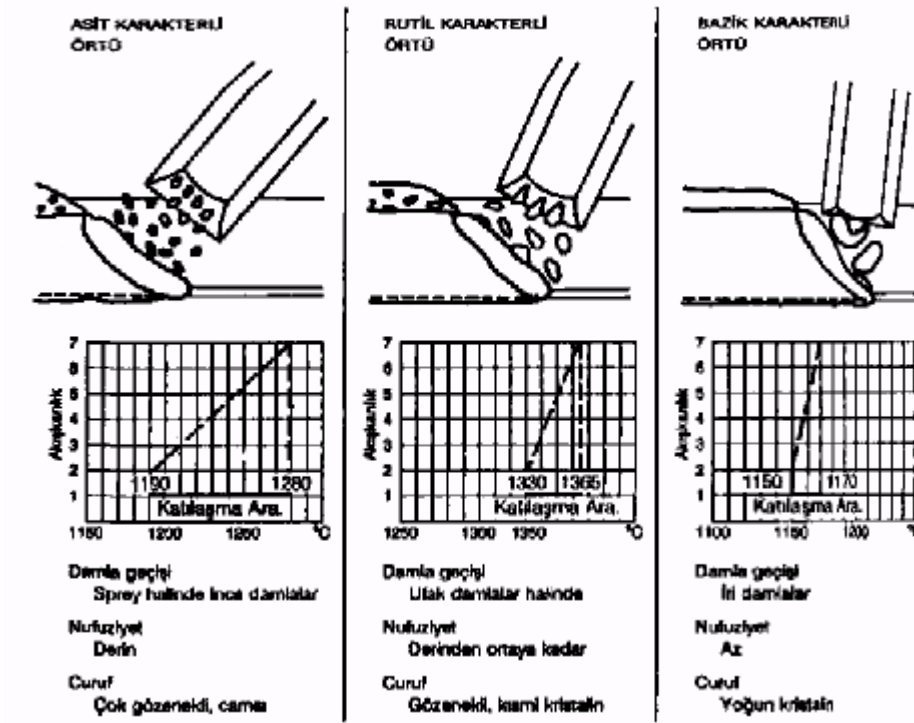
Şekil 9.1.- Bir kaynak dikişinin nüfuziyeti, genişliği ve yüksekliği.

Elektrod örtüsünün karakterinin kaynak dikişinin nüfuziyeti, biçimi ve elektro-dun erime gücü üzerine ihmal edilemez etkisi vardır. Örneğin selülozik örtülü elektrodların nüfuziyetleri diğerlerine nazaran daha derindir; erime gücü, demir tozlu elektrodlarda daha yüksektir, ayrıca örtüsünde yüksek miktarda demir tozu içeren elektrodlar daha yüksek akım şiddeti ile yüklenebilirler ve erime süreleri kısadır, buna karşın ince örtülü elektrodların erime gücü daha zayıftır.

Dikişin biçimi de elektrod örtü karakterinin etkisi altındadır; demir tozlu elektrodlar ile daha yaygın ve geniş dikişler elde edilir, demir tozu veya potasyum bileşikleri içeren rutil örtülü elektrodların nüfuziyetleri zayıftır; bazik ve rutil karakterli örtülü elektrodlar ise orta derece nüfuziyetli dikişler verir.

• Elektrod Çapı

Belirli bir iş için elektrod çapı seçimi genel olarak kaynaklanacak parçanın kalınlığı ve kaynak pozisyonuna göre saptanır. Kalın çaplı elektrodlar yüksek akım şiddeti ile kullanıldıklarından kalın parçalara uygulanır ve bu şekilde hem kaynak ağzında gereken tam erime sağlandığı gibi toplam kaynak süresi de kısalmır.



Şekil 9.2.- Elektrod örtü karakterine göre damla geçişinin, nufuziyetin ve cürufun görüşünün değişimi.

Yatay oluk pozisyonu dışında yapılan kaynak işlemlerinde, kaynak banyosu yer çekimi etkisi ile akmaya yatkındır ve kaynak banyosunun büyümesi bu olayı şiddetlendirir. Gerek ark kuvvetlerinin etkisi, gerekse de özel manipulasyonlar ile banyonun dik, tavan ve korniş pozisyonlarında akmasına etkin bir biçimde mani olabilmek için daha küçük çaplı elektrodlar ile çalışılmalıdır.

Bazı tür malzemelerin kaynağında ısı girdisinin belirli bir aralıkta tutulması gereklidir, bu da ancak uygun elektrod çapı seçimi ile sağlanabilir.

V alın birleştirmelerin kök pasolarında manipülasyonun kolaylaştırılması ve kök aralığına kaynak metalinin işleyebilmesi için küçük çaplı elektrodlar kullanılır; kapak ve dolgu pasolarında ise iş parçasının kalınlığının, türünün ve kaynak pozisyonunun elverdiği en büyük elektrod çapı seçilir.

Birçok hallerde parçanın bir paso ile kaynak edilmesi arzu edilmez; zira her paso bir önceki pasonun kaynak bölgesine bir temperleme etkisi yaparak mekanik özelliklerin) geliştirir. Özellikle bazı tür çeliklerde çok önemli olan bu konu da, elektrod çapı seçiminde göz önünde bulundurulmalıdır.

Aşırı kalın çaplı elektrod kullanarak gerektiğinden daha kalın kaynak dikişleri yapmak ekonomik olmadığı gibi, çarpılma ve iç gerilme oluşumunu da şiddetlendirdiğinden bu konuda dikkatli olunmalıdır.

• Akım Türü

Örtülü elektrod ile ark kaynağında uygun elektrod ile doğru akım, gerekse de alternatif akım

kullanılabilmektedir. Kaynak akım türü, kutuplama ve elektrod örtü bileşimi, erime gücü ve dikişin nufuziyetini etkileyen önemli faktörlerdir.

Genel olarak verilmiş bir elektrod için erime gücü kaynak akımının arka sağladığı ısı enerjisi ile orantılıdır; bu enerjinin bir kısmı elektrod un ve örtüsünün, diğer kısmı da iş parçasının kaynak ağzının erimesinde kullanılmaktadır.

Doğru akım her türlü elektrod ile daha stabil bir ark oluşturur ve kaynak metali taşınımı alternatif akımdan daha yumuşak bir biçimde gerçekleşir, sıçrama kayıpları azdır, buna karşın ark üfleme tehlikesi vardır. En derin nufuziyet doğru akımda ters kutuplama (elektrod pozitif) ile elde edilir, bunu azalan sıra ile alternatif akım ve doğru akım düz kutuplama (elektrod negatif) takip eder. Buna karşın doğru akım düz kutuplama en yüksek, doğru akım ters kutuplama ise en az erime gücü sağlar.

Birinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler

• Kaynak Akım Şiddeti

Kaynak dikişinin karakteristiklerinin belirlenmesinde en önemli faktör kaynak akım şiddetidir. Her çaptaki elektrod için kaynak akım şiddeti belirli bir ayar aralığına sahiptir; bu aralık içinde uygun değer seçilmesinde elektrod örtü tür ve kalınlığı, kaynak pozisyonu ile kaynak ağız biçimi en önemli etkenlerdir.

Kaynak akım şiddetinin artması, diğer değişkenler sabit kalmak koşulu ile eriyen metal miktarının, dikişin nufuziyeti ile boyutlarının artmasına neden olur.

Akım şiddetinin aşırı yükselmesi sıçramanın çoğalmasına, yanma oluklarının oluşumuna ve düzgün olmayan bir kaynak dikişi eldesine neden olur ve ayrıca dikişte çatlaklar ortaya çıkabilir; akım şiddetinin fazla yükseltilmesi özellikle ince örtülü elektrodalarda, elektrodun ısınıp kızarmasına ve örtünün ark bölgesine gelmeden yanmasına neden olur.

Kaynak akım şiddetinin azalması da, diğer değişkenler sabit kalmak koşulu ile eriyen metal miktarının ve nufuziyetin azalmasına neden olur. Çok düşük akım şiddetlerinde esas metalde erime oluşmaz ve kaynak metali esas metal ile yeterli bir birleşme yapamaz.

Örtülü elektrodlar için akım şiddeti, d milimetre olarak elektrod tel çapı olmak üzere;

İnce örtülü elektrodalarda $I = d \times (40 - 45) \text{ A}$

Kalın örtülü elektrodalarda $I = d \times (45 - 50) \text{ A}$

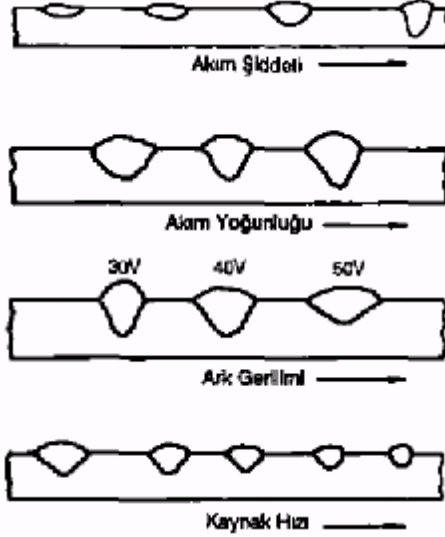
Demir tozlu kalın örtülü elektrodalarda $I = d \times (50 - 60) \text{ A}$

Yatay oluk kaynak pozisyonlarında verilen sınırların üst değerleri, dik ve tavan pozisyonlarda ise alt değerleri seçilir.

• Ark Gerilimi (Ark Boyu)

Ark boyu kaynak esnasında erimiş kaynak banyosunun yüzeyi ile elektrod telinin ucu arasındaki uzaklıktır ve ark gerilimini belirleyen etmendir, ark boyu uzadıkça ark gerilimi de yükselir.

Ark boyu, dolayısı ile de ark gerilimi, örtülü elektrod ile ark kaynağında dikişin biçim ve kalitesi bakımından en önemli etmenlerden bir tanesidir; bu kaynak yönteminde ark boyu kaynakçı tarafından ayarlandığından ve sabit tutulduğundan bu konuda kaynakçının el melekesi çok önemlidir.



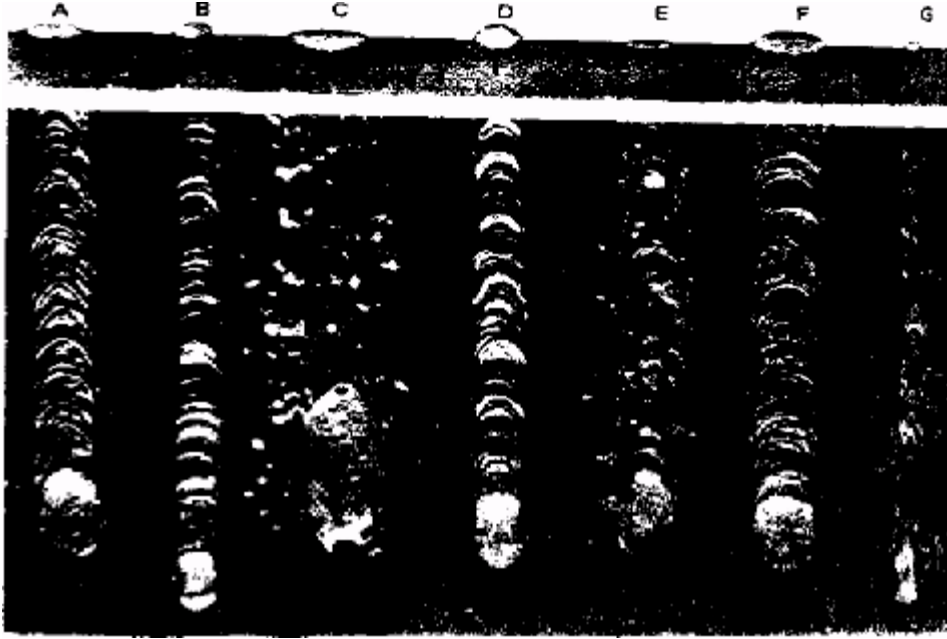
Şekil 9.3.- Akım şiddeti, akım yoğunluğu, ark gerilimi ve kaynak hızının dikiş biçimine etkileri (şematik).

Ark boyunun uzaması, yani ark geriliminin artması geniş ve yaygın bir kaynak dikişinin ortaya çıkmasına neden olur ve ark üfleme tehlikesi artar; ark boyunun daha fazla artması düzgün olmayan, çok az nüfuziyetli kaynak dikişine ve aşırı sıçramaya neden olur. Ayrıca kaynak banyosu örtünün yanması sonucu oluşan koruyucu gaz tarafından havanın olumsuz etkilerinden korunamaz ve ark enerjisinin büyük bir kısmı etrafa yayılır.

Normal olarak bazik karakterli elektrodlar hariç, bütün örtülü elektrod türlerinde ark boyu, elektrod tel çapı kadar, bazik elektrodlarda ise tel çapının yansı kadar tutulmalıdır.

• Kaynak Hızı

Kaynak hızı da, kaynak dikişinin biçimini ve nüfuziyetini etkileyen önemli elementlerden bir tanesidir. Örtülü elektrod ile ark kaynağında kaynak hızı kaynakçı tarafından ayarlanır ve sabit tutulur; hızın sabitliği kaynakçının el melekesine bağlıdır.



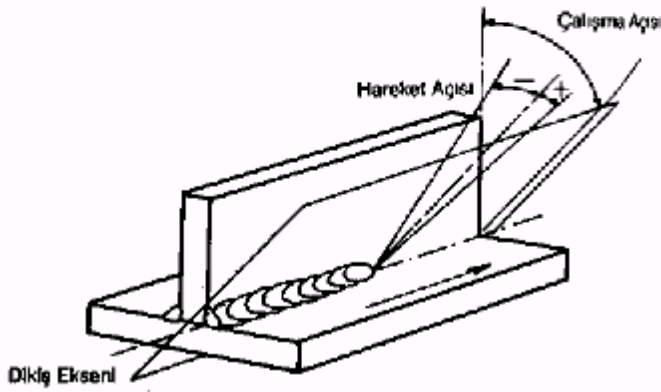
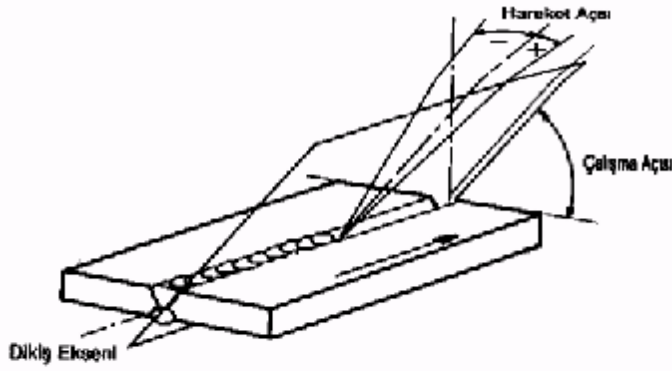
A. - Uygun akım şiddeti B. - Akım şiddeti çok küçük D. - Ark boyu çok kısa F. - Kaynak hızı çok yavaş ark boyu ve kaynak hızı C. - Akım şiddeti çok yüksek E. - Ark boyu çok uzun E. - Kaynak hızı çok yüksek

Şekil 9.4.- Kaynak akım şiddeti, ark boyu ve kaynak hızının, dikişin görünüşüne ve biçimine etkileri.

Kaynak hızının artması, diğer değişkenler sabit kalmak koşulu ile kaynak dikişinin genişliğinin azalmasına ve optimum bir değere kadar nufuziyetin artmasına neden olur; bu hız değeri aşıldıktan sonra nufuziyet te azalmaya başlar. Kaynak hızının aşırı artması çok küçük kesitli ve kenarları düzgün olmayan bir kaynak dikişinin ortaya çıkmasına neden olur. Kaynak hızının aşırı azalması aşırı derecede kaynak metalinin ağız üzerine, kenarlarda erime yapmadan yığılmasına ve emniyetsiz bir dikiş oluşumuna neden olur.

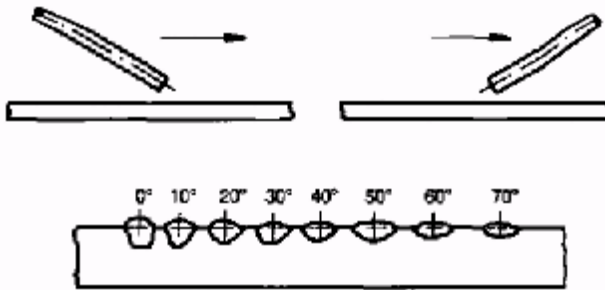
İkinci Derecede Ayarlanabilir Parametreler • Elektrod Açılı

Kaynak elektrodunun iş parçasına nazaran konumu, kaynak dikişinin biçimini etkileyen etmenlerden bir tanesidir.



Şekil 9.5.- Alın ve içköşe birleştirmelerde elektrodun çalışma ve hareket açıları.

Kaynak elektrodunun konumunu, kaynak dikişini referans olarak belirlemek konusunda kıta Avrupa'sında bir kural veya alışkanlık yoktur, buna karşın Amerikan Literatüründe bu konuya yer verilmektedir. Bu konulamaya göre, kaynak doğrultusuna dik düzleme çalışma düzlemi ve bu düzlem üzerinde elektrodun iz düşümü ile kaynak yapılan parçanın üst yüzü arasındaki açıya çalışma açısı denir, kaynak doğrultusu ve elektrodun geçen düzleme de hareket düzlemi adı verilir; elektrodun bu düzlemde bulunan ve kaynak doğrultusuna dik olan doğru ile yaptığı açı da hareket açısı olarak tanımlanır ve elektrodun ucu kaynak yönünde olursa bu açı negatif aksi yönde olursa pozitif olarak gösterilir.



Şekil 9.6.- Elektrodun hareket açısının dikişin biçimine etkisi (şematik). Tablo 9.1.- Örtülü

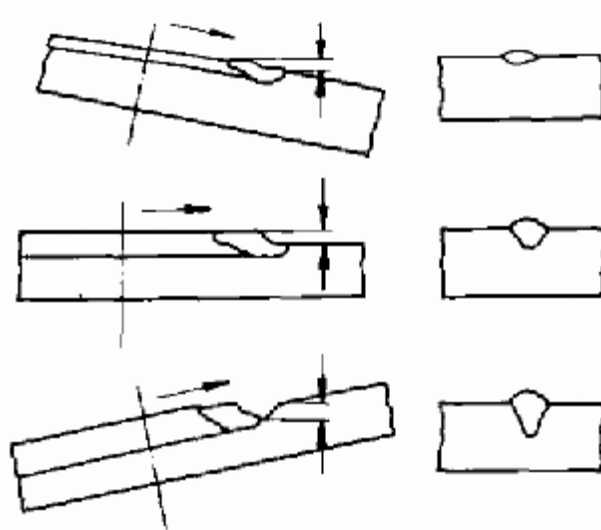
elektrod ile ark kaynağında uygun elektrod açıları.

Birleş tirme türü	Kaynak pozisyonu	Çalışma açısı (Derece)	Hareket açısı (Derece)
Alın	Yatay oluk	90°	5-20°
Alın	Korniş	80-100°	5-20°
Alın	Dik (aşağıdan)	90°	-5- -10°
Alın	Tavan	90°	5-20°
İç	Yatay oluk	45°	5-20°
İç	Dik (aşağıdan)	35 - 55°	-5- -20°
İç	Tavan	30-45°	5-20°

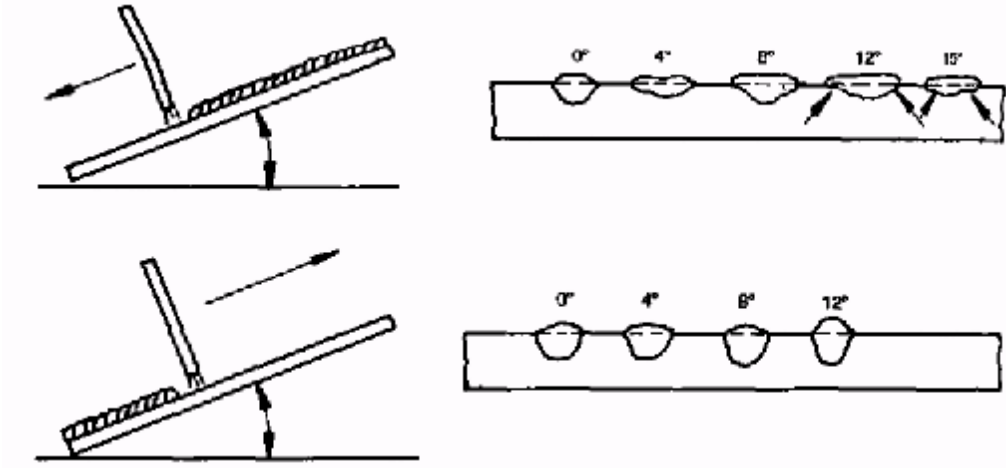
Elektrodun iş parçasına nazaran açısal konumu kaynak dikişinin kalitesini büyük çapta etkiler; cüruf kalıntıları, tek taraflı yanma oluşu, dikişin düzgünlüğü ve asimetrikliği hep yanlış açıların neden olduğu kaynak hatalarıdır. Hareket açısının pozitif yönde büyümesi dikiş yüksekliğinin artmasına ve nufuziyetin azalmasına neden olur.

Çalışma açısının küçülmesi tek yanda yanma oluşunun oluşmasına ve kök pasolarda cüruf kalıntısına ve soğuk kalmış bölgelerin ortaya çıkmasına neden olur.

Özellikle bazik karakterli örtülü elektrodlar halinde, açıların önemi büyüktür, burada çalışma açısı 90° olmalı, hareket açısı da 5 dereceyi aşmamalıdır.



Şekil 9.7.- Kaynak yapılan düzlemin eğiminin dikiş biçimine etkisi (şematik).



Şekil 9.8.- Eğik düzlem üzerinde kaynak yönünün dikişin biçimine etkisi (şematik).

Kaynak yapılan düzlemin eğimi de dikişin biçimini etkileyen önemli etmenlerdendir; ayrıca eğik düzlem üzerinde kaynak yönünün de etkisi oldukça şiddetlidir. Eğik düzlemin kaynak dikişinin biçimine etkisi Şekil 9.7 ve 9.8'de görülmektedir.

Örtülü elektrod ile ark kaynağı, donanımının ucuzluğu çok çeşitli türde malzemenin kaynak edilebilirliği ve kaliteli kaynak bağlantıları nedeni ile yaygın bir uygulama alanına sahip bir kaynak yöntemidir. Kaynaklı bağlantıdan beklenen kalite ve özellikler ancak doğru seçilmiş kaynak parametreleri ile sağlanabilir.

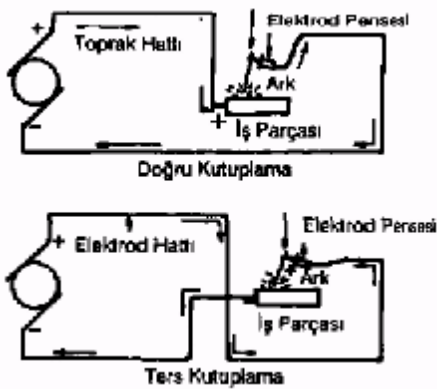
10

ARK KAYNAĞINI UYGULANMASI

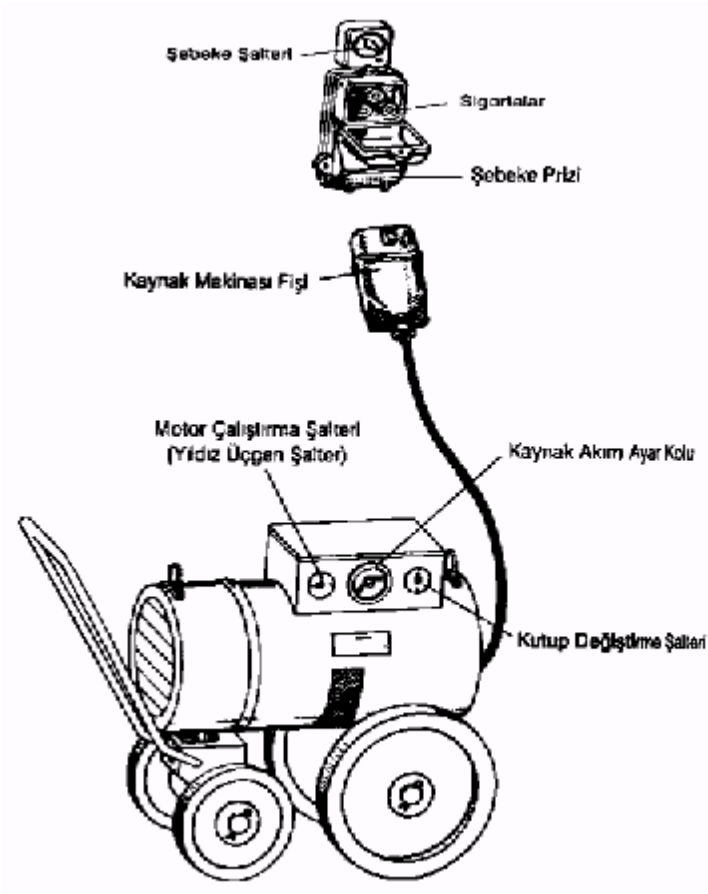
İş parçası, uygun bir ağız açılarak hazırlandıktan ve uygun bir elektrod seçildikten sonra, kaynak işlemine başlanır. Bu iş için kaynakçı kaynak makinasını çalıştırmak ve ayarlamak zorundadır. Kaynak akım üreteçleri bölümünde belirtildiği gibi çeşitli türlerde akım üreteçleri vardır. Biz burada daha çok atölye içinde kullanılan birincil enerjisini elektrik şebekesinden alan cihazlardan bahsedeceğiz. Makinanın hazırlanmasında ve şebekeye bağlanmasında şu konulara dikkat etmek gereklidir.

- Akım üreticinin etiketindeki gerilim değeri ile şebeke geriliminin birbirine uygunluğu,
- Şebeke sigortalarının kaynak akım üreticinin çektiği akım şiddetine uygunluğu,
- Kaynak kablolarının kesitlerinin kullanılacak en yüksek akım şiddetine uygun olup olmadığı,
- Şebeke bağlantıları ve kaynak kablolarının izolasyonlarının sağlamlığı.

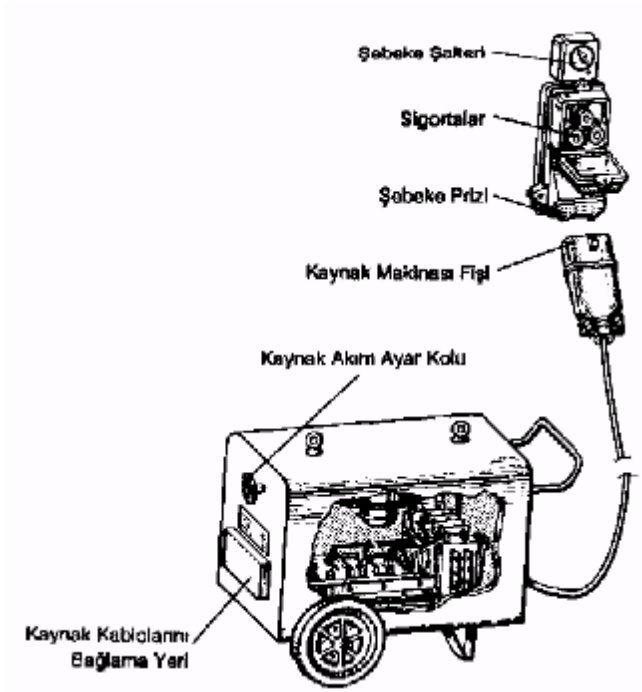
Genel olarak elektrik ark kaynağında elektrod negatif kutuba, iş parçası ise pozitif kutuba bağlanır. Bu şekildeki bağlamaya doğru veya düz kutuplama adı verilir. Bazı Özel elektrodlar ile bazik elektrodlar halinde elektrod pozitif kutuba, iş parçası negatif kutuba bağlanır ve bu bağlama biçimine de ters kutuplama denir.



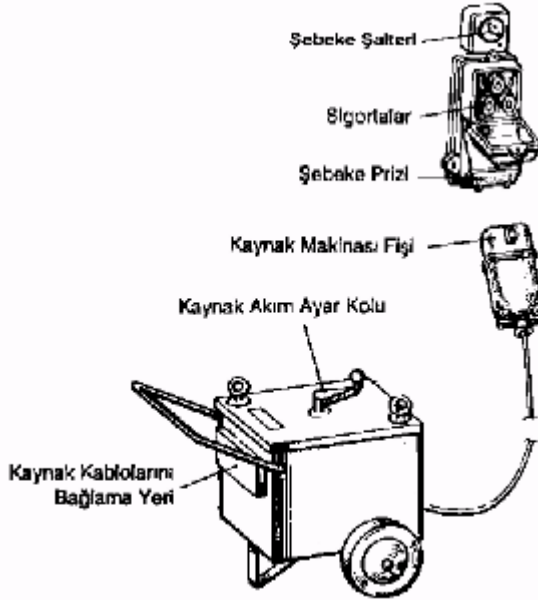
Şekil 10.1.- Elektrik kaynağında doğru ve ters kutuplama.



Şekli 10.2.- Doğru akım kaynak jeneratörü



Şekil 10.3.- Doğru akım kaynak redresörü.



Şekil 10.4.- Alternatif akım kaynak transformatörü.

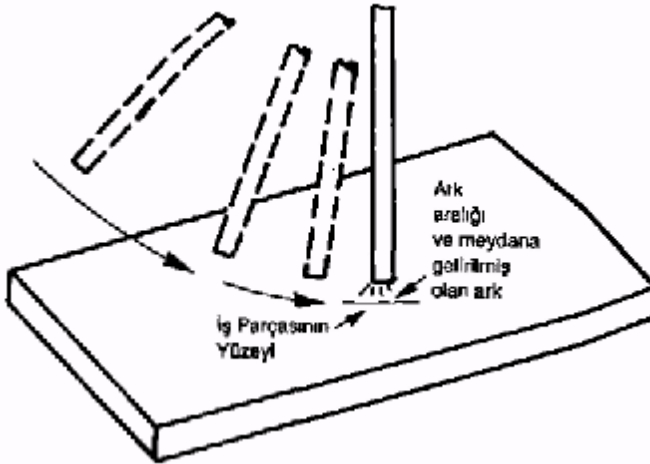
Bazı kaynak mâkinalarında Kutup değiştirme şalteri vardır. Bunlarda kutup değiştirmek kolaydır. Kutup değiştirme şalteri olmayan makinalarda bu iş kabloların bağlantıları değiştirilerek yapılır yalnız bu esnada makinanın alışmıyor olmasına dikkat edilmelidir. Makina üzerinde pozitif kutup (+), negatif (-) işareti ile belirtilmiştir. Makina üzerindeki kutupların türünü belirten bir işaret görülmezse kablo uçları su ile dolu bir

kabın içine daldırılır ve birbirine bir santim kadar yaklaştırılır bu esnada suyun kaynaşması dolayısıyla kablo uçlarından gaz kabarcıkları yükselmeye başlar ucundan fazla kabarcık çıkan kutup pozitif kutuptur.

Redresör ve kaynak transformatörlerinin şebekeye bağlanması büyük bir özen ve bilgi gerektirmez buna karşın jeneratörler yıldız ve üçgen bağlantısı ile şebekeye bağlandıklarında ilk yol vermede şalter yıldız konumuna getirilir, 5-10 saniye çalıştırılır motor devrini aldıktan sonra üçgene çevrilerek makineye yol verilmiş olur.

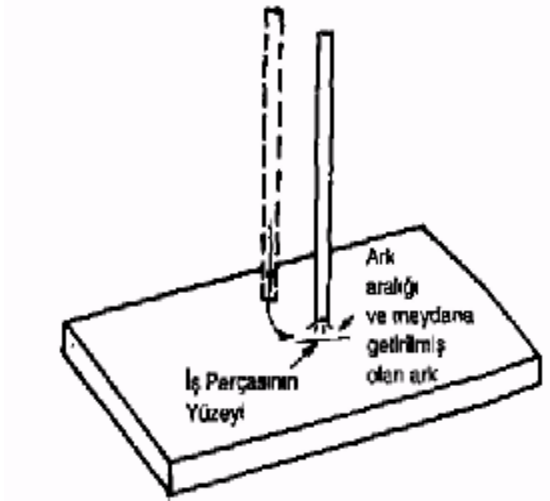
Elektrod çapına bağlı olarak kaynak akım şiddeti ayarlanır, kullanılan elektro-dun türüne, kaynak pozisyonuna bağlı olarak elektrod çapının milimetresi başına 35-60 A arasında bir değer seçilir ve makina buna göre ayarlanır. Elektrik ark kaynağında kullanılan elektrodlar hem akımı iletme görevini yaparlar hem de eriyerek kaynak dolgu metalini meydana getirirler. Bu bakımdan elektrod penseye oynamayacak bir biçimde tutturulur.

Arkın tutuşturulması, sürekliliğin korunması ve eriyen elektrodun sürekli ilerletilerek kaynak ağzının doldurulması kaynakçının çalışma tekniğinin temelleridir



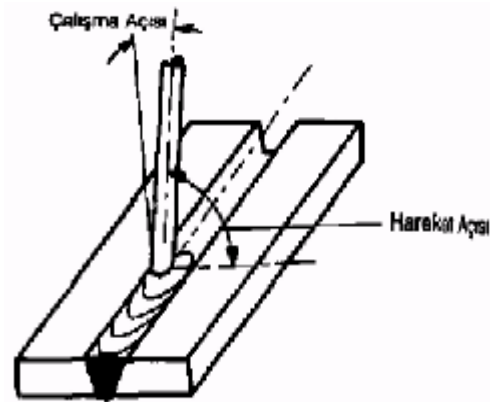
Şekil 10.5.- Elektrod sürme yöntemi ile arkın tutuşturulması.

Bu işlem kaynağın kalitesini belirler. Elektrodun tutuşturulması, elektrodun iş parçasına kısaca sürülmesi veya noktalama yaparçasına dokundurulup geri çekilmesi ile sağlanır. Elektrodun uç kısmı iş parçasına değdiği an, değme noktası kapanan akım devresinden elektriğin geçmesi sonucu ısınır ve elektrod ucunun hafifçe geri çekilmesi ile ark oluşur, arkın sürekliliği için elektrod ile iş parçası arasındaki aralığın dalma belirli bir ölçüde tutulması gereklidir. Uzun ark boyu havanın kaynak bölgesine girmesine, sıçramaların artmasına, cürufun kaynak banyosunu örtmemesine, kısa ark boyu sönmesine neden olur.



Şekil 10.6.- Elektrodu noktalamaya yaparak arkın tutuşturulması.

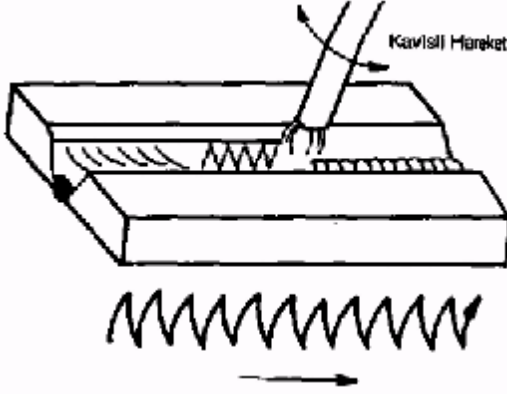
Normal olarak örtülü elektrodlar ile ark kaynağı halinde ark boyu yaklaşık olarak elektrod tel çapı kadar tutulur. Bazı elektrodlar halinde ise bu değer, tel çapının yarısı kadardır.



Şekil 10.7.- Elektrod eğim açıları.

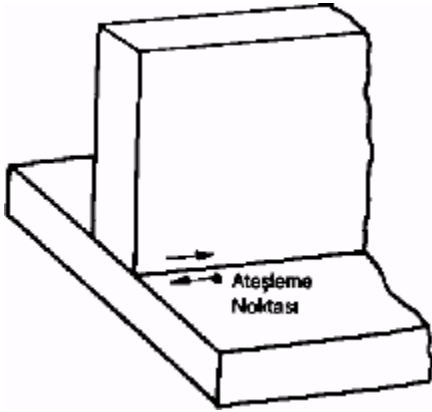
Elektrodun iş parçasının üst yüzeyi ile dikişin boyuna ve enine dik doğrultularda yaptığı açılara elektrodun çalışma ve hareket açıları adı verilir. Hareket açısı, kaynak pozisyonuna, elektrodun türüne ve kaynak banyosunun büyüklüğüne göre değişir. Elektrod açılarının arkın üflemesine olan etkileri daha önceden belirtilmiş idi. Kaynak esnasında erimiş cürufun, kaynak yönüne doğru ilerleyerek akması halinde hareket açısı büyütülür; cüruf örtüsünün ark bölgesinden geride oluşması halinde ise hareket açısı küçültülür, bazı elektrodlar halinde bu açı 0° civarında seçilmektedir. Elektrodun ilerletilmesinde en önemli konu kaynak hızının değişmeyen bir şekilde ayarlanması ve kaynak ağzının şekline ve kaynak pozisyonuna göre elektrodun ucuna verilen hareketin uniform ve aynı tempoda devam etmesidir. Bu ise ancak kaynakçının çok iyi bir şekilde yetiştirilmesi sonucu elde edilir.

Yatay oluk pozisyonu halinde, kök paso parça arasındaki aralık az olduğu zaman düz olarak çekilir; aralığın geniş olması halinde ve kapak pasolarında ise zik zağ şeklinde elektrod ucuna hareket vererek kaynak ağızı doldurulur. Diğer pozisyonlarda elektroda verilecek bu hareket çok önemlidir; bu konu ileride şekiller ile ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

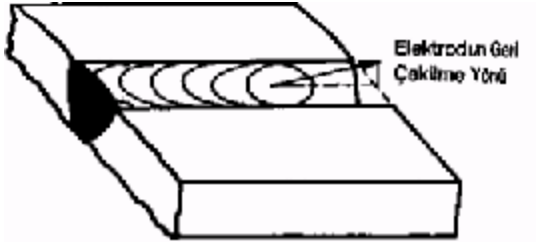


Şekil 10.8.- Oluk pozisyonunda elektrod ucuna verilen hareket.

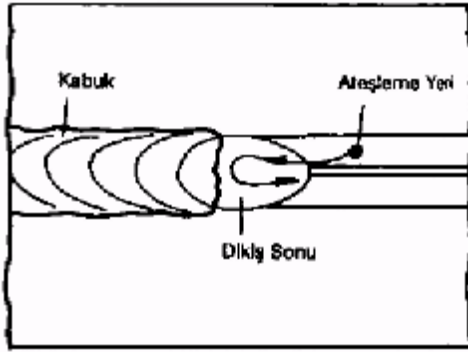
Kaynağa başlarken, elektrod dikişin tam başlama noktasından 5-10 mm. kadar geride ateşlenir ve ark yandıktan sonra elektrod kaynak başlama noktasına kaydırılır ve bu şekilde arkın başlamış olduğu nokta tekrar eritilmiş olur. Dikişin sonuna yaklaşıldığında elektrod kaynak banyosunda dik doğrultudan aniden çekilmez, elektrod, ilerlemenin yavaşlatılması eğimin azalması ve ark boyunun uzatılması ile söndürülür. Elektrod 50 mm. kalıncaya kadar eriyip yeni elektrod takıldıktan sonra eski dikişin uç kısmındaki cüruf temizlenir ve Şekil 10.11 'de görüldüğü gibi kaynağa yeniden başlanır.



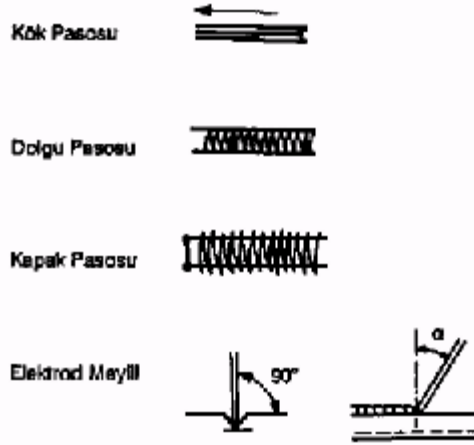
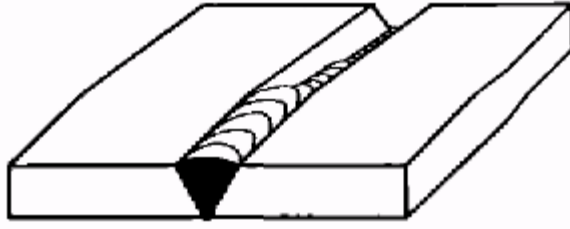
Şekil 10.9.- Kaynağın başlaması.



Şekil 10.10.- Elektrodun söndürülmesi.

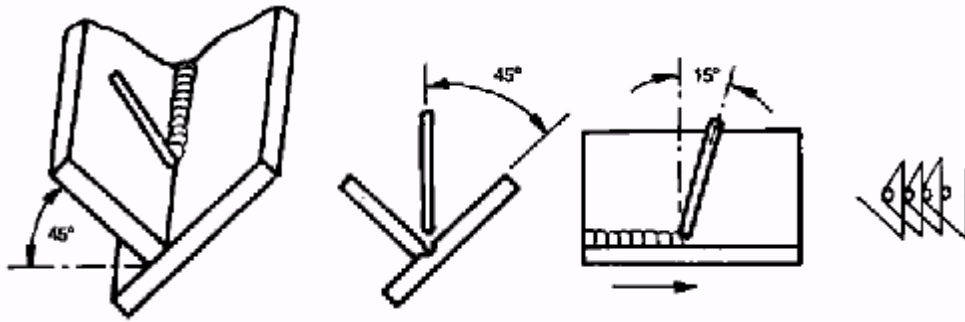


Şekil 10.11.- Kaynağa kalınan yerden yeniden başlanması

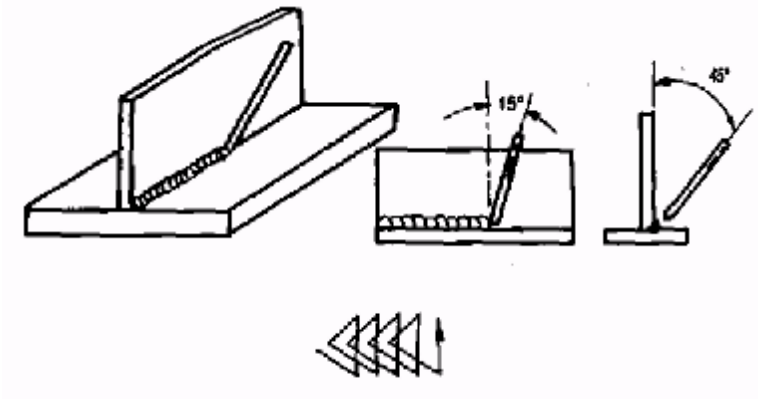


$\alpha > 0^\circ$ Normal elektrodlar,
 $\alpha = 0^\circ$ Bazık elektrodlar.

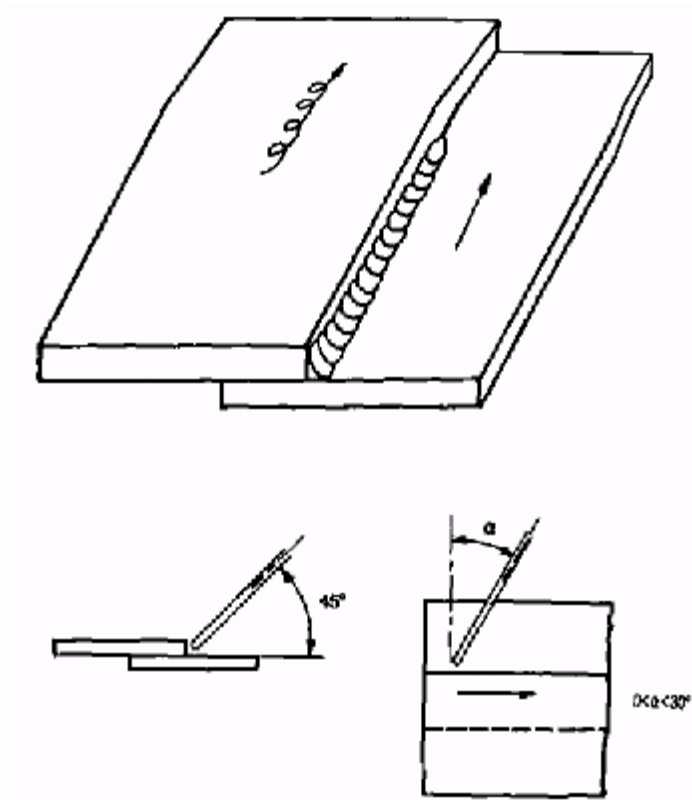
Şekil 10.12.- Oluk pozisyonunda yatay kaynakta uygulanan pasolar ve elektrod hareketleri.



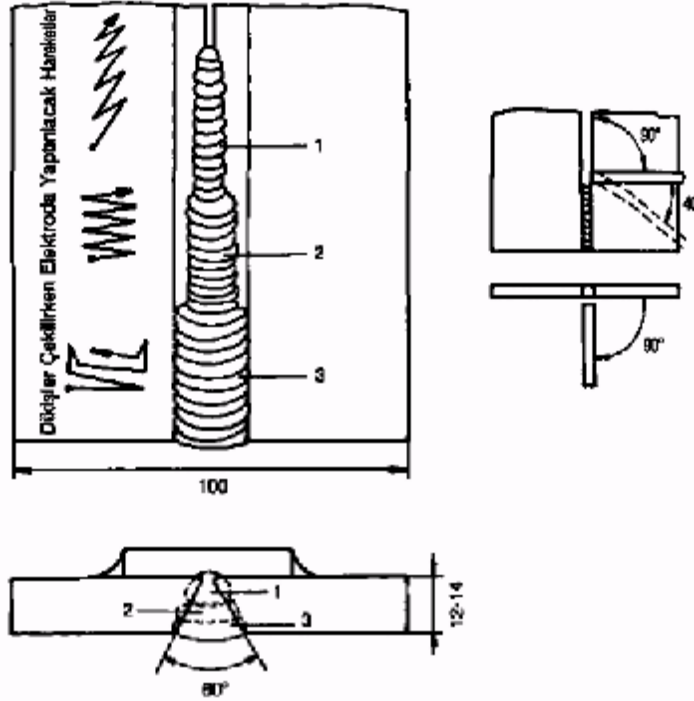
Şekil 10.13.- İç köşe yatay oluk pozisyonunda kaynakta zigzag hareketli paso.



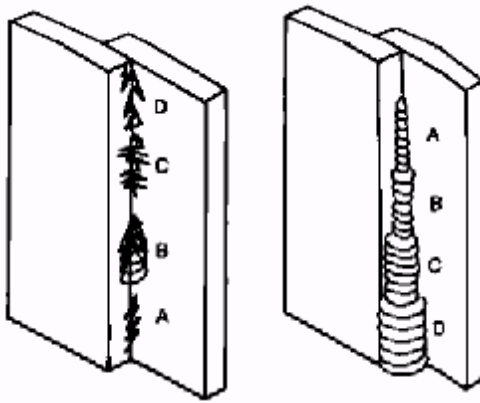
Şekil 10.14.- İç köşe yatay pozisyonda kaynakta üçgen hareketli paso.



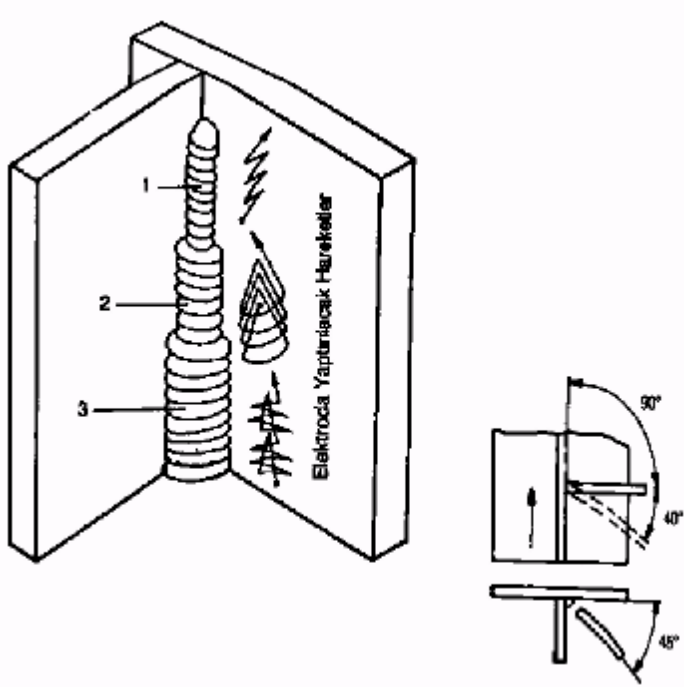
Şekil 10.15.- Yatay pozisyonda bindirme kaynağının yapılışı.



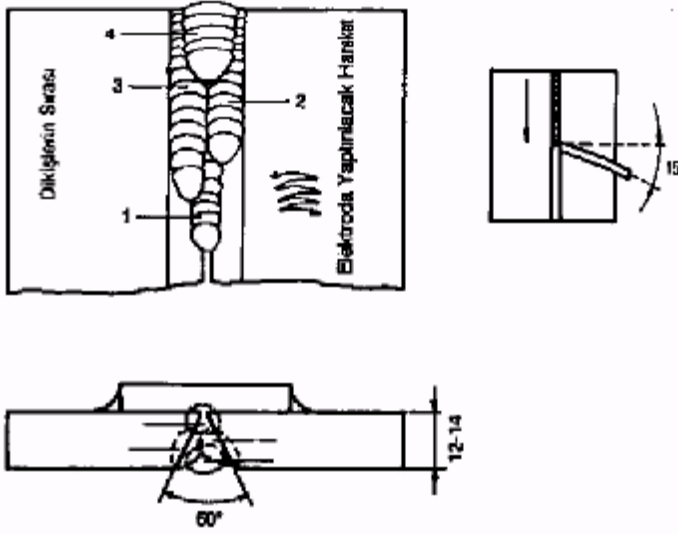
Şekil 10.16.- Aşağıdan yukarıya dik kaynak pozisyonunda elektrod hareketleri ile pasoların sırası.



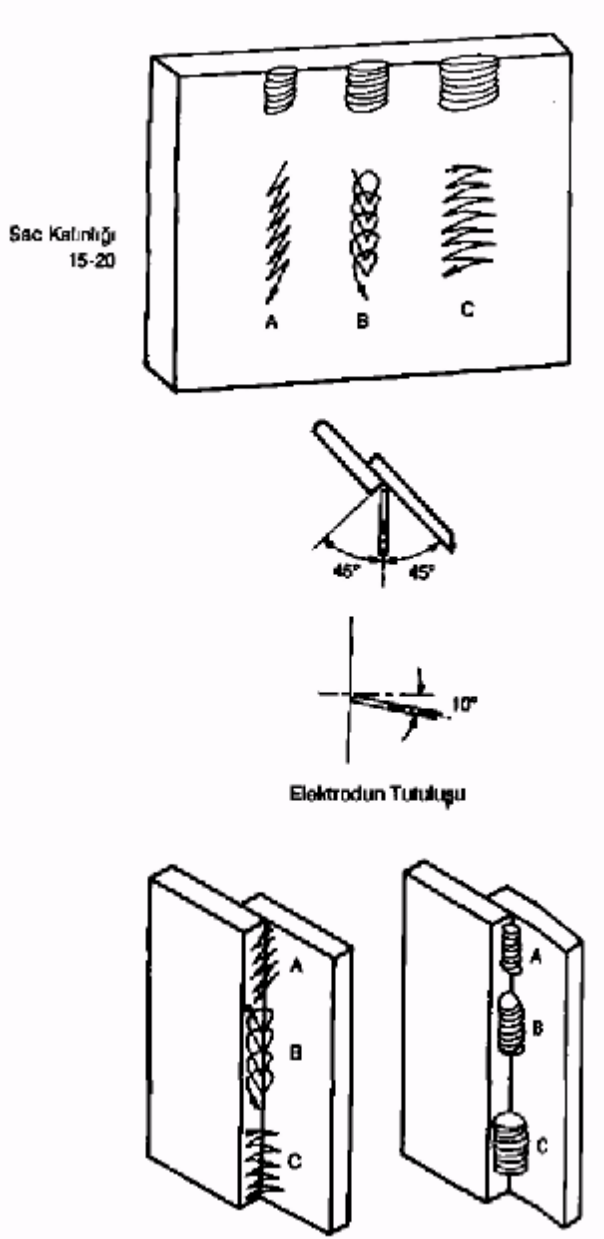
Şekil 10.17.- Aşağıdan yukarıya dik bindirme kaynak pozisyonunda elektrod hareketleri.



Şekil 10.18.- Aşağıdan yukarıya dik T kaynak pozisyonunda elektrod hareketleri.



Şekil 10.19.- Yukarıdan aşağıya dite kaynak pozisyonunda pasoların çekilmesi

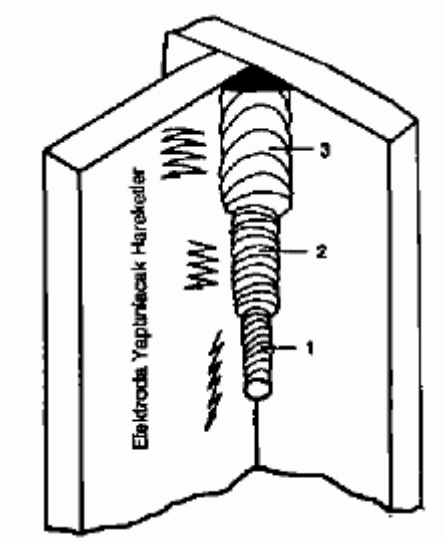


A Kırık çizgi dikiş. Dar ve orantılı bir dikiş çekileceği zaman uygulanır.

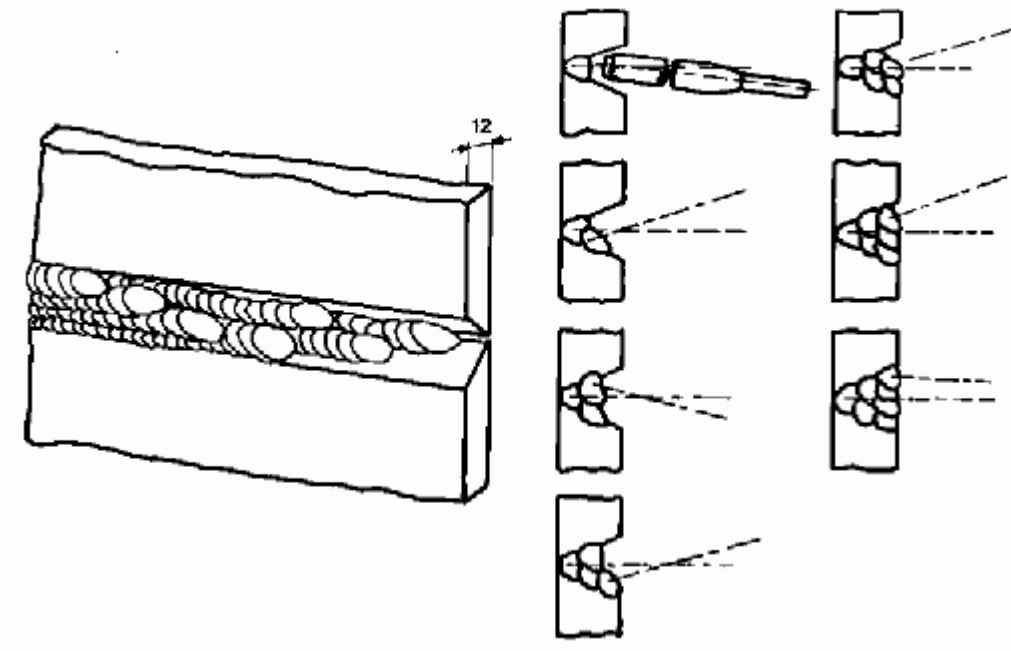
B Orta dikiş. Bindirme ve ek kaynaklarda uygulanır.

C Geniş dikiş. Bindirme ve ek kaynaklarda uygulanır.

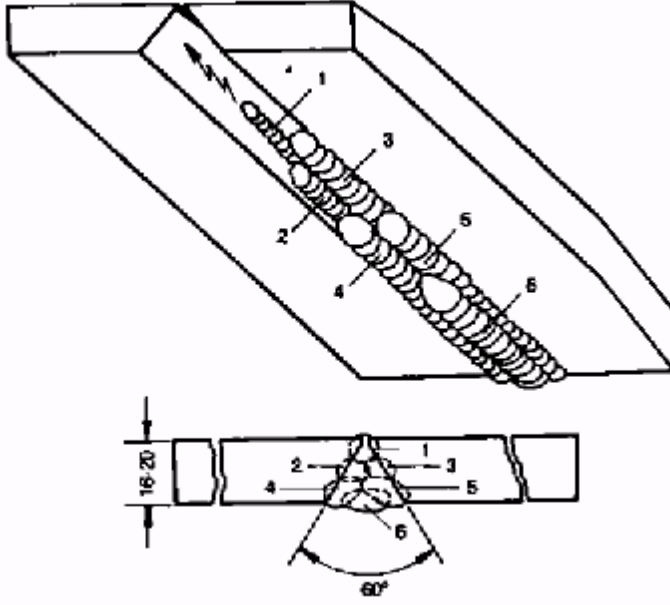
Şekil 10.20.- Yukarıdan aşağıya dik bindirme kaynak pozisyonunda elektrod hareketleri.



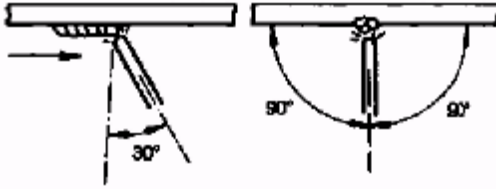
Şekil 10.21.- Yukarıdan aşağıya dik iç köşe kaynak pozisyonunda elektrod hareketleri.



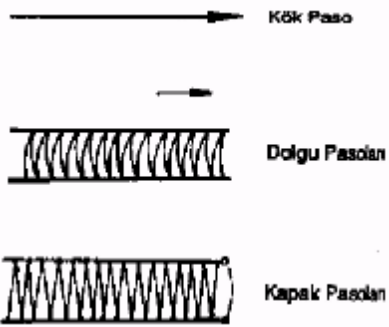
Şekil 10.22.- Çok pasolu korniş kaynağında elektrodun konumları.



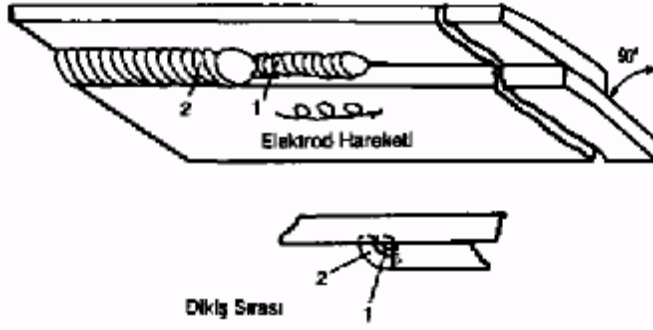
Şekil 10.23.- Çok pasolu tavan kaynağı.



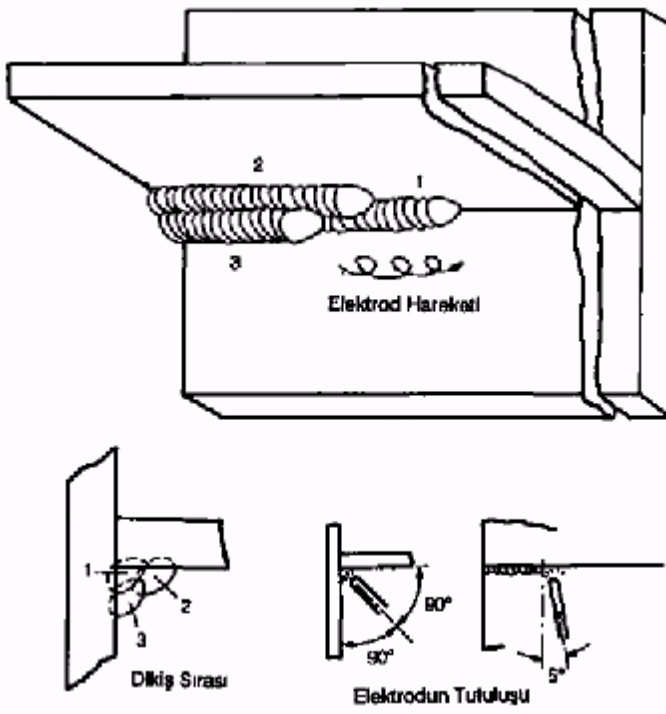
Şekil 10.24.- Tavan kaynağında elektrod tutuş açıları.



Şekil 10.25.- Çok pasolu tavan kaynağında elektrod hareketleri.



Şekil 10.26.- Bindirme tavan kaynağı.



Şekil 10.27.- Çok pasolu iç köşe tavan kaynağı.

11

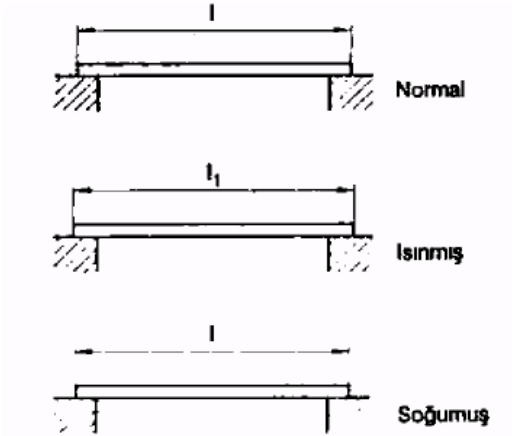
KAYNAKLI PARÇALARDA OLUŞAN ÇEKME VE ÇARPILMALAR

Tüm kaynak yöntemlerinde karşılaşılan ortak sorunlardan en önemlisi kendini çekme ve çarpılmalarıdır. Bir kaynaklı yapıda kendini çekme ve çarpılmalar, kaynak esnasında ısınma ve soğuma periyodları sırasında, çeşitli sıcaklık derecelerine kadar ısınmış kaynak bölgesinin, üniform olmayan genişleme ve büzülme sonucu ortaya çıkar. Aynı malzeme ve aynı konstrüksiyon halinde bu olayın etkinliği uygulanan özgül ısı girdisi ve kaynak bölgesinin genişliğine bağlı olarak değişir. Olayın yapının rijitlik derecesi, kütlesi, malzemenin akma sınırı, elastik modülü, ısıl genişleme katsayısı, ısı iletim katsayısı, erime sıcaklığı, özgül ısı girdisi, kaynak bölgesinin boyutları ve konstrüksiyon ile kaynak bölgesi arasındaki sıcaklık farkı ile büyük bir çoğunluğu sıcaklığın fonksiyonu olarak değişen çok çeşitli faktörlerin etkisinde olması, kendini çekme ve çarpılmaların önceden hassas bir biçimde hesaplanmasını olanaksız kılar; bu bakımdan bu konuda literatürde var olan çeşitli ampirik bağıntılar ile uygulamada edinilmiş deneyimlerden yararlanmak daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.

Çekme ve Çarpılmaların Fiziksel Esasları

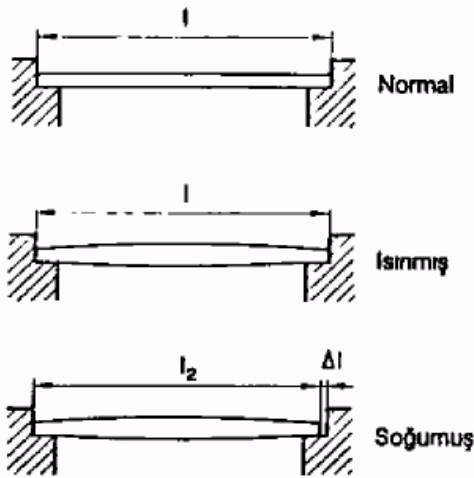
Bir metalik çubuk önce ısıtılıp sonra da ilk başlangıçtaki sıcaklığına kadar soğutulursa, düzgün bir serbest uzama ve kendini çekme oluşturur; uzama ve kendini çekme miktarları aynıdır. Bu fiziksel kural, yalnız hacim bakımından serbest hareket edebilen ve düzenli ısıtılıp soğuyan parçalar için geçerlidir; diğer taraftan böyle bir İdeal durum kaynak sırasında söz konusu olmadığından, kendini çekme ve büzülme problemleri ortaya çıkar.

(l) boyundaki bir metalsel çubuk ısıtıldıktan sonra (l₁) boyuna ($l_1 = l + \Delta l$) erişir, soğuma sırasında da onu bu durumda tutacak bir zorlama yoksa soğuma sonucunda çubuk eski boyuna döner.



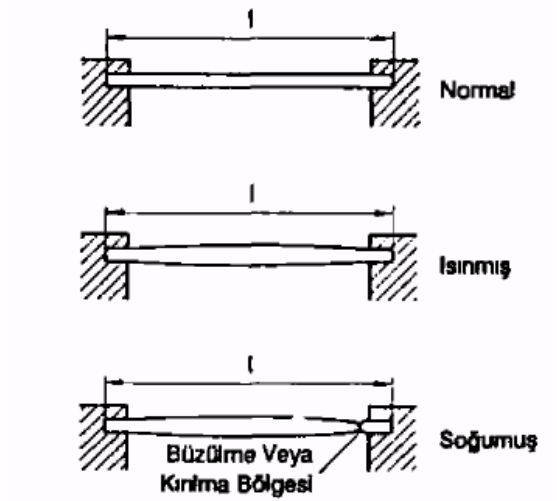
Şekil 11.1.- Serbest metelsel bir çubukta ısınma ve soğuma sonucunda boyut değışim).

(I) boyundaki metelsel çubuğun ısıtılması sırasında, uzaması sınırlandırılıra, çubukta basma zorlamaları oluşur ve zorlama da akma sınırını aştığı anda yığılma meydana gelir, yani çubuğun kesiti büyür ve boyu da soğuduğu zaman (Δl) kadar kısalır.



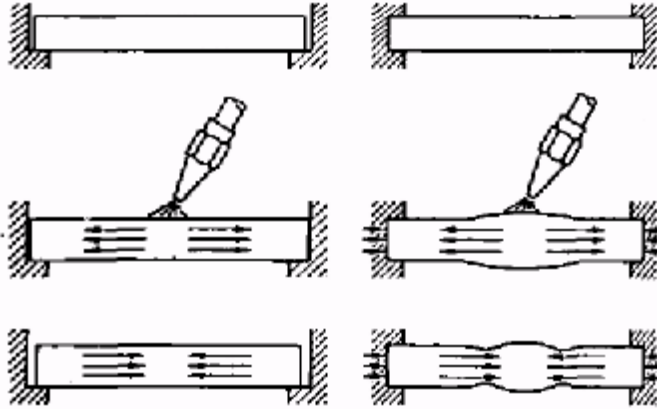
Şekil 11.2.- Uzaması sınırlandırılmış metelsel bir çubukta ısınma ve soğuma sonucunda yığılma biçiminde boyut değışimi.

(I) boyunda sabitleştirilmiş (ankastre) bir metelsel çubuk ısıtıldığında genişemediğinden çubukta basma zorlamaları oluşur ve zorlama da akma sınırını aştığı anda yığılma meydana gelir. Yani, çubuğun kesiti büyür. Soğuma sırasında çubuk sabitleştirilmiş olduğundan büzülemez, bu neden ile çubukta çekme gerilmeleri oluşur, bu gerilmeler akma sınırını aştığında, malzemenin en zayıf bölgesinde akarak bir büzülme oluşturur. Gevrek malzemelerde ise parça şekil değıştiremediğinden kırılır.



Şekil 11.3.- Sabitleştirilmiş bir metelsel çubukta ısınma ve soğuma esnasında görülen olaylar.

Kaynak esnasında ortaya çıkan kendini çekmenin engellenmesi sonucu oluşan gerilmeler çarpımalara neden olur.



Şekil 11.4.- Sekt 11.2 ve 11.3'te görülen durumların kaynak işleminde gerçekleşmesi.

Kendini çekme ve çarpımların derecesini etkileyen faktörler ve bunların etkinlikleri aşağıda açıklanmıştır.

Isıl Genleşme Katsayısı

Isıl genleşme katsayısı, malzemenin 1°C sıcaklık farkında boyutlarındaki değişmeyi belirten malzemeye ait bir özelliktir; az miktardaki alaşım elementlerinin etkisi hissedilebilir bir şiddette değildir. Isıl genleşme katsayısı malzemelerde sıcaklığın bir fonksiyonudur; el kitaplarında verilen değerler oda sıcaklığı koşullarındadır. Isıl genleşme katsayısının büyümesi, kaynaktan sonra çekme ve çarpımların artmasına neden olur. Isıl genleşme katsayısı sıfır olan ve sıvı halden katı hale geçerken de hiçbir hacim değişikliği göstermeyen fiktif (hayali) bir malzeme, kaynak işlemi sonrası hiçbir kendini çekme ve çarpılma göstermeyecektir.

Konstrüksiyonun Rijitlik Derecesi

Kaynak sonucu oluşan gerilmelerin ortaya çıkardığı kuvvetler, konstrüksiyonunun rijitliğine bağlı olarak bir takım çarpılma ve kendini çekmeler ile kendini belli eder. Çarpılmaya ve şekil değiştirmeye karşı gelen rijitlik derecesi konstrüksiyonun biçimine bağlı olduğu gibi özellikle ince sac konstrüksiyonlarda kaynak esnasında parçanın bağlanma şekli ile de ilgilidir. Kolaylıkla burkulabilen diğer bir deyimle herhangi bir doğrultuda burkulma dayanımı zayıf konstrüksiyonların rijitlik dereceleri de düşüktür; uygulamada bu bakımdan ince sac konstrüksiyonlara burkulma dayanımını yükseltecek destek ve takviyeler konulur.

Isıl İletkenlik Katsayısı

Isıl iletkenlik katsayısı küçüldükçe kaynak yerine uygulanan ısı enerjisinin yayılma hızı da azalır. Bu şekilde kaynak bölgesi ile konstrüksiyonun kalan kısmı arasındaki bölgesel sıcaklık farkı yükselir, bu olay da parçada kendini çekme ve çarpılmaların şiddetlenmesine neden olur.

Kaynak Hızı

Kaynak hızı deyimi ile kaynakta arkın ilerleme hızı belirtilir. Aynı ark gücünde kaynak hızı yükselirse parçaya uygulanan özgül ısı girdisi azalır; tavlanan bölgenin darlığı nedeni ile de kendini çekme miktarı da azalır.

Kaynak Metalinin Erime Sıcaklığı

Kaynak bölgesi ile konstrüksiyonun tümü arasındaki sıcaklık farkı arttıkça, oluşan gerilmeler de şiddetlenir. Kaynak bölgesinin sıcaklığı kaynak metalinin erime sıcaklığı ile sınırlı olduğundan, erime sıcaklığı yükseldikçe kendini çekme ve çarpılma olasılığı da artar.

Akma Sınırı

Malzemenin akmasının yükseldikçe, kaynak konstrüksiyonunu şekil değiştirmeye ve çarpılmaya yönelik iç gerilmelerin şiddeti artar. Akma sınırın düşük malzemelerde, malzeme akarak bu iç gerilmelerin şiddetinin azalmasını sağladığından çarpılma olasılığı da zayıflar.

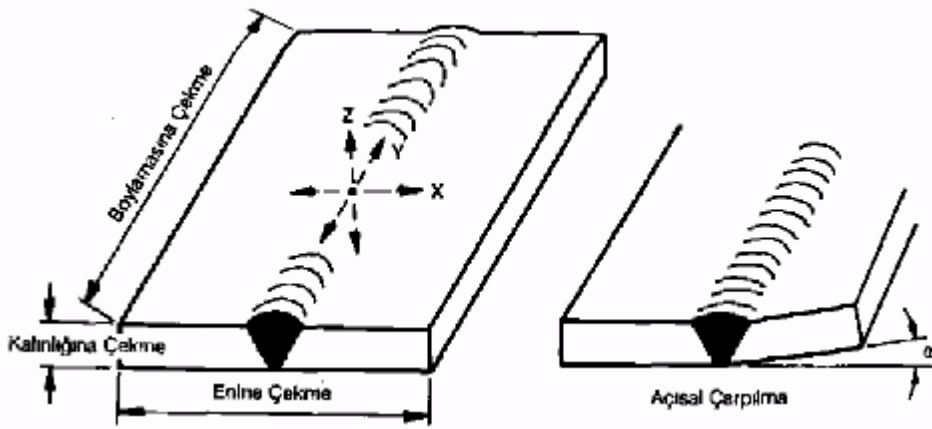
Elastiklik Modülü

Elastiklik modülü, malzemenin rijitliğinin bir ölçüsüdür. Daha önce de belirtilmiş olduğu gibi rijitliğin artması çarpılma olasılığının da azalmasına neden olur.

Kendini Çekme ve Çarpılma Türleri

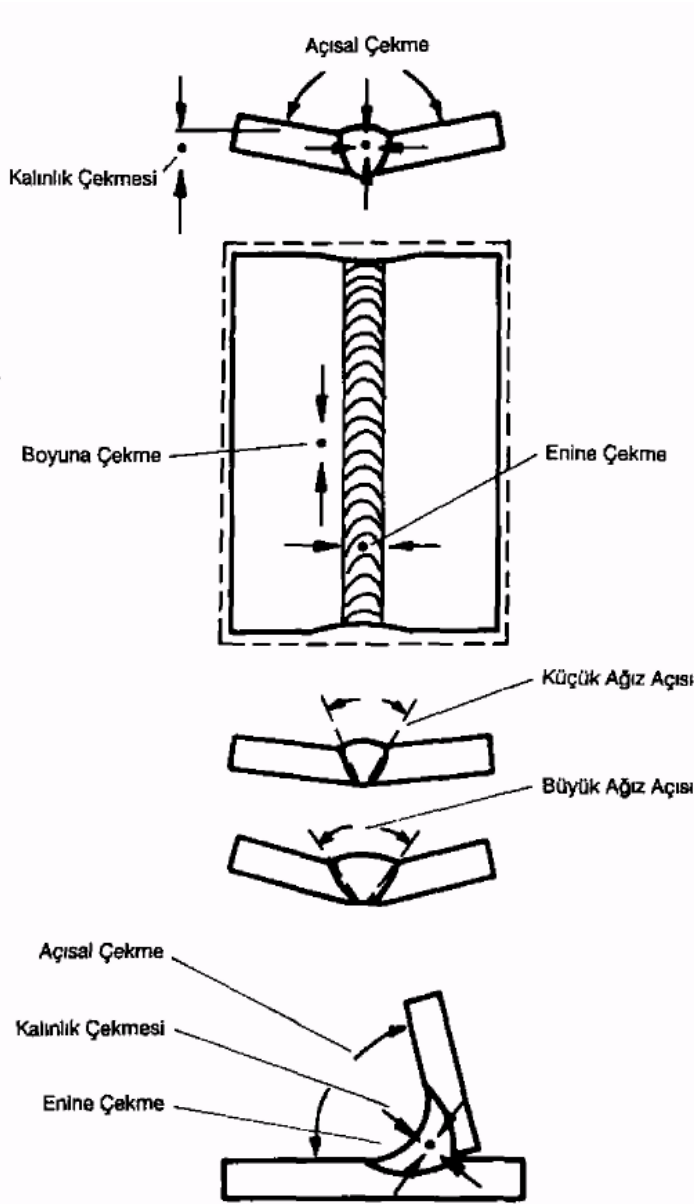
Kaynak sonrası ortaya çıkan çekme ve çarpılmalar, görünüşlerine göre şu şekilde gruplanırlar:

- Enine çekme
- Boyuna çekme
- Açısal çarpılma
- Kalınlık çekmesi



Şekil 11.5.- Çeşitli çekme ve çarpılma şekilleri.

Enine çekme, parçada kaynak dikişine dik eksen boyunca ortaya çıkan kendini çekmedir. Tavlanan kaynak ağız kenarında bulunan esas metal genişerek ağız aralığını daraltır ve kaynak banyosunun katılaşma ve soğumasının sonucunda ortaya çıkan kendini çekmenin de etkisiyle enine çekme ortaya çıkar. Bu çekmenin % 90 ilâ 95'i esas metalin ısıl uzaması, % 5 ilâ 10'u da kaynak metalinin kendini çekmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Enine çekmelerin şiddeti, kaynak bölgesine verilen ısı miktarına, ortalama ağız genişliğine ve dikiş boyuna bağlı olarak değişir.

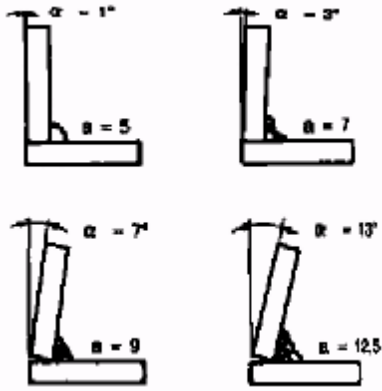


Şekil 11.6.- Kaynaklı bir parça üzerinde çekme türlerinin etkileri.

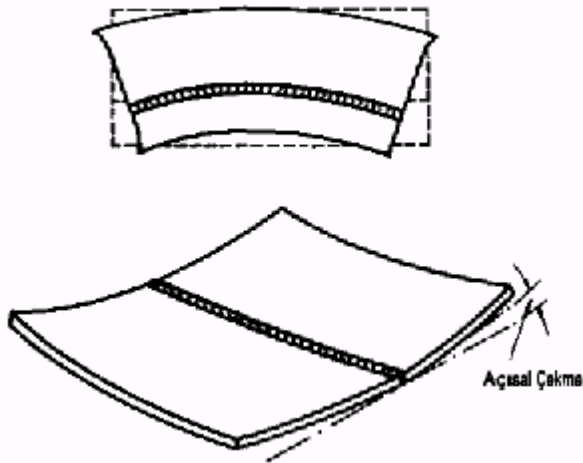
Parçanın kaynak dikişi yönündeki eksenini boyunca kendinin çekmesi, **boyuna çekme** diye adlandırılır. Kaynak yerinin erimesi esnasında, dikişin komşu bölgeleri genişlemek ister, fakat soğuk kısımlar boylamasına uzamaya engel olur ve dolayısı ile ısınmış kısımlarda plastik bir yığılma oluşur ve soğuma sonucu oluşan bölgelerin kendini çekmesi de boylamasına çekmelerin ortaya çıkmasına neden olur.

Açısal çarpılma enine çekmenin bir özel şekli olup, parçanın ilk başlangıçtaki duruma göre bir açısı kadar kendisini çekmesidir. Ortaya çıkan açısal çarpılmanın büyüklüğü kaynak ağzının şekline, pasoların miktar ve sırası ile parça kalınlığına bağlı olarak değişir.

Enine çekme aynı zamanda parçanın kalınlığı doğrultusunda da ortaya çıkar ve kalınlık çekmesi diye adlandırılır. Kalınlık çekmesi ancak oldukça kalın parçaların kaynağında farkedilebilen boyutlara erişir.

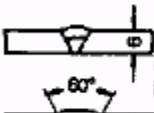
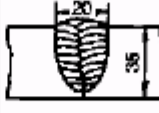
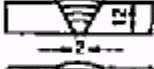


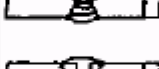

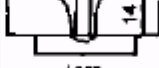



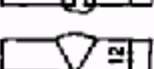


Şekil 11.7.- Fe 37 çeliğinden yapılmış iç köşe birleştirmelerinde açısal çekmenin kaynak dikiş yüksekliği ile değişimi.

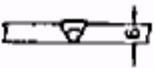




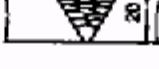

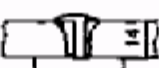






Şekil 11.8.- İnce saclarda kendini çekmenin parçayı düzlemselinden saptırması (peçlenme).

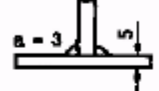


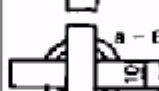


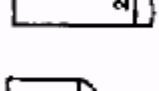
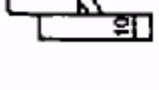

Büyük boyutlu, iyi puntolanmış yapı elemanlarında yapılan ölçmelerin ortalama değerleri

Dikiz kesiti	Kaynak türü	Çekme miktarı mm	Dikiz kesiti	Kaynak türü	Çekme miktarı mm
	Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, her iki pasoda yatay pozisyonda	1,0		Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, 20 paso, kök oyulması yok	3,2
	Çıplak elektrod ile ark kaynağı	1,4		1/3 Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, 2/3 tozaltı kaynağı tek paso	2,4
	Örtülü elektrod ile 5 paso, kök oyulması yok	1,6		Bakır altlık ile tozaltı kaynağı, tek paso	0,6
	Örtülü elektrod ile 6 paso, kök oyulmuş ve 2 paso çekilmiş	1,8		Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, ağız açısı 120° tavsiye edilmez	3,3
	Örtülü elektrod ile her iki taraftan 4'er paso çekilmiş	1,8		Altık kullanılarak tek taraftan örtülü elektrod ile ark kaynağı	1
	Derin nüfuziyetli elektrod ile kaynatılmış	1,6			
	Gaz eritme kaynağı (sağ kaynak)	2,3			

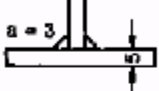
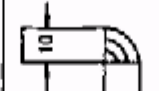

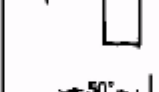
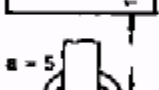

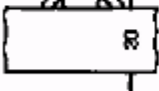
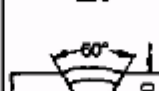
Şekil 11.9.- F6 37 ve Fe 42 çeliklerinin alın birleştirmelerinde oluşan enine çekmeler.

Dikiz kesiti	Kaynak türü	Çarpılma açısı	Dikiz kesiti	Kaynak türü	Çarpılma açısı
	Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, iki paso	1°		Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, sekiz geniş paso	7°
	Çıplak elektrod ile elektrik ark kaynağı, üç paso	1°		Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, 22 dar paso	13°
	Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, beş paso	3 1/2°		Bakır altlık ile tek paso tozaltı kaynağı	0°
	Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, beş paso, kök tarafları oyulmuş ve üç paso çekilmiş	0°		1/3 Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, 2/3 tozaltı kaynağı tek paso	2°
	Gaz eritme kaynağı (sağ kaynak)	1°			
	Gaz eritme kaynağı iki taraftan aynı anda dik pozisyonda	0°		Çelik band altlık ile tozaltı kaynağı iki paso	5°

Şekil 11.10.- Fe 37 ve Fe 42 çeliklerinin alın kaynağında oluşan çekme miktarları.

Dikiz kesiti	Kaynak türü	Çekme miktarı mm.	Dikiz kesiti	Kaynak türü	Çekme miktarı mm.
	Her iki paso da yatay pozisyonda	0,5		Ölük pozisyonu	1,0
		0,3		Dik çökülmüş pasolar	1,3
	Her iki paso da yatay pozisyonda	0		Her iki paso da yatay pozisyonda	0
	Her iki paso da yatay pozisyonda	0,5			0
	Her iki paso da yatay pozisyonda	0,8		Her iki paso da yatay pozisyonda	

Şekil 11.11.- Fe 37 ve Fe 42 çeliklerinin örtülü elektrodla yapılan iç köşe kaynaklarındaki enine çekme miktarları.

Dikiz kesiti ve parça kalınlığı mm	Kaynak türü	Çarpılma açısı	Dikiz kesiti ve parça kalınlığı mm	Kaynak türü	Çarpılma açısı
	Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı	3°		Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, her dört paso da yatay pozisyonda	1,5°
	Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, her iki paso da yatay pozisyonda	3°		Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, tek bir paso	0°
	Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, her iki paso da yatay pozisyonda	1°		Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, üç paso	1°
	Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, her üç paso da yatay pozisyonda	2°		Tozaltı kaynağı, tek bir paso	0°

Şekil 11.12.- Fe 37 ve Fe 42 çeliklerinin iç köşe kaynağında çekilen paso sayısının açısız çarpılmaya etkisi.

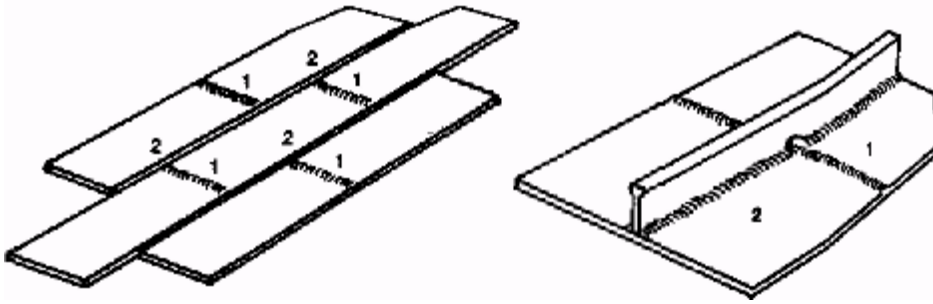
ÇEKMEYE ÇARPILMALARIN ÖNLENMESİ

Çekme ve çarpılmaların oluşumuna bir takım konstrüktif ve teknolojik önlemler ile bir dereceye

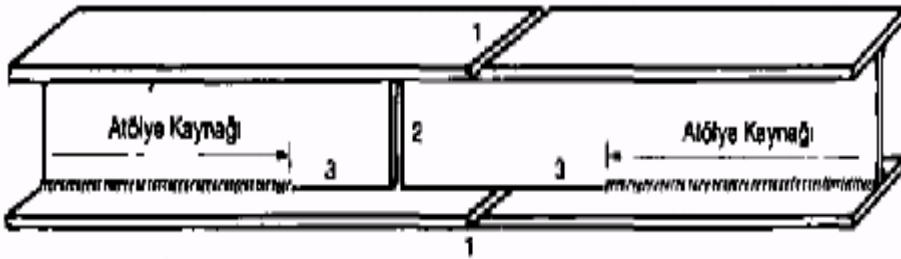
kadar engel olunabilir; bu konuda alınması gerekli önlemlerin başlıcaları şu şekilde sıralanabilir.

Konstrüktif Önlemler

- Kaynak tekniğine uygun bir dizayn hazırlanmalıdır.
- Kaynak dikişleri, projede verilmiş olan ölçülerden daha büyük yapılmamalıdır; zira yığılan kaynak metalinin artması çekme ve çarpıtmaların fazlaşmasına neden olur.
- Özellikle ince saclarda, mümkün olan hallerde, iç köşe dikişleri aralıklı bir biçimde düzenlenmelidir.
- Kaynak dikişleri konstrüksiyonun ağırlık eksenine paralel (veya dikişlerin simetrik olmasına çalışılmalıdır).



Levhaların Kaynakla Birleştirilmesi Kaynaklı Levhaya Takviye Kaynatılması



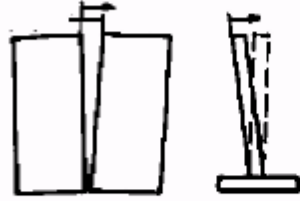
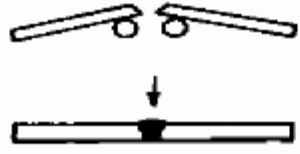
Kaynak Konstrüksiyonu I Profilinin Alın Alına Birleştirilmesi

Şekil 11.13.- Çekme ve çarpılmaları en aza indirmek için konstrüktif önlemler.

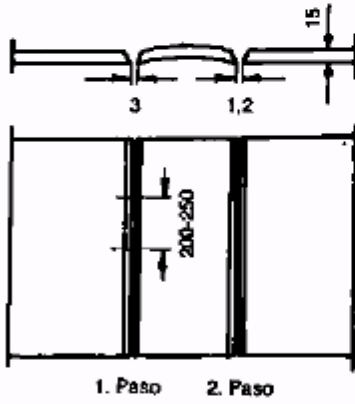
- Kaynak dikişleri birbirine çok yakın olmamalıdır; alın dikişleri arasında en az 200 mm'lik bir aralık bırakılmalıdır.
- Kuvvet çizgisinin düzgün akışı açısından, alın birleştirilmeleri tercih edilmelidir.
- Kuvvet akışlarının keskin yön değiştirmelerinden kaçınılmalıdır.
- Çok eksenli gerilme halinin oluşmaması için, dikişlerin düğüm halinde birleşmelerinden kaçınılmalıdır.
- Konstrüksiyon, kaynak esnasında kendini çekebilecek tarzda dizayn edilmeli ve montaj esnasında bu konuya özellikle dikkat edilmelidir.
- Konstrüksiyonlarda, iyi bir şekil değiştirme yeteneğine sahip sünek malzemelerin kullanılmasına özen gösterilmelidir.

Teknolojik Önlemler

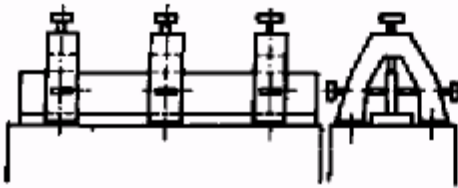
- Elektrod çapı ve akım şiddeti parça kalınlığına uygun olarak belirlenmeli ve bu şekilde parçaya gereksiz olarak fazla miktarda ısı verilmesi önlenmelidir.
 - Uygun bir kaynak sırası (planı) hazırlanmalıdır.
 - Açısal çarpılmayı azaltmak bakımından, kaynak ağızları olduğunca kalın pasolar ile doldurulmalıdır.
 - Geniş kaynak ağızlarının doldurulmasının gerekli olduğu hallerde, önce dar pasolar ile ağzın yan yüzlerine metal yığılmalı ve en son ortadaki paso kaynak edilerek parça birleştirilmelidir.
 - Açısal çarpılmayı azaltmak için simetrik dikişler sıra ile çekilmelidir.
 - Olanakların elverdiği ölçüde, sıçrama ve geri adım yöntemi ile kısa dikişler uygulanarak kaynak yapılmalıdır.
 - Takviyeler mümkün olduğu kadar en son kaynak edilmelidir.
 - o Jig veya tespit düzeneği içinde kaynak edilmeleri olanağı olmayan parçalar, enine kendini çekme doğrultusunda belirli bir hareket miktarına olanak verecek biçimde el mengeneleri ile tespit edilmelidirler.
 - Enine çekmeleri azaltmak için, parçalar önceden kuvvetli bir şekilde puntalanmalıdır.
 - Yanma oluklarından kaçınılmalıdır, bunlar gerilme yığılmalarına neden olurlar.



Açısal çekmeyi önlemek için parçaya önceden form verme.

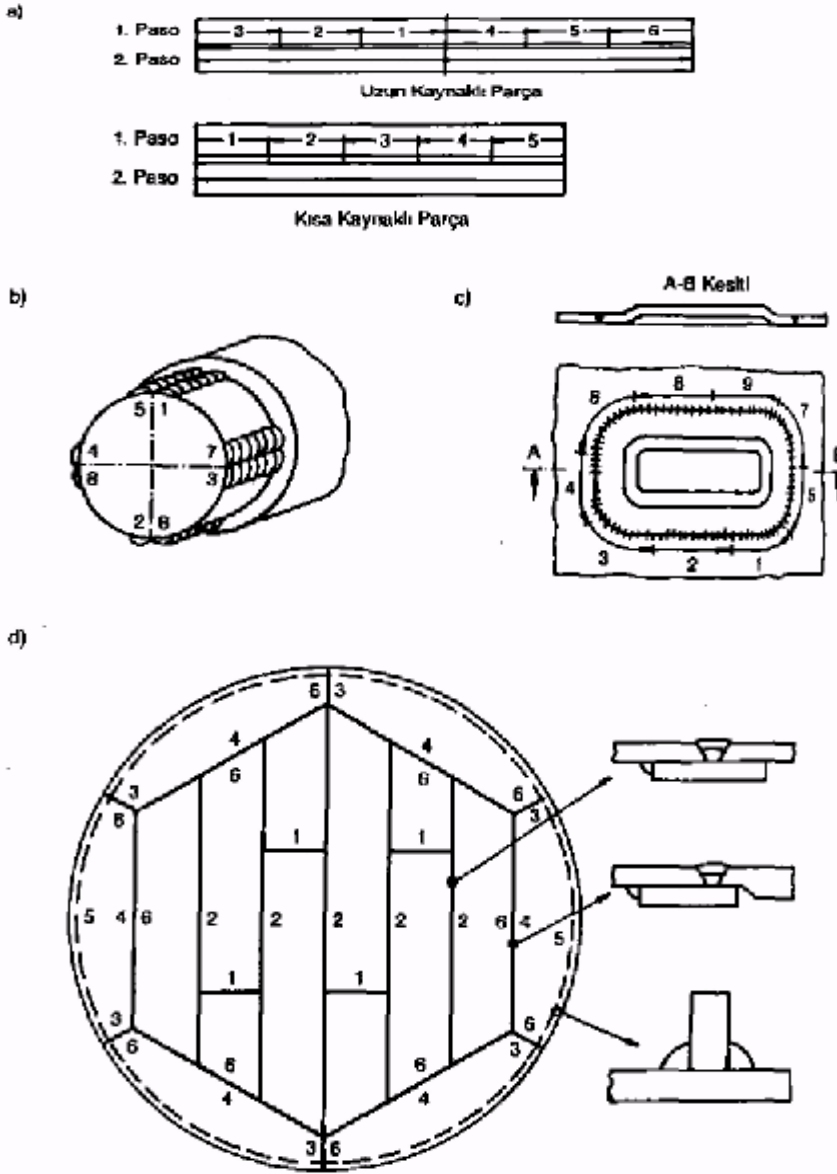


Genleşmesi ve kendini çekmesi sınırlanmış bir levhada ara parçaya bomba vererek iç gerilmeleri azaltmak.



Mekanik düzenekler ile T profilin kaynak sırasında çarpılmasını önleme.

Şekil 11.14.- Çekme ve çarpılmaları önlemek için alınabilecek teknolojik önlemlere örnekler.



Şekil 11.15.- Uygun kaynak sırası yardımı ile çekme ve çarpılmaların en aza indirilmesine örnekler.

- Geri adım yöntemi
- Mil doldurmada kaynak sırası
- Yamada kaynak sırası
- Bir silindirik tankın tabanında kaynak sırası.

Kaynak ve Kaynak Sırası Planları

Kaynak sırasında oluşan çarpılma ve kendini çekmelerin ortadan kaldırılması, kaynaktan sonra büyük masraflara neden olan, doğrultma ve düzeltme işlemlerine gerek gösterir. Doğrultma işlemleri zaman kaybına

neden olduğu gibi, parçada yeni yeni gerilmeler de doğurur. Bir tersanede kaynak yapılan bir gemi perdesinin kaynak ve doğrultma işlemleri için sarf edilen zaman, bununla ilgili bir örnek olarak aşağıda verilmiştir.

Alın birleştirmeleri ve takviyelerin kaynağı	22 saat (% 50,5)
Doğrultma işlemi	21,5 saat (% 49,5)

Burada kaynaktan sonraki düzeltme işlemi için sarf edilen zamanın, hemen kaynak için sarf edilen zamana eşit olduğu görülmektedir. Bu da, çarpılmaları en aza indirmek için, uygun bir kaynak sırasının seçilmesinin yani kaynak planının yapılmasının ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. İyi planlama ve kaynak sırası uygulandığında, doğrultma süresi kaynak zamanının % 10 ilâ % 20'si arasında bulunur ve genel olarak da bu sınır aşılmalıdır.

Kaynak yaparken gelişi güzel bir sıra takip etmek parçada büyük çapta kendini çekme ve çarpılmalara neden olur. İki parça arasındaki aralığın, kaynak ağız açısının, paso sayısının, elektrod çap ve türü gibi faktörlerin kendini çekme ve çarpılma üzerine büyük etkileri vardır; işte bütün bunlar göz önünde bulundurularak her kaynak konstrüksiyonu için bir kaynak planı hazırlamak gereklidir.

Kaynak Planı

Kaynak planı, kaynak tekniğine ait bütün bilgileri içerir ve işletme mühendisi için bir iş talimatı özeliği taşır. İşletmeye ait planlama ve hesaplamalarda dalma göz önünde bulundurulmuş önemli bir dokümandır. Böyle bir plan, özellikle işe nezaret eden montaj mühendisi ve kontrolü yapan kuruluş için büyük bir kolaylık sağladığından, kaynak tekniğine ait bütün bilgileri tam olarak içermelidir. Bir planda aşağıdaki bilgiler bulunur.

• İş ile ilgili bilgiler

Montaj resmi

Parça resmi

Ana boyutlar

Ağırlık

Şartnameler

• Malzeme ile ilgili bilgiler

İş parçası malzemesi

Kaynak yöntemleri

Kaynak metali

Yardımcı kaynak malzemeleri

• Kaynak işlemi ön hazırlığına ait bilgiler

Ağız hazırlaması (kaynak ağızları)

Bağlama düzenleri

Kaynakçıların eğitim ve düzeyi

İş güvenliği

Ön tav

Pasolar arası sıcaklık

- **Kaynak sırası planı**
- **Kaynak sonrası ısıt işlem**
- **Kalite kontrol**

Kaynak dikişinin kontrolü

Röntgen

Ultrason

Manyetik partikül

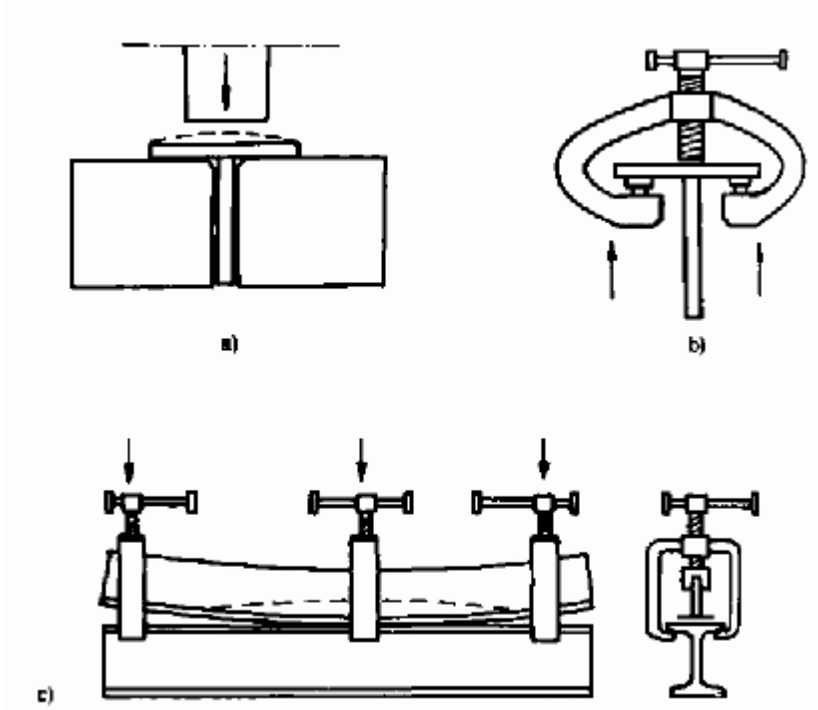
Gözle kontrol

Parçanın boyutsal kontrolü

KAYNAKLI PARÇALARIN DÜZELTİLMESİ

Kaynak işlemi sırasında gerekli önlemler alınmış olsa da az veya çok bir miktar çarpılma ve kendini çekme ortaya çıkar. Kaynaklı parçaların düzeltilmesinin büyük zaman kayıplarına neden olması verimliliği ve aynı zamanda da kaliteyi düşürmektedir. Kaynaklı parçaların düzeltilmesi işlemi teoriden ziyade uygulamaya dayanan bir problemdir. Deneyimle elde edilmiş esasların belirli bir sıra halinde uygulanması sonucu hem zaman kaybı önlenir hem de işin kalitesi arttırılmış olur. Günümüzde, düzeltme işlemleri genellikle uygulama kolaylığı bakımından alev ile yapılmaktadır. Zaman zaman bazı standart formdaki kaynaklı parçalara mekanik tertibatlar yardımı ile düzeltme işlemi uygulanır. Düzeltme tertibatlarının her tür parça için ayrı bir tasarıma gerek duyması, alevle düzeltmesinin daha yaygın uygulanmasına neden olmaktadır (Şekil 11.16).

Alevle düzeltme işlemine başlamadan önce parça hakkında şu iki konunun bilinmesi gereklidir.



(a) Pres ile; (b) Mengene çekirme ile; (c) Düz profil üzerine çekirme ile.

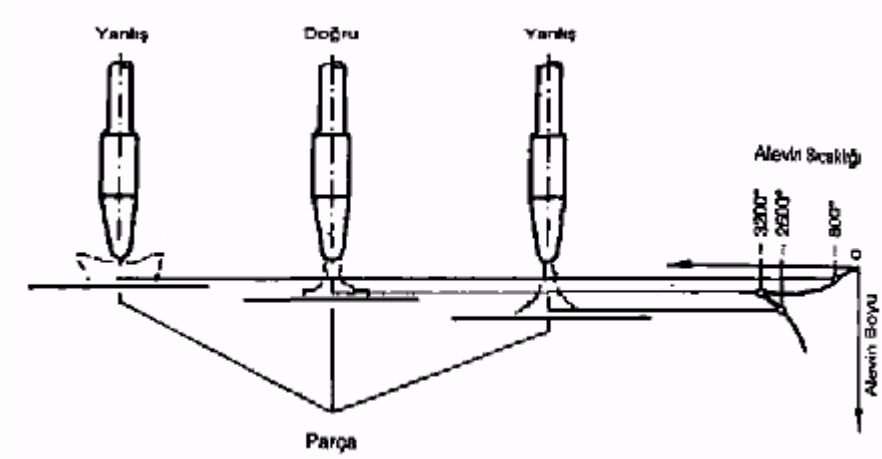
Şekil 11.16.- T profilinin (kaynaklı) çeşitli mekanik donanımlarla düzeltilme işlemi,

- Çarpılmanın nedenleri araştırılmalı,
- Isınma ve soğuma sırasında malzemeye bağlı olarak gelişebilecek dönüşümler göz önünde bulundurulmalıdır.

Alevle düzeltme işleminde kullanılacak alev, nötr veya çok hafif redükleyici karakterlerde olmalıdır. Yanıcı gaz olarak genellikle asetilen kullanılırsa da, son yıllarda doğal gaz da bu sahada artan bir oranda uygulama alanı bulmuştur. Tavlama sırasında iş parçası ile alevin çekirdeği arasındaki mesafenin 5 mm. kadar olmasına dikkat edilmelidir.

Alevle düzeltme işlemi genelde çeliklere uygulanan bir yöntemdir. Bu bakımdan tavlama sıcaklığı 650-850 °C arasında olmalı ve özellikle şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Parça 200-350 °C arasındaki sıcaklıklarda çekiçle vurularak doğrultulmamalıdır; bu sıcaklık aralığında kırılma ve çatlama tehlikesi vardır.
- 850 °C'nin üzerindeki bir tavlama çeliklerde bu iş için istenmeyen içyapı dönüşmelerine neden olur.
- Aşırı tavlama martenzitik içyapı oluşmasına neden olur.



Şekli 11.17.- Alevin çekirdeği ile parça arasındaki mesafenin malzeme üzerindeki sıcaklığa etkisi.

- Tavlama bölgesinin sıcaklığı sürekli olarak sıcaklık tespit tebeşirleri ile kontrol altında bulundurulmalıdır.

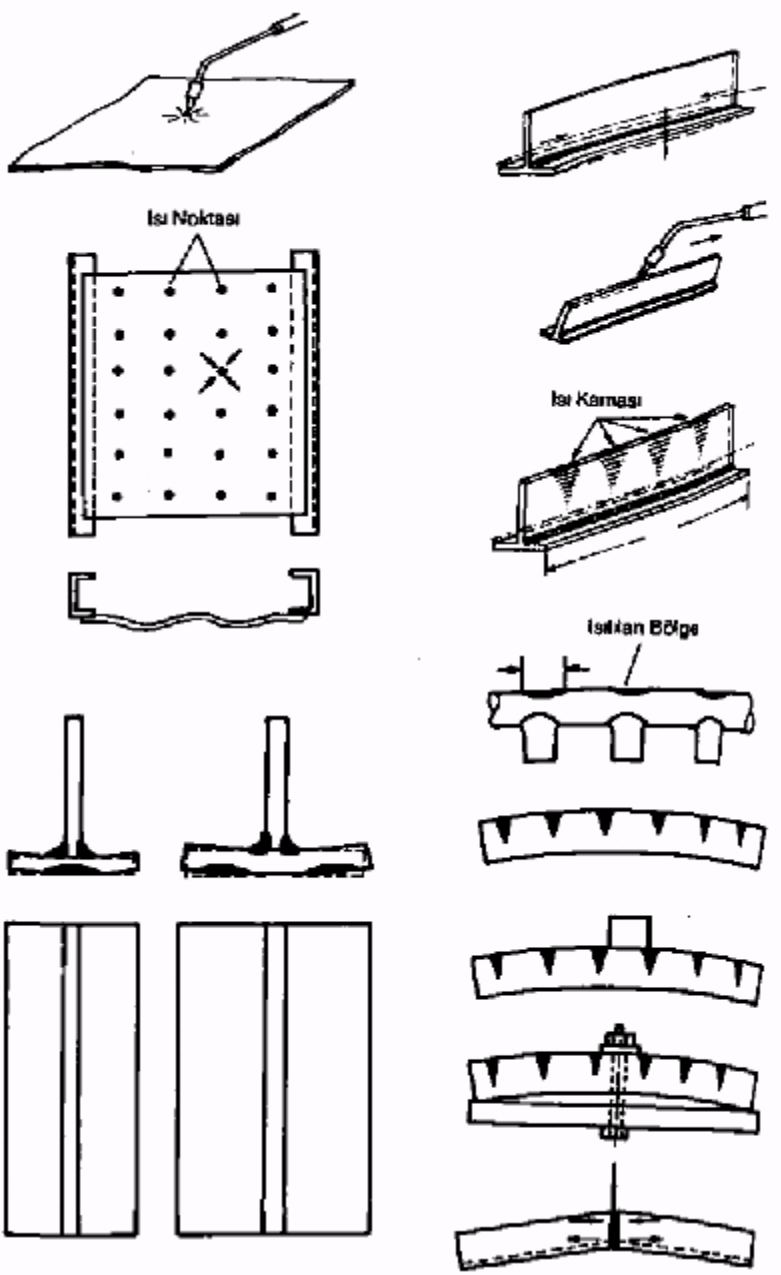
- Ortam sıcaklığının -5°C 'nin altında olduğu yerlerde alevle doğrultma işlemi yapılmamalıdır.

- Kök pasoları, ters taraftan oyularak kaynakla doldurulmamış olan V ve I alın birleştirmelerine, çentik etkisinden ötürü alevle doğrultma işlemi uygulanmamalıdır.

Tavlama belirtilmiş olan sıcaklık sınırları arasında kalacak şekilde maksimum çarpılmanın görüldüğü alanın dış tarafına uygulanmalıdır. Düzeltme işlemi, tavlama esnasında gerektiğince genişlemeyen bölgenin yığılması ve soğuma esnasında da kendini çekmesi sonucunda meydana gelir. Bu şekilde, serbest hareket edebilen bir yapı elemanı, sıcaklıkla genişleme miktarının iki katı kadar kendini çeker. Bu çekme miktarının düzeltmeye etkisi tavlama yerinin tarafsız eksene olan uzaklığına bağlı olarak değişir.

Tavlama sırasında yapı elemanının sıkı bir şekilde tespit edilmesi ile tavlama malzemesinin yığılma derecesi artırılabilir bu da doğal olarak doğrultma işlemi şiddetlendirir; ayrıca sertleşme göstermeyen malzemelerde, tavlama kısmı basınçlı hava veya su püskürtülerek soğutmak kendini çekme etkisini kuvvetlendirir.

Alevle düzeltmede alev parçasının çarpılma ve çekme durumuna bağlı olarak noktalama, çizgi, zikzag çizgi veya haç şeklinde birbirini kesen iki çizgi halinde uygulanır. Burada başarılı bir sonuç için uygulayıcının deneyimi ön planda gelir. Şekil 11.18'de, alevle düzeltmede uygulanan yöntemler ve uygulamalar dizisi verilmiştir.



Şekil 11.18.- Çeşitli kaynaklı parçaların alev ile düzeltilmesine Örnekler.

12

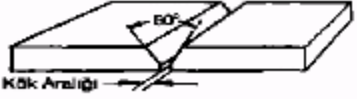
KAYNAKLI BAĞLANTININ MALİYETİ

Kaynaklı bağlantının maliyeti, kaynak yönteminin seçiminde en önemli kriterlerden bir tanesidir. Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağında oldukça az bir makina ve teçhizat yatırımı gerekmesine karşın, işçilik giderleri yüksek ve işin yapım süresi uzundur. Finansmanın önemli bir işletme sorunu olarak karşımıza çıktığı günümüzde, kaynak bağlantısının maliyetinin hesaplanması üç aşamada yapılır;

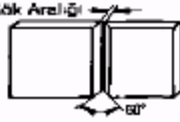
- 1 m. dikiş boyu için elektrod gideri,
- 1 m. dikiş boyu için işçilik gideri,
- 1 m. dikiş boyu için elektrik gideri.

Bu üç hesabın toplamı bize 1 metre kaynak dikişinin maliyetini verir. Konstrüksiyon üzerinde farklı ağız formunda farklı kalınlıklarda ve farklı birleştirme türünde kaynak dikişlerinin varlığı halinde bu hesaplar her bir tür bağlantı için ayrı ayrı yapılmalıdır. Burada; kaynak makina ve teçhizatının bakım ve amortisman giderleri hesaba katılmamıştır; zira elektrik ark kaynağı yönteminde bunlar maliyeti fazla etkilememektedir. Ayrıca yine burada, kaynak öncesi ve sonrası yapılan çalışmaların (ağız açma, temizleme, taşlama gibi) ve gerektiğinde uygulanan öntav ve gerilme giderme tavı giderleri de hesaba katılmamıştır.

Tablo 12.1.- Yatay oluk pozisyonunda V-alın birleştirmede kaynak dikişi ağırlığı.

V - Dikişi Yatay ve oluk pozisyon Kaynak açısı: 60°				
				
Sac Kalınlığı (mm)	Kök Aralığı (mm)	Elektrod Çapı (mm)	Yaklaşık Dikiş Kesiti (mm)	Dikiş Ağırlığı (Kg/m)
3	1	2,5	8,5	0,07
4	1	2,5 veya 3,25	13,5	0,11
5	1	3,25	19,5	0,16
6	1	W 3,25 D 4	27	0,10 0,12
7	1,5	W 3,25 D 4	39	0,10 0,21
8	1,5	W 3,25 D 4 veya 5	49	0,10 0,29
9	1,5	W 3,25 D 4 veya 5	60,5	0,10 0,38
10	2	W 3,25 D 4 veya 5	77,5	0,10 0,51
11	2	W 3,25 D 4 veya 5	92	0,10 0,62
12	2	W 3,25 D 4 veya 5	108	0,10 0,75
13	2	W 3,25 D 4 veya 5	123	0,10 0,87
14	2	W 3,25 D 4 veya 5	142	0,10 1,02
15	2	W 4 D 5 veya 6	161	0,12 1,14
16	2	W 4 D 5 veya 6	180	0,12 1,30
17	2	W 4 D 5 veya 6	201	0,12 1,46
18	2	W 4 D 5 veya 6	223	0,12 1,72
19	2	W 4 D 5 veya 6	246	0,12 1,81
20	2	W 4 D 5 veya 6	271	0,12 2,01
W: Kök pasosu D: Dolgu pasosu Alt taraftan kök kaynağı için, 5 mm. kalınlığı kadar olan sacların kaynağında dikiş ağırlığının yansı kadar daha ilâve yapılır. 5 mm.'den daha kalın saclarda alt taraftan kök kaynağı için bu ilâve en az kök pasosunun ağırlığı kadar olur. X- Dikişleri için kaynak dikişi ağırlığı; sac kalınlığının yansı alınarak gerekli V-dikişi değeri okunup iki katı alınır ve kök tarafı karşı kaynağı da buna eklenerek hesap edilir.				

Tablo 12.2.- Dik pozisyonda V-alın birleştirmede kaynak dikişi ağırlığı.

V – Dikişi Dik pozisyon Kaynak ağızı açısı: 60°				
				
Sac Kalınlığı (mm)	Kök Aralığı (mm)	Elektrod Çapı (mm)	Yaklaşık Dikiş Kesiti (mm)	Dikiş Ağırlığı (Kg/m)
3	1	2,5 veya 3,25	8,5	0,09
4	1	3,25	13,5	0,14
5	1	3,25	19,5	0,20
6	1	3,25	27	0,26
7	1,5	3,25	39	0,36
8	1,5	3,25	49	0,45
9	1,5	W 3,25 D 4	60,5	0,20 0,34
10	2	W 3,25 D 4	77,5	0,20 0,47
11	2	W 3,25 D 4	92	0,20 0,59
12	2	W 3,25 D 4	108	0,20 0,73
13	2	W 3,25 D 4	123	0,20 0,85
14	2	W 3,25 D 4	142	0,20 1,00
15	2	W 3,25 D 4	161	0,20 1,14
16	2	W 3,25 D 4	180	0,20 1,30
17	2	W 3,25 D 4	201	0,20 1,47
18	2	W 3,25 D 4	223	0,20 1,73
19	2	W 3,25 D 4	246	0,20 1,83
20	2	W 3,25 D 4	271	0,20 2,01
<p>W: Kök pasosu D: Dolgu pasosu</p> <p>Alt taraftan kök kaynağı için, 8 mm. kalınlığa kadar olan sacların kaynağında dikiş dağılımının yarısı kadar daha ilâve yapılır. 8 mm.'den daha kalın saclarda alt taraftan kök kaynağı için bu ilâve en az kök pasosunun ağırlığı kadar olur.</p> <p>X-dikişleri için dikiş ağırlığı, sac kalınlığının yarısı alınarak gerekli V-dikiş değeri okunup, iki katı alınır ve kök tarafının karşı kaynağı da buna eklenerek hesap edilir.</p>				

Tablo 12.3.- Tavan, dik ve korniş pozisyonlarında v-alın birleşmesinde kaynak dikişi ağırlığı.

V - Dikişli Tavan, dik ve korniş pozisyonlar Kaynak ağızı açısı: 70°

Sac Kalınlığı (mm)	Kök Aralığı (mm)	Elektrod Çapı (mm)	Yaklaşık Dikiş Kesiti (mm ²)	Dikiş Ağırlığı (Kg/m)
3	1	2,5	9,5	0,10
4	1	2,5 veya 3,25	16	0,16
5	1	3,25	22,5	0,22
6	1	3,25	31	0,29
7	1,5	3,25	45	0,41
8	1,5	3,25	57	0,51
9	1,5	W 3,25 D 4	70,5	0,20 0,42
10	2	W 3,25 D 4	90,5	0,20 0,57
11	2	W 3,25 D 4	107	0,20 0,71
12	2	W 3,25 D 4	125,5	0,20 0,87
13	2	W 3,25 D 4	138	0,20 0,97
14	2	W 3,25 D 4	165	0,20 1,18
15	2	W 3,25 D 4	188	0,20 1,36
16	2	W 3,25 D 4	211	0,20 1,54
17	2	W 3,25 D 4	236	0,20 1,74
18	2	W 3,25 D 4	263	0,20 1,95
19	2	W 3,25 D 4	291	0,20 2,18
20	2	W 3,25 D 4	320	0,20 2,41

W: Kök pasosu D: Dolgu pasosu

Alt taraftan kök kaynağı için, 8 mm. kalınlığa kadar olan sacların kaynağında da dikiş ağırlığının yarısı kadar daha ilâve yapılır. 8 mm.'den daha kalın saclardan alt taraftan kök kaynağı için bu ilâve en az kök pasosunun ağırlığı kadar olur.

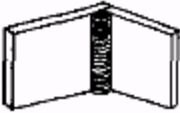
X-dikişleri için ağırlığı, sac kalınlığının yarısı alınarak gerekli Vdikişi değeri okunup iki katı alınır ve kök tarafın karşı kaynağı da buna eklenerek hesap edilir.

Tablo 12.4.- Yatay ve oluk pozisyonunda iç köşe birleştirmede kaynak dikiş ağırlığı.

İç Köşe Dikişi Yatay ve oluk pozisyon			
Dikiş Kalınlığı (mm)	Elektrod Çapı (mm)	Yaklaşık Dikiş Kesiti (mm ²)	Dikiş Ağırlığı (Kg/m)
2	2,5	4	0,038
2,5	2,5 veya 3,25	6,5	0,058
3	3,25 veya 4	9	0,082
3,5	3,25 veya 4	12,5	0,115
4	3,25 veya 4	16	0,15
4,5	3,25 veya 4	20,5	0,18
5	3,25 veya 4	25	0,23
5,5	3,25 veya 4	30,5	0,28
6	3,25 veya 4	36	0,33
6,5	3,25 veya 4	42,5	0,39
7	3,25 veya 4	49	0,45
7,5	3,25 veya 4	56,5	0,52
8	W 4	64	0,18
	D 5		0,41
8,5	W 4	72,5	0,18
	D 5		0,48
9	W 4	81	0,18
	D 5		0,56
9,5	W 4	90,5	0,18
	D 5		0,85
10	W 4	100	0,18
	D 5 veya 6		0,73
11	W 4	121	0,18
	D 5 veya 6		0,92
12	W 4	144	0,18
	D 5 veya 6		1,14
13	W 4	169	0,18
	D 5 veya 6		1,37
14	W 4	196	0,18
	D 5 veya 6		1,60
15	W 4	225	0,18
	D 5 veya 6		1,89
18	W 4	256	0,18
	D 5 veya 6		2,14

W: Kök pasosu D: Dolgu pasosu

Tablo 12.5.- Dik pozisyonda iç köşe birleştirmesinde dikişi ağırlığı.

İç Köşe Dikişi Dik pozisyon			
Dikiş Kalınlığı (mm)	Elektrod Çapı (mm)	Yaklaşık Dikiş Kesiti (mm ²)	Dikiş Ağırlığı (Kg/m)
2	2 veya 2,5	4	0,040
2,5	2 veya 2,5	6,5	0,061
3	2,5 veya 3,25	9	0,086
3,5	3,25	12,5	0,12
4	3,25	15	0,16
4,5	3,25	20,5	0,19
5	W 3,25 D 4	25	0,10 0,14
5,5	W 3,25 D 4	30,5	0,10 0,19
6	W 3,25 D 4	36	0,10 0,25
6,5	W 3,25 D 4	42,5	0,10 0,31
7	W 3,25 D 4	49	0,10 0,37
7,5	4	56,5	0,55
8	4	64	0,62
8,5	4	72,5	0,69
9	4	81	0,78
9,5	4	90,5	0,87
10	4	100	0,98
11	4	121	1,16
12	4	144	1,38
13	4	169	1,63
14	4	196	1,87
15	4	225	2,17
16	4	256	2,44
W: Kök pasosu		D: Dolgu pasosu	

Tablo 12.6.- Tavan pozisyonunda iç köşe dikiş birleştirmesinde kaynak dikişi ağırlığı.

İç Köşe Dikişi			
Tavan pozisyonu			
(1)'deki gibi durumlardaki tavan kaynaklarında statik haller için genellikle 3,25 mm ϕ 'li elektrodlar kullanılır.			
Dikiş Kalınlığı (mm)	Elektrod Çapı (mm)	Yaklaşık Dikiş Kesiti (mm ²)	Dikiş Ağırlığı (Kg/m)
2	2,5	4	0,040
2,5	2,5	6,5	0,061
3	2,5	9	0,086
3,5	2,5	12,5	0,12
4	2,5	18	0,18
4,5	2,5	20,5	0,19
5	3,25	25	0,24
5,5	3,25	30,5	0,29
6	3,25	38	0,35
6,5	3,25	42,5	0,41
7	3,25	49	0,47
7,5	3,25	56,5	0,55
8	W 3,25 D 4	64	0,10 0,52
8,5	W 3,25 D 4	72,5	0,10 0,59
9	W 3,25 D 4	81	0,10 0,68
9,5	W 3,25 D 4	90,5	0,10 0,77
10	W 3,25 D 4	100	0,10 0,89
11	W 3,25 D 4	121	0,10 1,06
12	W 3,25 D 4	144	0,10 1,29
13	W 3,25 D 4	169	0,10 1,53
14	W 3,25 D 4	196	0,10 1,77
15	W 3,25 D 4	225	0,10 2,07
16	W 3,25 D 4	256	0,10 2,34
W: Kök pasosu		D: Dolgu pasosu	

Tablo 12.7.- İçin sacların yatay pozisyonda l-alın birleştirmelerinde kaynak dikişi ağırlığı.

İnce Sacların l - Dikişi				
Sac Kalınlığı	Aralık Mesafesi	Elektrod apı	Hafif Őiřkin dikişlerde	Dikiş
1,5	0,5	2	0,015	
2	1	2	0,030	
2.5	1,2	2,5	0,060	
3	1.5	2,5 (3,25)	0,075	
3,5	1,5	3,25	0,090	

Elektrod Giderleri

Kaynak işlerinde işin maliyetini hesaplayabilmek için en önemli girdi olan kullanılacak elektrod miktarının belirlenmesi gereklidir. Günümüzde bu konuda paket bilgisayar programları hazırlanmış ise de, bu işin büyük bir yakınsaklıkla verilmiş olan sekiz tablo yardımıyla hesaplanması mümkündür. Bu tablolardan Tablo 12.1'den 12.7'ye kadar olanların da sac kalınlığına bağlı olarak alın ve köşe kaynaklarında 1 m. kaynak dikişinin ağırlığı ile kaynak pozisyonu da göz önüne alınarak bu iş için önerilen elektrod çapları belirtilmiştir. Kök ve dolgu pasoları için bu tablolarda bulunan 1 m. dikiş ağırlığı yardımı ile Tablo 12.8'den kullanılan elektrod çap ve uzunluğuna göre gerekli elektrod sayısı hesaplanır. Bu tablo hazırlanırken elektrod sonu artığının (elektrod koçanı) 30 mm. boyunda, sıçrama ve yanma nedeniyle oluşan kayıplarında % 10 olduğu kabul edilmiştir; bu değer uygulamada akım Şiddetine bağlı olarak % 87 ite % 93 arasında değişir.

rtsnde demir tozu içeren elektrodlarda verim daha yüksek olduğundan, bu tablo yardımıyla belirlenen elektrod sayısı, uygulamada daha kk olur. Bu açıdan tablodan bulunan değer verimi % 110-120 olan elektrodların kullanılması halinde 0,8, verimi % 160 olan elektrodların kullanılması halinde de 0.6 düzeltme faktörü ile çarpılır.

Tablo 12.8.- Her bir Kg/m. kaynak dikiş ağırlığındaki elektrod sayısı (Verim % 90 ve artık koçan boyu 30 mm. kabul edilmiştir).

Kaynak dikiş ağırlığı (Kg/m)	Elektrod çapları ve uzunlukları									
	1,5 250	2 250	2,5 250	2,5 350	3,25 350	3,25 450	4 350	4 450	5 450	6 450
0,01	3,8	2,0	1,3	0,9	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1
0,02	7,3	4,1	2,6	1,8	1,1	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2
0,03	10,9	6,1	3,9	2,7	1,6	1,2	1,1	0,8	0,5	0,4
0,04	14,5	8,2	5,3	3,6	2,1	1,6	1,4	1,1	0,7	0,5
0,05	18,2	10,2	6,5	4,5	2,7	2,0	1,8	1,3	0,9	0,6
0,06	21,8	12,3	7,9	5,4	3,2	2,4	2,1	1,6	1,0	0,7
0,07	25,4	14,3	9,2	6,3	3,7	2,9	2,5	1,9	1,2	0,9
0,08	29,1	16,4	10,5	7,2	4,3	3,3	2,8	2,2	1,4	1,0
0,09	32,7	18,4	11,8	8,1	4,8	3,7	3,2	2,4	1,5	1,1
0,10	36,4	20,4	13,1	9,0	5,3	4,1	3,5	2,7	1,7	1,2
0,15	54,5	30,7	19,7	13,5	8,0	6,1	5,3	4,0	2,6	1,8
0,20	72,8	40,9	26,2	18,1	10,7	8,1	7,0	5,4	3,4	2,4
0,25	91,0	51,1	32,8	22,6	13,3	10,2	8,8	6,7	4,3	3,0
0,30	109	61,3	39,4	27,1	16,0	12,2	10,6	8,1	5,2	3,6
0,35	127	71,5	46,0	31,8	18,7	14,2	12,3	9,4	6,0	4,2
0,40	145	81,8	52,5	36,2	21,4	16,3	14,1	10,6	6,9	4,8
0,45	164	92,0	59,1	40,7	24,0	18,3	15,8	12,1	7,7	5,4
0,50	182	102	65,6	45,2	26,7	20,3	17,5	13,4	8,5	6,0
0,55	200	113	72,2	49,7	29,4	22,4	19,4	14,6	9,4	6,6
0,60	218	123	78,8	54,3	32,0	24,4	21,1	16,1	10,3	7,2
0,65	236	133	85,4	58,8	34,7	26,4	22,9	17,5	11,1	7,7
0,70	254	143	92,0	63,3	37,4	28,5	24,6	18,6	12,0	8,3
0,75	273	153	98,5	67,8	40,0	30,5	26,4	20,2	12,9	8,9
0,80	291	164	105	72,2	42,7	32,5	28,2	21,5	13,7	9,5
0,85	309	174	112	76,9	45,4	34,6	30,0	22,6	14,6	10,1
0,90	327	184	118	81,4	48,0	36,6	31,7	24,2	15,4	10,7
0,95	346	194	125	85,9	50,7	38,6	33,5	25,6	16,3	11,3
1,00	364	204	131	90,4	53,4	40,7	35,2	26,9	17,2	11,9
2,00	728	409	262	181	107	81,3	70,4	53,8	34,3	23,8
3,00	1090	613	394	271	160	122	106	80,7	51,5	35,7
4,00	1450	818	480	362	214	162	141	108	68,6	47,6
5,00	1820	1020	525	452	267	203	176	134	85,7	59,5
6,00	2180	1230	788	543	320	244	211	161	103	71,6
7,00	2540	1430	920	633	374	285	246	188	120	83,4
8,00	2910	1640	1050	723	427	325	288	215	137	95,3
9,00	3270	1840	1180	814	480	366	317	242	154	107
10,00	3640	2040	1310	904	534	407	352	269	172	119

ÖRNEK 1.- V kaynak ağızı açılarak 6 mm. kalınlığındaki bir sac levhanın yatay pozisyonunda kaynak edilmesi halinde 1 m. kaynak dikiş için gerekli elektrod miktarının saptanması.

Tablo 12.1'e göre kök pasosu için 350 mm. boyunda, 3,25 mm çapında elektrod kullanılması

koşuluyla 1 m. kaynak dikişinin ağırlığı 0.10 kg olarak bulunur.

Dolgu pasosu için 350 mm. boyunda, 4 mm çapında elektrod kullanılması koşuluyla 1 m. kaynak dikişinin ağırlığı 0,12 kg olarak bulunur.

Tablo 12.8'e göre elektrod miktarı;

0,10 kg = 5,3 adet (φ 3,25 x 350 mm.'lik elektrod)

0,12 kg = 0,10 + 0,2 kg \rightarrow 3,5 + 0,7 = 4,2 adet (φ 4 x 350 mm. elektrod)

ÖRNEK 2.- V kaynak ağzı açılmış 16 mm. kalınlığın da bir sac levhanın kök kısmı alttan da kaynak edilmek koşuluyla yatay pozisyonda kaynak edilmesi halinde gerekli elektrod tüketiminin hesaplanması.

Tablo 12.1'e göre kök pasosu için 450 mm. boyunda 4 mm. çapında elektrod ile kaynak yapılması halinde 1 m. kaynak dikişinin ağırlığı 4,12 kg'dır.

Altan kök paso çekilmesi halinde 4 mm çapında 450 mm.'lik bir elektrod kullanılırsa 1 m. kaynak dikişinin ağırlığı 0,12 kg olur.

Dolgu pasosu için ise 5 mm. çapında 450 mm. uzunluğunda elektrod kullanılırsa 1 m. dikişini ağırlığı 1,3 kg'dır.

Tablo 12.8'e göre' 1 m. dikiş için gerekli elektrod miktarları:

Kök paso : 0,12 = 0,10 + 0,02 \rightarrow 2,7 + 0,5 = 3,2 adet (φ 4 x 450 mm.'lik elektrod)

Altan kök paso : 0,12 = 0,10 + 0,2 \rightarrow 2,7 + 0,5 = 3,2 adet (φ 4 x 450 mm elektrod)

Dolgu pasosu : 1,3 = 1 + 0,3 \rightarrow 17,2 + 5,2 = 22,4 adet (φ 5 x 450 mm elektrod)

NOT: Bu hesaplamalar, normal tür elektrodlar içindir, örneğin; aynı kaynak işlemini % 160 verimli bir demir tozu elektrodla yapılması halinde bu miktarlar 0,6 düzeltme faktörü ile çarpılmalıdır.

Bir metre uzunluğundaki kaynak dikişi için verilmiş olan tablolardan bulunan elektrod sayısı veya kaynak metali ağırlığı birim fiyat ile çarpılarak bir metre uzunluğundaki kaynak dikişi için elektrod giderleri elde edilir.

İşçilik Giderleri

İşçilik deyiminden sadece kaynakçının ücreti değil o kaynak dikişinin yapılmasına katkıda bulunan herkesin ücretinin belirli bir oranda yansması sonucu hesaplanan bir saatlik işçilik ücreti, bir metre uzunluğundaki kaynak dikişine oranlanır. Hesaplama da aşağıdaki bağıntı kullanılır.

$$\text{İşçilik giderleri/metre kaynak} = \frac{I_{\check{g}} \cdot KMA}{EG \cdot \eta_i} \text{ (TL/metre kaynak)}$$

$I_{\check{g}}$: Bir saatlik işçilik gideri (TL)

KMA : Bir metre boyundaki kaynak metali ağırlığı (Kg)

EĞ : Elektrodun erime gücü (Kg/h)

η_i : İşletme faktörü

Elektrik ark kaynağında işletme faktörü % 10- % 50 arasında değişmektedir. Batı standardındaki

işletmede normal koşullarda bu değer % 35 olarak alınabilir.

Elektrik Giderleri

Bir metre uzunluğundaki kaynak dikişi için sarf edilen elektrik giderlerini hesaplanmasında aşağıdaki bağıntı kullanılır.

$$\text{Elektrik Giderleri/ metre kaynak} = \frac{U \cdot I \cdot KMA \cdot 1 \cdot A}{\eta_m \cdot E\check{G} \cdot 1000} \text{ (TL/metre kaynak)}$$

I : Kaynak akım şiddeti (A)

U : Ark gerilimi (V)

η_m : Kaynak makinasının verimi (%)

KMA : Bir metre boyundaki kaynak dikişi ağırlığı (Kg)

EĞ : Erime gücü (Kg/h)

A : 1 kW/h elektrik fiyatı (TL)

13

MALZEMELERİN KAYNAK KABİLİYETİ

Bir üretim yöntemi olarak, kaynak uygulanarak inşa edilmiş bir yapının, üretilmiş bir makina parçasının veya tamir edilmiş hasarlı bir parçanın kullanma emniyeti ve kalitesi sadece kullanılan ek kaynak metalinin türüne ve diğer bir deyim ile seçimine bağlı değildir. Bir kaynak bağlantısının özeliğine etkiyen faktörlerin en önemlisi kaynak işlemi sırasında oluşan yüksek sıcaklığın yerel dağılımı ve değişimi karşısında metalin davranışdır.

Pek az istisnası ile hemen hemen bütün kaynak yöntemleri, kaynak edilen metelsel malzemenin kaynak bölgesinin yerel olarak erime veya metalin solidüsüne yakın bir sıcaklığa kadar ısıtılmasını gerektirir. İşte böyle bir sıcaklığa kadar ısıtmayı izleyen soğuma, metalde içyapı değişikliklerine neden olduğu gibi, yüksek sıcaklık, kaynak metal, cüruf, esas metal ve ortam atmosferi arasında bir takım kimyasal reaksiyonların oluşmasını da kolaylaştırır.

Bütün eritme kaynak yöntemleri temel olarak bir döküm işlemi andırır. Kaynak metal, elektrik arkı veya gaz alevinin yüksek sıcaklığı karşısında erir ve daha önceden hazırlanmış olan kaynak ağız içine dökülür, bu arada kaynak ağzının kenar yüzeyleri de bir miktar erir ve dolayısı ile erimiş kaynak metal ve esas metal karışarak kaynak ağız içinde katılaşır. Bu işlem sırasında, kaynak edilen malzemelerin kaynak dikşisine bitişik kısımlarında, metalin erime sıcaklığından ortam sıcaklığına kadar, değişik sıcaklık derecelerinde ısınmış bölgeler ortaya çıkar. Böylece malzemeye sıcaklık derecesi kaynak işlemi için belirlenmiş, bir ısı çevrim uygulanmış olur.

Olay özellikle çelik malzemeler için çok önemlidir. Bu ısı çevrimlerin tepe sıcaklıklarına ve soğuma hızlarına göz atarsak, bunlar içinde çeliğin normalizasyon, temperleme, su verme ve yeniden billurlaşma tavlamlarına karşı gelenlerin bulunduğunu görürüz. Bu tür ısı işlemler sonucunda çeliğin içyapısının ve buna bağlı olarak mekanik özelliklerinin de ne denli değiştiği her mühendis tarafından çok iyi bilinen bir konudur. Bu olaydan ötürü kaynak bölgesinde, çeşitli ısı işlemler görmüş ve dolayısı ile mekanik özellikleri ve içyapısı gerek esas metal ve gerekse kaynak metalinden farklı değişik bölgeler ortaya çıkar. Farklı özelliklerdeki bu bölgelerde, tüm yapının zorlanması halinde, gerilme ve şekil değişiminde olduğu gibi korozyona dayanıklılıkta da esas metalden farklı davranışlar görülür.

Sıcaklığın reaksiyonlar üzerine olan etkisi bilinen bir gerçektir; genel olarak bütün reaksiyonların oluşum ve gelişim hızı ile metallerin birbirleri içinde çözülme kabiliyeti yükselen sıcaklıkla artar; örneğin, çökeltme sonucu elde edilmiş olan bir takım özellikler yüksek sıcaklıklarda kaybolur.

Şu halde genel olarak kaynak işlemi, gerektirdiği yüksek sıcaklık derecesi dolayısı ile metalin içyapısına ve bazı hallerde de kimyasal bileşimine etki etmekte ve sonuçta malzemenin özellikleri değişmektedir.

Az alaşımlı, yüksek mukavemetli modern yapı çeliklerinin cazip mekanik özellikleri bütünü ile içyapılarının etkisi altındadır. İçyapı genel olarak hassas bir biçimde ayarlanmış kimyasal bileşim, dikkatli bir şekilde planlanmış bir ısıtma işlemi veya bazı hallerde de bir mekanik işlem ile kontrol altına alınabilir. İşte az alaşımlı, yüksek mukavemetli yapı çelikleri bu faktörlerin optimizasyonu ile elde edilmişlerdir.

Kaynak yapılan bir parçada, kaynak bölgesini, erime bölgesi ve ısının tesiri altında kalan bölge (ITAB) olmak üzere iki bölümde inceleyebiliriz.

Erime Bölgesi

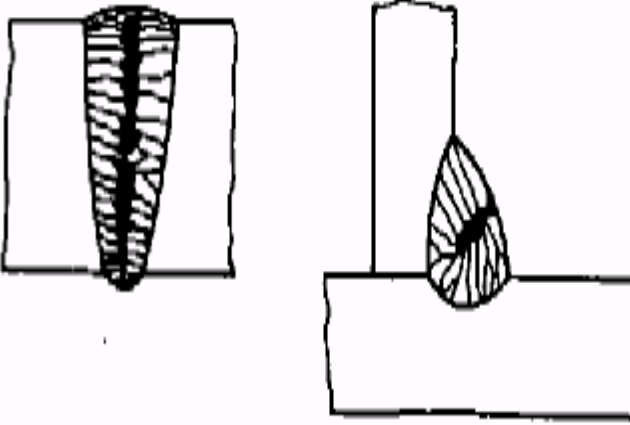
Bir kaynak dikişinin kesiti, metallografik olarak incelendiğinde erimiş olan bölgeyi sınırlayan erime çizgisi gayet belirgin bir şekilde görülür. Metalin solidüsünden daha yüksek bir sıcaklık derecesine kadar ısınmış olan erime bölgesi kimyasal bileşim olarak esas metal ve ek kaynak metali (elektrod metali) karışımından ibarettir. Karışım oranı, her pasoda farklı olduğundan, her pasonun kimyasal bileşimi de birbirlerinden farklıdır. Tek pasolu kaynak dikişlerinde, bu bölgede esas metal ve kaynak metali, kaynak banyosundaki şiddetli türbülansla iyice karışmıştır ve oldukça homogen bir bileşim gösterir. Buna karşın çok pasolu kaynaklarda, her pasonun esas metalle karışma oranı farklıdır. Örneğin; kalın parçaların çok pasolu kaynak dikişlerinde, orta kısımlarda, esas metale rastlanmayabilir.

Erime bölgesinde esas metalin kaynak metaline oranı, uygulanan kaynak yöntemi ve paso sayısına bağlı olarak geniş bir aralık içinde değişir.

Erime bölgesinde, esas metal ve kaynak metali oranı tam olarak bilinse dahi hesap yolu ile erime bölgesinin bileşiminin belirlenmesine olanak yoktur, çünkü birçok alaşım elementleri kaynak anında yanma dolayısı ile kayba uğrarlar. Bu kayıpları azaltmak için kaynak bölgesi, kaynak süresince atmosferin etkisinden korunur. İyi bir kaynak bağlantısı, kaynak bölgesinin atmosferin etkisinden korunması ile elde edilebilir; zira oluşan kimyasal ve metalürjik reaksiyonlar ancak bu şekilde kontrol altına alınabilir.

Oksijenle olan reaksiyonları kontrol için erime bölgesine çeşitli yöntemlerle (örtüye, toza, tele katılarak) dezoksidasyon maddeleri ile alaşım elementleri katılır. Bu bölge ayrıca, bir cüruf örtüsü veya oluşturulan kontrollü bir atmosferle de korunur.

Sıvı haldeki metal içinde atomlar birbirleri arasında hareket serbestisine sahiptirler. Soğuma sırasında; sıcaklık, metal veya alaşımın katılma noktasına kadar düşünce, atomların kristal kafesleri meydana getirmek üzere birleşmeleri ile çekirdek oluşur. Bu sırada metalden ısı çekilir ve soğutmaya devam edilirse, çekirdekler taneleri oluşturmak üzere yeni atomların ve kristal kafeslerin ilavesi ile büyümeye devam eder. Katılma anında ortaya çıkan erime ısı doğrudan soğuma hızını etkileyerek tanelerin fazla büyümesini önler. Tanelerin büyüebilmesi için ısının sürekli olarak metalden çekilmesi gereklidir. Kaynak halinde ısının büyük bir kısmı erime bölgesinden kondüksiyonla esas metale iletilir, dolayısı ile soğuma yönünde paralel, oldukça iri silindirik taneler oluşur.



Şekil 13.1.- Bir alın ve köşe birleştirmesinde segregasyon bölgesi (siyah olarak gösterilen kısımlar).

Özellikle kalın parçaların, tek paso ile yapılmış kaynak dikişlerinde, bu iri silindirik tanelerin birleştiği orta kısımlarda gayri safiyet elementleri ve kalıntıların segregasyonuna rastlanır; bu olay, bu tür dikişlerin zayıflamasına neden olur.

Isının Tesiri Altında Kalan Bölge

Metalsel malzemeler bir kaynak işlemi gördükleri zaman, kaynak dikişine bitişik olan bölge, kaynağa uygulanmış olan sıcaklık derecesinin, daha doğrusu ısı çevrimin etkisi altında kalır. Yüksek mukavemetli yapı çeliklerinde bu ısı çevrim, çeliğin eldesi esnasında görmüş olduğu ısı çevrimlerden farklı olduğundan, ortaya içyapısı, buna bağlı olarak da mekanik özellikleri farklı bir bölge ortaya çıkar.

Erime çizgisinin esas metal tarafında, kaynak sırasında uygulanmış olan ısının oluşturduğu çeşitli ısı çevrimlerden etkilenmiş ve dolayısı ile içyapı değişimine uğramış bir bölge vardır; bu bölgeye, ısının tesiri altında kalan bölge adı verilir (ITAB).

Isının tesiri altında kalan bölge kaynak metali ile esas metalin birleştiği sınırdan başlayarak, kaynak işlemi anında sıcaklığın içyapıyı, dolayısı ile metalin özelliklerini etkilediği bölgedir.

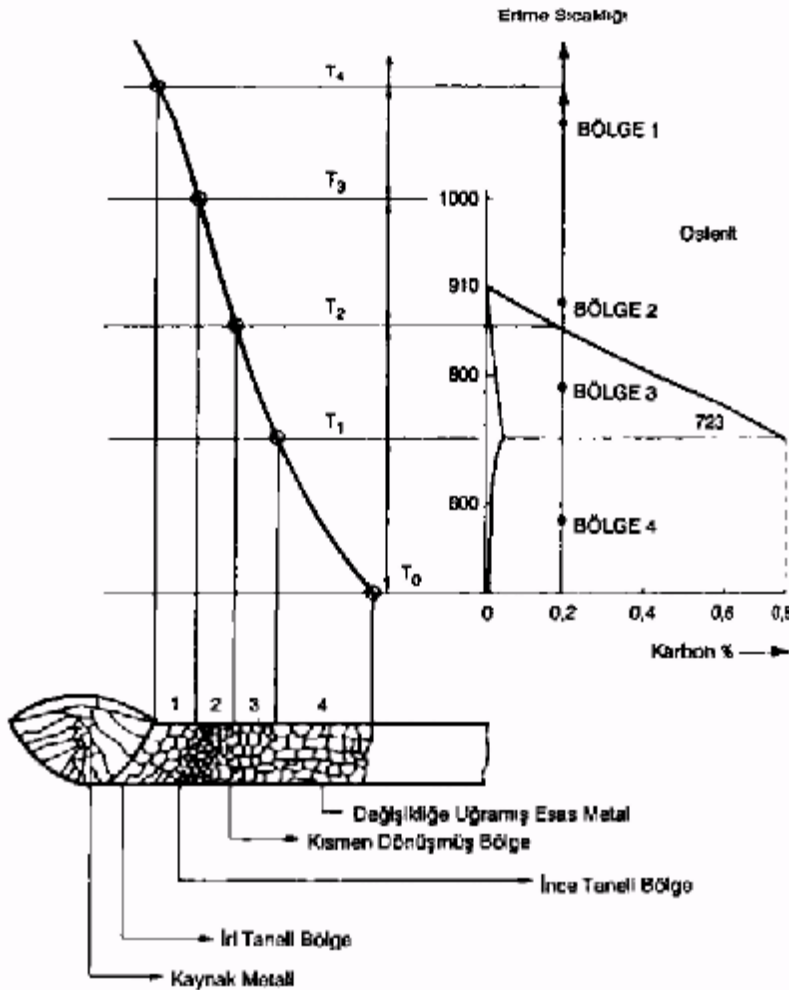
Çeliklerin kaynağında, bu bölgede sıcaklık 1450 - 700 °C arasında değişmektedir; burada erişilen maksimum sıcaklığa bağlı olarak çeşitli içyapı ve özellik gösteren bölgeler görülür. °C

Bu bölgede erişilen maksimum sıcaklık derecesi, kaynak dikişi eksenine olan uzaklığın ve sıcaklık değişimi de zamanın fonksiyonu olarak bilinirse; kaynak işlemi sonunda oluşabilecek içyapı, esas metalin özellikleri ve bileşimi göz önünde tutularak bir dereceye kadar önceden tahmin edilebilir. Kaynak sırasında ısının tesiri altında kalan bölge hızlı bir şekilde ısınmakta ve sonrada parça kalınlığı, kaynağa uygulanan enerji ve ön tav sıcaklığının fonksiyonu olarak gene hızlı bir biçimde soğumaktadır. Çeliğin bileşimine göre bu

soğuma hızı, kritik soğuma hızını aştığında, genellikle 900 °C'nin üstündeki bir sıcaklığa kadar ısınmış bölgelerde sert, dolayısı ile de kırılgan bir yapı elde edilir. Genellikle, ısının tesiri altında kalan bölge diye adlandırılan bu bölge kaynak bağlantısının en kritik bölgesidir ve birçok çatlama ve kırılmalar bu bölgede oluşur.

Çeliklerin kaynağında ısının tesiri altında kalan bölge içyapıdaki tane büyüklüğü bakımından şu değişik bölgeleri gösterir:

- İri taneli bölge,
- İçin taneli bölge,
- Kısmen dönüşmeye uğramış bölge,
- İçyapı değişikliğine uğramamış bölge.



Şekil 13.2.- Çeliklerde sıcaklığın ITAB'de mikroyapıya etkisi (şeklin sağ tarafında kısmî Fe-C dengeli diyagramı görülmektedir).

Bütün eritme kaynak yöntemlerinde özellikle, elektrik ark kaynağında soğuma hızı; sertleşme eğilimi fazla olan çeliklerde, gereken önlemler alınmadığı zaman, ısının tesiri altında kalan bölgede, martenzit adı verilen, çeliğin su verme işleminden sonraki sert halini belirten yapının oluşumunu sağlayacak şiddettedir. Kaynak metali için yani erime bölgesi için böyle bir tehlike yoktur; zira elektrod üreticileri tarafından, kaynak metalinin bileşimi, hızlı soğuma halinde dahi sertleşme oluşturmayacak şekilde ayarlanmıştır.

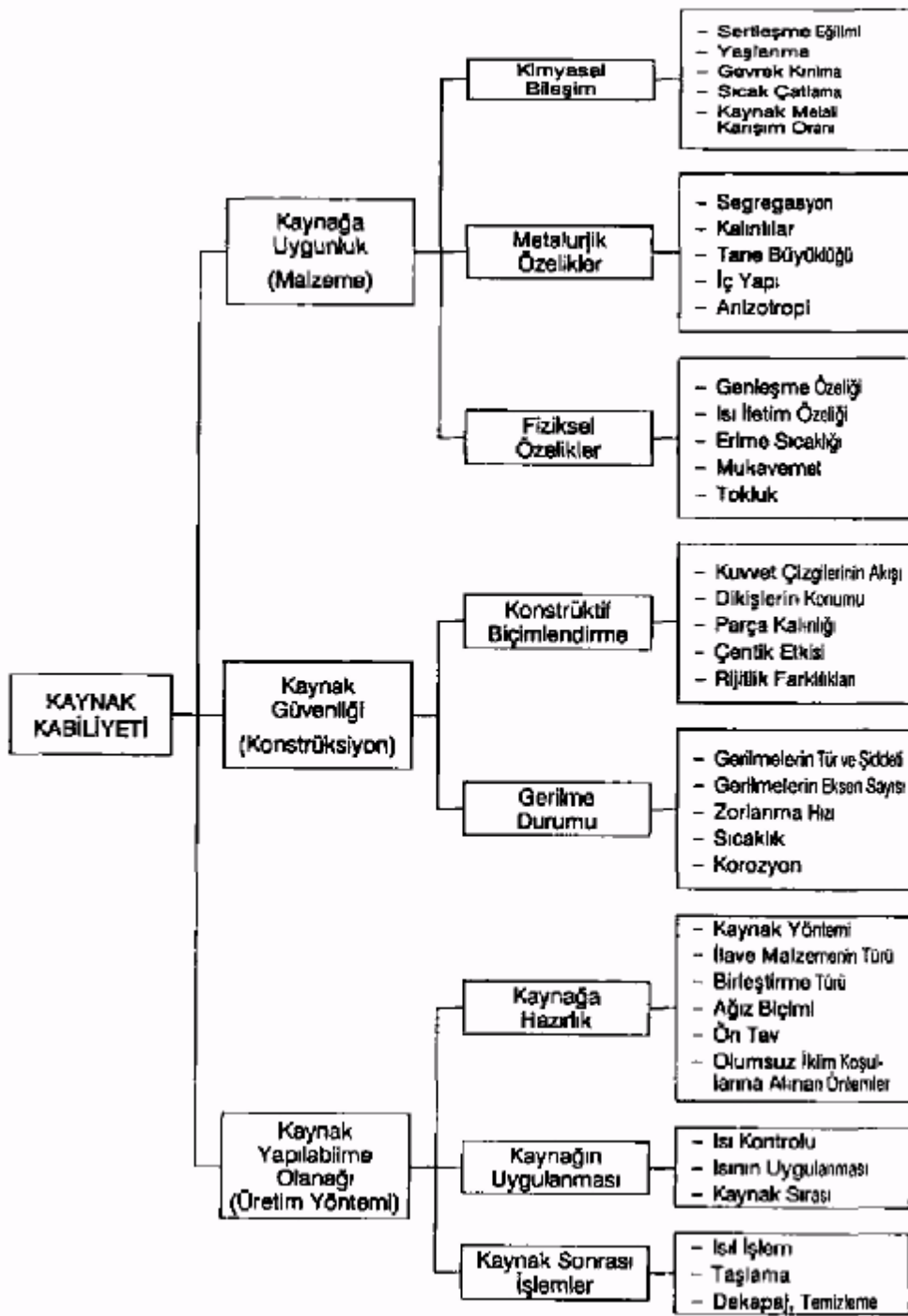
Isının tesiri altında kalan bölgede sert ve kırılğan bir yapının ortaya çıkması, soğuk çatlakların oluşmasına neden olmaktadır. Kaynaktan sonra ortaya çıkan iç-gerilmelerin, çatışma koşullarındaki zorlamaların ve kaynak banyosundan yayılan hidrojenin etkilerinin birbiri üzerine çakışması ve sertleşen bölgenin plastik şekil değiştirme özeliğinin olmaması nedeni ile kılcal çatlaklar oluşmaktadır. Genellikle yüzeyden görülmeyen bu çatlaklar, zamanla kritik büyüklüğe erişince, hiç beklenmedik bir anda ve büyük bir hızla (çelik içerisindeki ses hızının yaklaşık 1 /3'ü kadar) parçanın kaynak dikişine paralel olarak boydan boya kırılmasına neden olur. İkinci Dünya Savaşı devam ederken ABD'de inşa edilmiş Liberty tipi şileplerin büyük bir bölümü bu gevrek kırılma olayının kurbanı olmuş ve gemiler aniden iki parçaya bölünerek batmıştır. Bu çatlaklar genellikle erime çizgisine çok yakın olduklarından (esas metal tarafında) bazen bir birleşme hatası gibi değerlendirilir ve kusur kaynakçıya veya kaynak metaline yüklenir. Ancak, bu olayda gerçek neden çeliğin sertleşmeye olan eğilimidir. Sertleşen çelikler ancak özel önlemler alınarak kaynak edilmelidirler.

Bir metelsel malzeme, şayet ısının tesiri altında kalan bölgedeki özellikleri fazla miktarda tahribe uğramamışsa kaynağa uygun olarak kabul edilebilir. Bazı hallerde bu bölgenin özelliklerinin korunması bakımından, özel önlem ve yöntemlere gerek duyulabilir; işte bu gibi durumlarda malzemenin kaynak kabiliyeti özeliğinin incelenmesi gerekir.

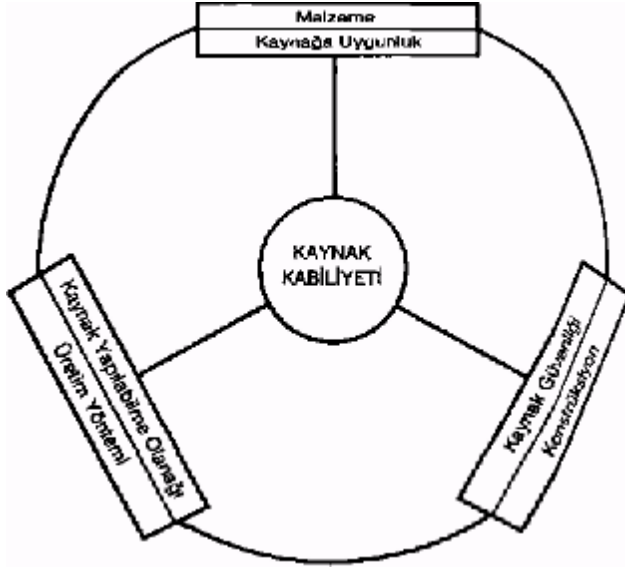
Kaynak kabiliyeti kesin ve kantitatif olarak ifade edilemeyen, kompleks bir anlamı olan bir özelliktir. Milletlerarası Kaynak EnstİTÜsünün IX no'lu komisyonu kaynak kabiliyetini şu şekilde açıklamaktadır:

"Bir metelsel malzeme, verilen bir yöntem ile bir dereceye kadar kaynak edilebilir; uygun bir yöntem uygulanarak metalik bağlantı elde edildiği zaman, bağlantı yerel özellikleri ve bunların konstrüksiyona etkisi bakımından, belirlenmiş bulunan özellikleri sağlamalıdır."

Açıklamadan da görüldüğü gibi kaynak kabiliyeti yalnız malzemeye ait bir özellik değildir, aynı zamanda kaynak yöntemine ve konstrüksiyona da bağlıdır. Bir malzeme bir kaynak yönteminde gayet iyi bir kaynak kabiliyeti göstermesine rağmen diğer bir yöntemde zayıf bir kaynak kabiliyetine sahip olabilir. Örneğin, alüminyum ve paslanmaz çelikler oksii-asetilen yönteminde zayıf bir kaynak kabiliyeti göstermelerine karşın gazaltı (MIG-TIG) yönteminde iyi bir kaynak kabiliyetine sahiptirler.



Şekil 13.3.- DIN 8528'e göre kaynak kabiliyetini etkileyen faktörlerin şematik gösterilişi.



Şekil 13.4.- Kaynak kabiliyetinin malzeme, üretim yöntemi ve konstrüksiyona bağlılığının gösterilmesi (DIN 8528).

Bir metalsel malzeme yüksek derecede kaynak kabiliyetine sahiptir denildiği zaman, özel önlemlere başvurmadan, tatminkâr bir kaynak kalitesinin elde edilebileceği anlamı ortaya çıkmaktadır.

Kaynak kabiliyeti derecesini belirten özellikler, yukarıda da belirtilmiş olduğu gibi malzemeye ve konstrüksiyona ve kaynak yöntemine bağlı olarak değişir, iyi bir kaynak kabiliyeti derecesinde, kaynak bölgesinin mekanik ve kimyasal özellikleri mümkün olduğu kadar esas metale yaklaşmış olmalıdır.

KARBONLU VE AZ ALAŞIMLI ÇELİKLERİN KAYNAĞI

Çağımız endüstrisinde en yaygın kullanılan metalsel malzeme demir esaslı alaşımlardır ki bunların içinde çelikler çok önemli bir yere sahiptirler. Çelikleri bu kadar önemli kılan özellik, çok çeşitli alaşım yapabilmeye olanağının yanı sıra ısı işlemler yardımı ile de farklı özellikler kazanabilmeleridir. Bilindiği gibi bir çelik su verilerek sertleştirildiğinde normal durumdaki aynı bileşimdeki çeliği rahat bir şekilde işleyecek takım malzemesi olarak kullanılabilir.

Endüstri devriminin başlangıcından bugüne kadar özellikleri ve bileşimleri farklı yaklaşık 4000 çelik türü geliştirilmiştir; ısı işlemler yardımıyla aynı çelikte elde edilen farklı özellikler de hesaba katılırsa ne denli geniş bir spektrumun ortaya çıktığı görülür.

Saf metallerin çoğu katı halde iken, yalnız bir tek kristal yapıya sahiptirler; bazı metaller ise, katı halde, değişik sıcaklıklarda farklı kristal yapı gösterirler. Allotropi adı verilen bu özelliğe demirde de rastlanır; saf demir 910 °C'nin altında sıcaklıklarda α fazında hacim merkezli kübik kristal kafese, 910 – 1392 °C sıcaklıkları arasında α' fazında yüzey merkezli kübik kristal kafese, 1392 -1536 °C arasında da γ fazında, yine hacim merkezli kübik kristal kafese sahiptir. Saf demir halinde bu dönüşümler sabit sıcaklıklarda oluşur, çeliklerde yani, alaşım elementi içeren demir halinde ise bu dönüşümler bir sıcaklık aralığında oluşmaktadır.

Kaynak işleminde, genellikle metal önce likidüsün üstünde bir sıcaklığa kadar ısıtılmakta ve sonra

soğutulmaktadır. Dolayısı ile çeliklerin kaynağında, kaynak bölgesinde, yukarıda belirtilmiş olan dönüşümler sıra ile oluşacaktır. Isıtıldıktan sonra soğuma yavaş bir şekilde gerçekleştiğinde elde edilen yapı tane büyüklüğünün dışında, ilk yapının aynıdır; ancak, soğumanın hızlı olması hallerinde, çeliğin kaynağını etkileyen çok önemli durumlar ortaya çıkar.

Demir-karbon diyagramı üzerinde değişik oranlarda karbon içeren çeliklerin, ısıtılma ve dengeli bir şekilde yavaş soğutulmalarında oluşan dönüşümleri ve bunun sonucunda ortaya çıkan yapıları kolaylıkla görebiliriz (Şekil 13.5).

Ostenitizasyon sıcaklığına kadar ısıtılmış, ötektoid bileşimde (% 0.8 C) bir çelikte, ostenit denge koşullarını her an koruyabilecek bir yöntemle soğutulduğunda, tamamen perlit tanelerinden oluşan bir iç yapı elde edilecektir. Dönüşüm 723 °C'de gerçekleşecek ve ısıtma halinde ise bu olayın tam tersi cereyan edecektir.

Ötektoid altı bir çelik (< % 0.8 C) ostenitizasyon sıcaklığından itibaren aynı şekilde soğutulduğunda GOS çizgisine erişildiği anda, ostenitin tane sınırlarında ferrit çekirdekleşmeye başlayacaktır. Sıcaklık azaldıkça bu çekirdekler irileşecek ve ferrit taneleri oluşturacaktır. Çeliğin bileşimine göre ferritin, oluşma hızı ve miktarı, soğuma hızı ile ilgilidir. Sıcaklık A1 'e yani 723 °C'ye düştüğü zaman, kalan ostenit % 0.8 C içerir ve tamamı perlite dönüşür. Sonuçta ferrit ve perlit tanelerinden oluşan bir içyapı elde edilir. Isıtma halinde ise bu olayın tamamen tersi görülür ve perlit taneleri sıcaklık 723 °C'ye erişince tamamen ostenite dönüşür.

sıcaklık SK çizgisine yani 723 °C'ye düşüncüye kadar devam eder. Ayrışmanın hızı, çeliğin karbon miktarına ve soğuma hızına bağımlıdır. Şöyle ki sıcaklık 723 °C'ye düştüğünde kalan ostenit % 0.8 C içerir ve bu sıcaklıkta tamamen perlitte dönüşür. Sonuçta bir sementit ağı ile çevrilmiş perlit tanelerinin oluşturduğu bir içyapı elde edilir.

Kaynak açısından en önemli nokta bazı tür çeliklerde görülen yüksek sıcaklıktan itibaren hızlı soğuma sonucunda ortaya çıkan sertleşmedir. Çeliğin bileşimine ve soğuma hızına bağılı olarak 64 HRC'ye kadar çıkabilen bu sen" yapıya martenzit adı verilmektedir. Martenzit çok sert ve kırılığandır. Sertliği ise içerdiği karbon miktarına bağılıdır. Uygulamada en yüksek sertlik % 0,7 – 0,8 C içeren çeliklerde görülmektedir. Martenzitik yapının gelişmesinde karbonun yanı sıra en önemli etken soğuma hızıdır. % 0,3'den daha fazla karbon içeren çelikler ancak yüksek sıcaklıktan itibaren suyun içine atılarak soğutuldukları zaman sertleşme göstermelerine karşın alaşım elementi içeren çeliklerde çok daha yavaş soğuma sonucunda da sert ve kırılığın martenzitik yapı elde edilebilmektedir.

Kaynak işleminde genellikle metal önce erime sıcaklığının üstünde bir sıcaklığa kadar ısınmakta sonra da soğumaktadır. Yapılan deneyler ve ölçümler kalın bir çelik parça üzerinde kaynak bölgesinin soğuma hızının yüksek sıcaklığa kadar ısıtılmış ve suya atılarak soğutulan bir parçanın soğuma hızına eşdeğer olduğunu göstermiştir. Bu bakımdan belli bir miktarın üstünde karbon ve alaşım elementi içeren çeliklerin kaynak bölgesinde böyle bir sert ve gevrek yapının ortaya çıkacağı açıkça görülebilen bir olaydır.

Kaynak elektroda üreticileri, elektrod metalinin bileşimini o denli ayarlamışlardır ki, eriyen esas metal ile bir miktar karışmasına rağmen, soğuma sonucunda eriyen bölgede bir sertleşme görülmez, buna karşın erime bölgesine bitişik olan esas metalde bu kısım yüksek sıcaklığa kadar ısınmış ve soğumuş olduğundan bir sertlik yükselmesi ile karşılaşır. Buradaki sertleşmeye etki eden en önemli faktör esas metalin bileşimidir. Özellikle karbon ve mangan alaşımısız çeliğin sertleşme kabiliyetini etkileyen en önemli iki elementtir. Alaşımısız çelikleri hiçbir önlem almadan kaynak edebilmek için maksimum karbon içeriği hakkında çok çeşitli görüşler vardır. Örneğin; İsveç'te gazı alınmış çeliklerde maksimum karbon miktarı % 0,25, gazı alınmamış çeliklerde (kaynar dökülmüş) % 0,22 olarak öngörülürken, A.B.D.'de bu sınır değer için % 0,30'a kadar müsaade edilmektedir.

Az alaşımılı çelikler halinde çeliğin bileşiminde bulunan krom, molibden, vanadyum, mangan gibi alaşım elementleri daha az karbon içeriği halinde dahi ısının tesiri altında kalan bölgede (ITAB) sertleşme oluşmasına yardımcı olmaktadır. ITAB'de ortaya çıkan bu sert ve gevrek yapıda, hemen kaynak sonrası bir takım çatlakların oluşmasının yanı sıra kaynaklı bağlantı kullanım esnasında en ufak bir şekil değiştirme zorlamasına maruz kaldığında da aniden gevrek olarak kırılmakta ve büyük hasarlara neden olmaktadır.

Uluslararası Kaynak Enstitüsü'nün Kaynak Kabiliyeti Komisyonu, çatlama karşı bir emniyet olarak ITAB'de sertliğin 350 HV'i aşmamasını önermektedir. Sertleşme özeliğine sahip çelikler halinde ITAB'nin sertliğini düşürmek için en emin yol parçaya kaynaktan önce bir ön tavlama uygulamak ve bu sıcaklık derecesinde kaynağı yapmaktır; bu şekilde soğuma hızı da, kritik soğuma hızından daha yavaş bir hızla

düşürülmektedir. Birçok kitap yazarlarınca önerilen ikinci bir yöntem de parçaya kaynaktan sonra bir normalizasyon tavlaması uygulamaktadır. Bu şekilde parça normalize edilmiş olduğundan ITAB'de martenzite rastlanmaz.

Bu ikinci yöntem martenzitin yok edilmesi açısından çok emin bir yol olmasına karşın, özellikle basınçlı kaplar gibi, kalıcı gerilmelerin şiddetli olduğu hallerde uygulanması doğru değildir. Zira birincil soğuk çatlaklar martenzit oluşuktan sonra soğuma hızı ve kalıcı gerilmelerin şiddetinin etkisi ile oluşmaktadır. O halde kaynaktan sonraki ısıtma işlemi bu çatlakları yok edici bir etkisi yoktur. Ancak, işletme anında doğabilecek çatlaklara yararı vardır; bu neden ile öntavlama, çeliğin bileşiminin bir ısıtma işlemi gerektirdiği hallerde şarttır; gerekirse emniyeti arttırmak açısından bir de normalizasyon tavlaması yapılabilir.

Kaynakta çeliğin sertleşme eğilimini belirten bir değer sayısının bulunması buna bağlı olarak uygulanacak öntav sıcaklığını belirten bir formülün elde edilmesi için birçok teorik ve uygulamalı çalışmalar yapılmıştır. Bütün bu çalışmalara dayanarak uygulama da çok kolay bir biçimde sonuca giden bir çözüm geliştirilmiştir. Karbon eşdeğeri olarak adlandırılan bu çözümde çeliğin bileşiminde var olan alaşım elementlerinin miktarları bir formülde yerlerine konarak bir değer hesaplanır ve bu değere bağlı olarak da öntav sıcaklığı seçilir.

Karbon eşdeğerinin hesaplanması konusunda, literatürde çok değişik formüllere rastlanılmaktadır. Bunlar salt bilimsel açıdan düşünüldüğünde, ne çelikleri sınıflandırmak için kriter olabilmekte ve ne de kaynak kabiliyetinin bir ölçüsü olarak kullanılabilirler. Ancak, uygulamada kullanılabilen ve doyurucu sonuçlar veren ampirik bağıntılardır.

Bugün en fazla kullanılan karbon değeri formülleri şunlardır:

1- Dearden ve HO. Neill karbon eşdeğeri formülü:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{5}$$

2- Kibara, Suzuki ve Tamura'nın geliştirdiği karbon eşdeğeri formülü:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}$$

3- B.J. Bradstreet'e göre karbon eşdeğeri formülü:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Cr}{10} + \frac{Mo}{10} + \frac{V}{10} + \frac{Ni}{15}$$

4- Societe National de Chemin de Fer (Fransa)'in kullandığı karbon eşdeğeri formülü:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{P}{2} + \frac{Cr}{5} + \frac{Cu}{13} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15}$$

5- K. Winterton'a göre karbon eşdeğeri formülü:

$$C_{eş} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{10} + \frac{Cu}{40} + \frac{Ni}{20} + \frac{Mo}{50} + \frac{V}{10}$$

6- Uluslararası Kaynak EnstİTÜsü'nün (IIW) IX No'lu Komisyonuna (Kaynak Kabiliyeti Komisyonu) göre karbon eşdeğeri formülü:

$$C_{eş} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{5} + \frac{V}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{15}$$

Görüldüğü gibi, bütün formüllerde, karbon ve kısmen mangan haricindeki bütün elementlerin etkinlikleri farklı öngörülmektedir. Bu da yukarıda belirtilmiş olan hususları açık bir şekilde kanıtlamaktadır.

$C_{eş}$ formüllerinin geçerli olabilmesi için çelikteki alaşım elementleri sınırı şu şekildedir:

$$C \leq \% 0,5; Mn \leq \% 1; Cr \leq \% 1; Ni \leq \% 3,5; Mo \leq \% 0,6$$

Bir yapı çeliğine uygulanacak öntavlamayı karbon eşdeğeri ile belirten birtakım formüller varsa da en garantilişi hiç formül kullanmadan aşağıdaki tavlama değerini uygulamaktır:

KARBON EŞDEĞERİ (%)	ÖNTAVLAMA SICAKLIĞI (°C)
0.45'ten küçük	Normal atmosfer koşullarında gerek yoktur
0.45 ilâ 0.60	100 ilâ 200
0.60'tan büyük	200 ilâ 350

Görüldüğü gibi karbon eşdeğeri tamamen çeliğin bileşimi ile ilgili olup, kaynağa uygulanan enerji, kaynak ağız formu, parçanın geometrisi ve kalınlığı ile ilgili faktörleri içermemektedir. Bunlar, soğuma hızını birinci derecede etkileyen ve dolayısı ile ısının tesiri altında kalan bölgede oluşan içyapıyı da belirleyen faktörlerdir. Örneğin; 20 mm kalınlığında ve karbon eşdeğeri % 0,45 civarında olan bir çelik öntavlama yapılmadan kaynak edildiğinde, IIW tarafından kritik sertlik derecesi diye kabul edilen 350 HVden daha sert bir ısının tesiri altında kalan bölge göstermektedir. Aynı parça 100 °C'lik öntavlama uygulanarak kaynatıldığında, ısının tesiri altında kalan bölgenin sertliği, hemen kritik sertlik değerinin altına düşmektedir. Bu olayı göz önünde bulundurarak Daniel Seferian, parça kalınlığının, soğuma hızına olan etkisini de içeren bir öntavlama sıcaklığı tespit formülü önermektedir; buna göre öntavlama sıcaklığı şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$T_{\text{önlav}} = 350 \sqrt{C'_{eş} - 0.25}$$

$$C'_{eş} = C_{eş} (1 + 0.005 d),$$

d: mm olarak sac kalınlığı

Yalnız bu formülde Seferian kendi geliştirdiği ve yukarıda diğer karbon eşdeğeri formülleri arasında bahsedilmemiş olan şu karbon eşdeğeri ifadesini kullanmaktadır.

$$360 C_{eş} = 360 C + 40 (Mn + Cr) + 20 Ni + 28 Mo$$

Sadece bir yaklaşım olan kaynak eşdeğerinin kullanılması halinde riskleri ortadan kaldırmak için, kaynak öncesi yapılması gereken öntavlamanın sıcaklık derecesi, aşağıda belirtilmiş olan durumlarda, verilmiş olan değerlerin üst sınırlarında seçilmeli ve hatta gerekirse özel durumlarda bu sınırlar da aşılmalıdır.

- Esas metal bir Thomas çeliği veya gazı alınmamış bir çelik ise,
- Çeliğin yapısı kaba taneli ise,
- Kaynatılan parça büyük ve karışık şekilli ise,
- Parça kalınlığı büyük ise,
- Kaynak yaparken az enerji uygulamak gerekiyorsa; örneğin: İçin çaplı
- Elektrod ile kaynak yapılıyorsa,
- Kullanılan kaynak metali yeteri derecede tok değilse; örneğin: Bazik karakterli elektrod kullanılmıyorsa,
- Kaynak işleminin yapıldığı yerin sıcaklığı çok düşük ise,

Görüldüğü gibi karbon eşdeğeri, sadece çeliğin bileşimini kapsamakta buna karşın soğuma hızını birinci derecede etkileyen kaynak ısı girdisi, ağız formu, parçanın geometrisi ve kalınlığı ile ilgili faktörleri içermemektedir. Bu konuda çeşitli ampirik formüller literatürde varsa da $C_{eş}$, elektrod çapı (ısı girdisi), parça kalınlığı, ağız formuna göre uygun öntav sıcaklıkları Tablo 13.1'de verilmiştir.

Sertleşme eğilimi olan ve karbon eşdeğeri % 0.45'ten büyük olan çeliklerin emniyetle kaynatılabilmesi için kaynak sırasında şu konulara özen gösterilmelidir:

- Uygun seçilmiş bir öntavlama sıcaklığı tüm parçaya uygulanmalıdır,
- Bütün kaynak işlemi süresi için bu sıcaklığın aynı kalmasına dikkat edilmelidir.
- Kurutulmuş bazik karakterli örtülü elektrod kullanılmalıdır.
- Parçaya bir gerilme giderme tavlama uygulanacaksa olabildiğince kaynaktan hemen sonra parça soğumadan fırına konmalı ve tavlamadan sonra (600 - 650 °C'de her 25 mm. kalınlık için iki saat) fırında 300 °C'ye kadar soğuduktan sonra çıkarılmalı ve sakın havada soğumaya terk edilmelidir.

Kaynak işlemi sırasında, örtüsü rutubet kapmış elektrod ile çalışmak veya çok rutubetli bir ortamda kaynak yapmak sonucunda kaynak banyosu hidrojen kapabilir. Bu hidrojen ITAB'ye difüzyonla geçerek, sertleşen yapıda çok tehlikeli dikiş altı çatlaklarına neden olur. Dolayısı ile sertleşmeye eğilimi olan çeliklerin kaynağında, çok iyi kurutulmuş bazik karakterli elektrod kullanmak gereklidir. Depolarda uzun süre beklemiş elektrodlar ambalajları açılmamış dahi olsalar kullanmadan önce mutlaka kurutulmalıdır.

Çelikleri, sıcaklık ve zaman karşısında davranışlarını göz önünde tutarak, kaynak kabiliyeti bakımından şu şekilde sınıflandırabiliriz:

•• **İyi Bir Kaynak Kabiliyetine Sahip Olan Çelikler:** Bilinen alışılmış kaynak yöntemleri ile hiçbir önlemleri gerektirmeden kaynak edilebilirler ve ITAB'lerinde tane büyümesi dışında bir yapı değişikliği ve sertleşme oluşmaz. Bu özellik genellikle karbon eşdeğeri % 0,45'ten küçük olan çeliklerde

vardır.

• **Orta Derecede Kaynak Kabiliyetine Sahip Olan Çelikler:** Bu gruba giren çeliklerde emniyetli bağlantılar elde edebilmek için, kaynak yöntemi ve malzemesi özenle seçilmeli; uygun bir öntavlama yapılmalı ve gerekli hallerde kaynaktan sonra gerilme giderme tavlaması uygulanmalıdır. Bu gruba giren çeliklerin karbon eşdeğeri % 0.45 ilâ 0.60 arasındadır.

Tablo 13.1.-Karbon Eşdeğeri, Elektrod Çapı, Parça Kalınlığı, Ağız Türüne Göre Uygulanması Önerilen Öntav Sıcaklıkları

Çeş	Elektrod Çapı (mm)	Öntav Sıcaklığı °C							
		Parça Kalınlığı/Alın Dikliği				Parça Kalınlığı/İç Köşe Dikliği			
		6 mm	12 mm	25 mm	50 mm	6 mm	12 mm	25 mm	50 mm
0,35	3,25	•	•	•	•	•	•	•	100
	4	•	•	•	•	•	•	•	•
	5	•	•	•	•	•	•	•	•
	6	•	•	•	•	•	•	•	•
0,40	3,25	•	•	•	150	•	•	100	200
	4	•	•	•	•	•	•	•	150
	5	•	•	•	•	•	•	•	100
	6	•	•	•	•	•	•	•	100
0,45	3,25	•	•	150	250	•	100	250	300
	4	•	•	100	200	•	•	200	250
	5	•	•	•	150	•	•	100	200
	6	•	•	•	100	•	•	•	150
0,50	3,25	•	•	250	350	•	150	350	(450)
	4	•	•	150	300	•	100	250	400
	5	•	•	100	200	•	•	200	350
	6	•	•	•	100	•	•	150	300
0,55	3,25	•	150	400	(550)	100	300	(550)	X
	4	•	•	300	(450)	•	200	(450)	X
	5	•	•	150	350	•	100	350	(600)
	6	•	•	150	300	•	•	300	(800)
0,60	3,25	150	400	X	X	350	X	X	X
	4	100	250	X	X	250	(600)	X	X
	5	•	100	(500)	(600)	150	300	(600)	X
	6	•	•	350	(500)	•	150	(500)	X
0,65	3,25	300	X	X	X	X	X	X	X
	4	200	350	X	X	X	X	X	X
	5	•	150	(600)	X	200	(600)	X	X
	6	•	•	(500)	X	100	300	X	X
0,70	3,25	400	X	X	X	X	300	X	X
	4	300	500	X	X	X	X	X	X
	5	200	400	X	X	400	(600)	X	X
	6	•	200	(500)	X	200	400	X	X
0,75	3,25	600	X	X	X	X	X	X	X
	4	500	X	X	X	X	X	X	X
	5	400	500	X	X	(600)	X	X	X
	6	200	400	X	X	(450)	(600)	X	X

• = Öntav tavsiye edilmez
X = Gerekli öntav sıcaklığı çok yüksek olduğu için uygulamada kullanılmaz.

• **Kötü Derecede Kaynak Kabiliyetine Sahip Çelikler:** Bu gruba giren çelikler ancak özel koşullar altında kaynak edilebilirler. Bunlara ancak tamir ve doldurma işlerinde ve insan hayatına zarar vermeyecek durumlarda kaynak uygulanır. Bu çelikler, özel kaynak metali kullanarak ve yüksek bir öntavlama sıcaklığı ve kontrollü bir soğutma uygulanarak kaynak edilebilirler. Genellikle ısının tesiri altında kalan bölgenin sertleşmeyeceği garanti edilemez. Bu son konu özellikle karbon eşdeğeri % 1'den büyük olan yüksek alaşımlı ve karbonlu çelikler için önemlidir.

Görüldüğü gibi karbon eşdeğeri yardımı ile olaya yaklaşım sadece ısının tesiri altında kalan bölgenin sertliği hakkında fikir vermektedir. Yapı hakkında bir şeyler belirtmemesine karşın, özellikleri bilinen metalik malzemelerde özellikle çeliklerde sertlik, yapının diğer özellikleri hakkında yeterli bilgileri verebilir.

Çeliklerin kaynağa yatkınlığına, diğer bir deyimle kaynak kabiliyetlerine etki eden önemli faktörlerden bir tanesi de çeliğin eldesindeki gaz giderme işlemidir.

Kaynar dökülmüş çeliklerde segregasyon bölgesinde fosfor ve kükürt toplanmıştır ve ingotun haddelenmesi veya dövülmesi işlemleri de bu bölgeyi yok edemez, bu bölge sac veya profilin iç kısmında kalır.

Böyle bir çelik sac veya profil tüm kesiti boyunca kaynatıldığı zaman bu segregasyon bölgesinin de erimesi sonucu S ve P kaynak banyosuna geçer, gözenek ve sıcak çatlakların oluşumuna neden olur. Bu tür çeliklerin tüm kesitleri boyunca kaynatılması ve çekmeye çalışan, aşırı zorlanan parçaların bu tür çeliklerden yapılmaması önerilir. Bu tür çelikler daha ziyade bindirme kaynağı yapılmalı ve kaynak elektrodu da yeter derecede dezoksidan element içermelidir.

Gaz giderme işlemi ile Mn ve Si katıkları sayesinde çelikteki çözülmüş oksijen azaltılır, böylece kükürt ve fosforun yapı içinde toplanma yapmadan dağılmaları sağlanır. Bu tür bir işlem görmüş çelikler tüm kesitleri boyunca kaynak ile birleştirilebilirler.

İşletmelerde, hasarlı parçaların hemen tamiri gerekir, zira hasarlı parça kaynakla tamir edilip yerine takılmak zorundadır. Genellikle, parçanın malzemesinin bileşimi hakkında da bir bilgi yoktur. Ayrıca, kaynak atölyesinin böyle bir parça ile karşılaştığında kaynaktan önce kimyasal bileşimi saptamak üzere analiz etmesi de beklenemez. Bu gibi durumlarda ilk yapılacak şey; malzemeyi kıvılcım ve eğe testine tabi tutmaktır. Parça yüzeyine sürülen bir eğe, parçanın daha önceden bir sertleştirme işlemine tabi tutulup tutulmadığını kolaylıkla belirtir. Kıvılcım testi ise parçanın zımpara taşına tutulup, çıkan kıvılcımlara bakarak (rengine ve şekline) bileşimi hakkında bilgi sahibi olmaktır.

İşareti	Maliz. No.	DIN/ SEW	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Akma Çıkma Uzama N/mm ² N/mm ² %	Uygulama Alanı
Aleğimsiz Çelikler										
UST 37-2	1.0036	} 17100	0.17	—	—	—	—	—	235 360...470 26	} Genel Yapı Çelikleri
St 37-3	1.0116		0.17	—	—	—	—	275 430...540 22		
St 44-2	1.0044		0.21	—	—	—	—	365 510...530 22		
St 52-3	1.0570		0.20	≤0.55	≤1.80	—	—	240 340...440 25		
St 35	1.0308	1629	≤0.18	—	—	—	—	260 410...530 21	Dışışiz Boru	
St 45.8	1.0405	17155	≤0.21	≤0.35	0.4...1.2	—	—	230 340...440	} Kazan Sacları	
HI	1.0345	} 17175	≤0.16	≤0.35	≤0.40	—	—	290 460...550		
HIV	1.0445		≤0.26	≤0.35	≤0.60	—	—	360 490...540 22	Islah Çelikleri	
C 22	1.0402	17200	0.18...0.25	0.15...0.35	0.30...0.60	—	—	250 450...500 22	Sıcak Dayanımı Ç.D.	
GS-C 25	1.0619	17245	0.18...0.23	0.30...0.50	0.50...0.80	≤0.30	—	255 390...490	Düşük Sicelik Çeliği	
TTSI 35	1.0356	SEW 680	≤0.17	≤0.35	≤0.40	—	—	—	—	—
Aleğimli Çelikler										
StE 26	1.0461	SEW 088	≤0.18	≤0.40	0.40...1.30	—	—	—	255 360...480	} Ince Tanelli Yapı Çelikleri
StE 51	1.8907	/089	≤0.21	≤0.50	0.40...1.60	—	—	500 610...780		
A 32	—	GL	≤0.18	0.10...0.50	0.80...1.60	≤0.40	≤0.20	≤0.08	310 470...590 22	Yük. Muk. Cemi Sacı
16 Ni 14	1.5639	SEW 660	0.12...0.19	0.10...0.35	0.30...0.60	—	3.2...3.6	—	345 440...540	} Düşük Sicahlık Tok Çelikler
X 8 Ni 9	1.5662	SEW 660	≤0.10	0.10...0.35	0.30...0.80	—	8.0...10.0	—	490 640...840	
15 Mo 3	1.5415	} 17175/	0.12...0.20	0.15...0.35	0.50...0.70	—	—	0.25...0.35	275 430...520	} Yüksek Sicahlık Kazan ve Boru Çel.
13 CrMo 44	1.7335		55	0.10...0.18	0.16...0.35	0.40...0.70	0.7...0.1	—	0.40...0.50	
X 19 CrMo 12 1	1.4921	SEW 630	0.15...0.23	0.10...0.50	0.30...0.80	11.0...12.5	≤0.80	0.8...1.2	490 690...840 16	} Yüksek Sicahlık Kazan ve Boru Çel.
X 5 CrTi 12	1.4512	} SEW } 400	≤0.80	—	≤1.0	10.5...12.5	≤0.5	—	280 400...500 30	
X 12 CrNi 17 7	1.4310		—	≤0.12	—	≤2.0	16.0...18.0	7.0...9.0	—	350 700...950 45

Parça, çıkan kıvılcımların boyu 30 cm. olacak şekilde taşla bastırılır ve loşça bir ortamda bu kıvılcımlara bakan deneyimli bir kişi, büyük bir yaklaşıklıkla çeliğin bileşimindeki elementleri ve bunların tahmini miktarlarını belirtebilir. Bu konuda deneyimi olmayanlar dahi, diskromat olmadıkları takdirde, birkaç saatlik bir

çalışma neticesinde; bir çeliğin karbonlu veya alaşımlı olduğunu; sade karbonlu çeliklerde ise; az karbonlu, orta karbonlu ve yüksek karbonlu diye çelikleri ayırt edebilecek görüş ve bilgiye sahip olabilirler. Ayrıca mukayese için bileşimi bilinen çeliklerden numune parçalar kullanarak daha iyi bir kontrol yapmak mümkün olabilir.

Uygulamada ısıtma işlemi sonucu sertleşebilen ferritik çelikler ile sertleşemeyen (karbon eşdeğerleri çok büyük olmasına rağmen) ostenitik çelikleri birbirlerinden ayırmak için genellikle basit bir yöntem olan mıknatıs testi kullanılır. Ostenitik çelikler antimagnetik olduklarından mıknatıs tarafından çekilmezler. Ancak, burada dikkat edilmesi gereken nokta, mıknatısın mekanik olarak işlenmiş veya şekil değiştirme neticesi sertleşmiş bölgelere uygulanmamasıdır, zira şekil değiştirme sonucunda bu kısımlar yerel olarak magnetik hale geçebilir.

Bazı hallerde kaynak edilmesi gereken parçaların, malzemesi gerektirdiği halde, konstrüksiyonun, kaynak koşullarının veya olanakların izin vermemesi nedeni ile öntavlama uygulanamaz. Bu gibi durumlarda aşağıda belirtilmiş olan koşullara da uyularak, sadece tamir amacıyla kaynak yapmak mümkün olabilir:

Bu taktirde;

- Ağız formunun ve parça boyutlarının müsaade ettiği kalın çaplı elektrodu kullanınız.
- Elektrod üreticisi tarafından verilmiş olan kaynak akım şiddeti aralığının üst sınırını seçiniz, zira kaynağa uygulanan enerji arttıkça soğuma yavaşlar.
- Bazı örtülü ostenitik elektrod kullanınız, bu şekilde kaynak dikişinde oluşabilecek çatlaklara engel olunabilir. Çünkü, ostenitik çelikler daha toktur.
- Kaynak bağlantısı hiçbir zaman tek paso ile yapılmamalıdır, olabildiğine çok pasolu kaynak seçilmelidir. Zira her yeni paso, bir evvelki pasonun ITAB'sine hafif bir temperleme etkisi yapar ve dolayısıyla bu kısmın gevreklik ve sertliğinde bir azalma olur. Bu konuda araştırmacılar kaynak tamamlandıktan sonra ek olarak, esas metale değmeden sadece dikiş üzerinde kalacak şekilde bir temper pasosunun yapılmasını şiddetle önerirler.
- Kaynak sırasında, elektroda verilebildiği kadar sarkaç hareketi vererek geniş bir dikiş elde edilmelidir.
- Pasolar arasında ara vermeden kaynağa devam edilmeli ve kaynak işleminden sonra parça yavaş soğuyabileceği bir yerde, üzeri örtülü olarak, soğumaya terk edilmelidir.

Bütün bu önlemler sadece tamir kaynaklarında bir çözüm olarak görülmelidir. Kaynağın bir üretim yöntemi olarak kullanıldığı durumlarda, riske girmemek için karbon eşdeğeri % 0.45'ten fazla olan çelikler (ostenitik çelikler hariç) öntavlama işlemi uygulanmadan kesinlikle kullanılmamalıdır.

Tablo 13.3.-Çelikler ve kaynak metalleri arasındaki bağıntı (DIN 1913).

Çeliğin Türü	Esas Metal		Kaynak metalinden beklenen özellikler (min)
	İşareti		
DIN 17100'e göre yapı çelikleri	St 37.2, USt 37.2 RSt 37.2, St 44.2		43 10
	St 37.3		43 30
	St 44.3 St 52.3		43 30 (51 30)
	St 52.2 ^{a)} St 60.2 ^{a)} St 70.2 ^{a)}		51 30
DIN 1626 ve DIN 1629'a göre boru çelikleri	USt 37.0 St 37.0		43 00
	St 44.0 St 52.0		43 00 (51 00)
DIN 1628 ve DIN 1630'a göre boru çelikleri	St 37.4		43 11
	St 44.4 St 52.4		43 11 (51 11)
DIN 17155 DIN 17175 DIN 17177'e göre kazan çelikleri	UHI St 37.8, St 42.8		43 00
	HII, HII St 35.8, St 45.8		43 22
	17 Mn 4 19 Mn 6, 19 Mn 5		43 22 (51 22)
Gemi çelikleri	A		43 11
	B, D		43 22
	E		43 33
	A 32, A 36 D 32, E 36		51 22
	E 32, E 36		51 33
NOT: Kaynak metalinin özelliklerini belirten rakamların karşı geldiği değerler DIN 1913 veya TS 563'den alınabilir.			

İNCE TANELİ YÜKSEK MUKAVEMETLİ YAPI ÇELİKLERİNİN KAYNAĞI

Endüstrinin hafif çelik yapılara, yüksek basınç ve sıcaklığa dayanıklı basınçlı kaplar ve reaktörlere olan ve gün geçtikçe artan istemini karşılayabilmek amacıyla, çağımızda için taneli yüksek mukavemetli yapı çelikleri geliştirilmiştir. İçin taneli yapı çeliklerinde içyapıda özellikle tane sınırlarında çok için zerrecikler halinde dağılmış bulunan ve ancak 1100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çözültüye geçen karbür, nitrür ve karbonitrürler ostenit bölgesindeki sıcaklıklarda bile tane büyümesini önlerler ve bunun sonucunda da yüksek mukavemetli tok bir malzeme grubu elde edilmiş olur.

İkinci bir grup için taneli yapı çeliklerinde ise, içyapıda az karbonlu martenzit oluşturarak çeliğin kaynak kabiliyetini önemli bir kayba uğratmadan akma ve çekme mukavemeti yükseltilir ve tokluğu artırılır. İslah edilmiş için taneli yapı çelikleri olarak adlandırılan bu grupta Ms (Martenzit başlama sıcaklığı), 400 °C gibi oldukça yüksek bir sıcaklıkta bulunduğundan oluşan martenzit bu sıcaklığın altında yavaş bir hızla soğutulursa kendiliğinden temperlenir ve bu şekilde ıslah edilmiş olan içyapıda; mukavemeti daha da yükselten için dağılmış karbür çökeltileri bulunur.

Tüm için taneli yapı çeliklerinde kaynaklanabilirlik açısından karbon içeriğinin % 0.20'yi aşmamasına çalışılır. Alaşım elementleri de mümkün olabilen alt sınırlarda katılarak az veya sınırlı sertleşme, için tane oluşumu, tane büyümesini önleyen nitrür zerreciklerinin ayrışması ve ısıl işlem arasında optimizasyona gidilerek istenen özelliklere sahip bir çelik elde edilir.

İçin taneli yapı çelikleri, karbon ve alaşım elementi içeriğine getirilmiş olan sınırlamalardan ötürü oldukça iyi bir kaynak kabiliyetine sahiptirler. Alışılmış yapı çeliklerinde soğuma hızının mümkün olduğu kadar yavaşlatılabilmesi için öntav ve yüksek enerji girdisi ile kaynak yapılır. Buna karşın için taneli yapı çeliklerinde soğuma hızının yavaşlaması esas metalde erime çizgisine bitişik bölgede ferrit ve yüksek karbonlu martenzit veya kaba beynit bölgelerinden oluşmuş bir içyapıya dönüşmesine neden olur ki bu da tokluğun azalması ve mukavemet özelliklerinin kötüleşmesi sonucunu doğurur. Bu olay, özellikle yüksek derecede öntav uygulanmış ve tek paso ile kaynak edilmiş bağlantıların ITAB'sinde kendini şiddetli bir biçimde hissettirir. Çok pasolu kaynak halinde ise, her paso bir önceki pasonun kaynak bölgesine bir temperleme uyguladığından tek paso haline göre kaynak bölgesinin özelliklerinde bir iyileşme görülür. Özellikle kalın ve şiddetle zorlanan konstrüksiyonlarda uygun bir öntav, birçok nedenlerden ortaya çıkabilecek olan çatlak oluşumuna karşı etkin bir önlemdir.

Kaynak akım şiddeti ile ark geriliminin ve kaynak yöntemi göreceli ısıl etkinlik katsayısının çarpımının kaynak hızına oranı olarak tanımlanan E, kJ/cm olarak gösterilen özgül enerji girdisi, Öntav sıcaklığı ve parça kalınlığı kaynak bölgesinin soğuma hızını etkileyen önemli üç faktördür.

İnce taneli yapı çeliklerinde, kaynak bölgesinin özelliklerini kontrol altında tutabilmek için bu üç etkenin bir arada düşünülmesi gereklidir.

Çeliklerin kaynak bölgesinin özelliklerine etkime bakımından 800 - 500 °C arasındaki soğuma süresi ($t_{8/5}$) çok önemlidir. Bu sürenin azalması sertliğin ve mukavemetin artmasına buna karşın çatlama eğiliminin yükselmesine neden olur.

Çelik üreticileri ürettikleri için taneli yapı çelikleri için uygun $t_{8/5}$ değerini çeliğin sertifikasında belirtirler.

Kaynağa uygulanan özgül enerji, parça kalınlığı ve öntav sıcaklığı ile $t_{8/5}$ 'i büyük bir yakınsaklıkla hesaplayabilen matematiksel bağıntılar, bilgisayar programları ile ayrıca bu konuda hazırlanmış abaklar da vardır.

Uygulamada özgül enerji girdisi için ortalama bir değer olarak sac kalınlığının mm'si başına 1 kJ/cm seçilir. Örneğin; 25 mm. kalınlığında bir sac için E = 25 kJ/cm, değerinde bir özgül enerji girdisi uygulanır.

İnce taneli yapı çeliklerinin kaynağında 4 5 °C'nin altında yapılan uygulamalarda parçaya 80 - 200 °C'lik

bir öntav uygulanır. Bu sıcaklığın üzerindeki çalışmalarda öntav uygulanıp uygulanmama konusunda malzemenin akma sınırı ve parça kalınlığı bir kriter olarak kullanılır:

Tablo 13.4.-Öntav uygulamadan kaynatılabilecek maksimum parça kalınlığı değerleri.

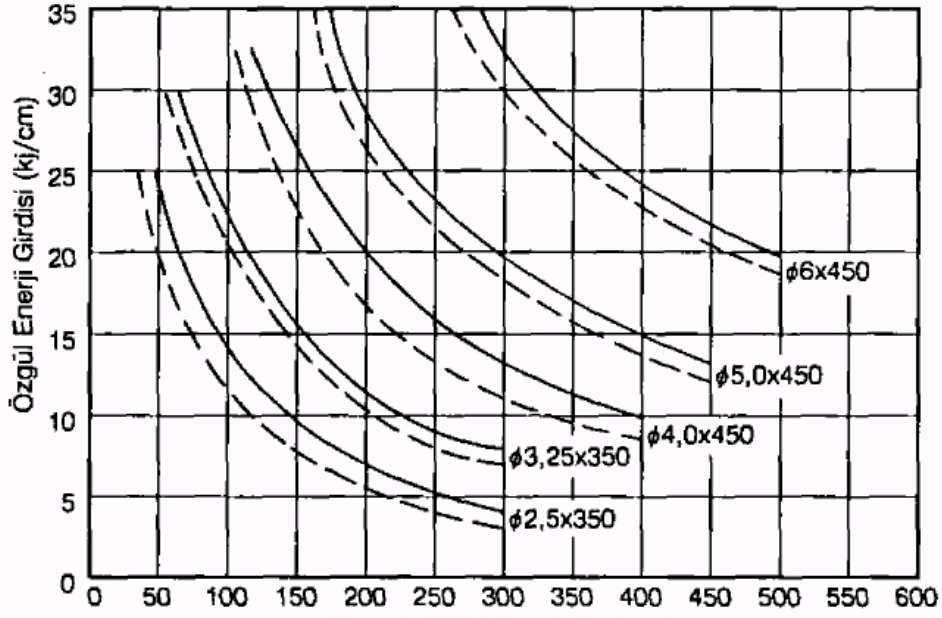
Akma Sınırı (N/mm ²)	Maksimum Kalınlık (mm)
255 - 285	50
315-355	30
385 - 420	20
460 - 500	12
590 'dan yukarı	8

İnce taneli yapı çeliklerinde ark kaynağı yöntemleri, öntav sıcaklığı, özgül enerji girdisi ve 800 - 500 °C arasındaki soğuma hızı sınırlarına dikkat etmek koşuluyla kolaylıkla uygulanabilir.

Günümüz endüstrisinde bu tür malzemelerden yapılmış çok kalın kesitli parçaların kaynağında tozaltı, orta ve için kalınlıktaki parçaların kaynağında ise bazik elektrodlar ile ark kaynağı ve gazaltı kaynak yöntemleri tercih edilmektedir.

İnce taneli yapı çeliklerinin kaynağında, bazik karakterli Örtülü elektrodlar da, günümüzde gittikçe azalan bir oranda da olsa, önemli bir uygulama alanına sahiptir. Bu tür çeliklere uygun örtülü elektrodların özellikleri DIN 8529'da ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bu tür çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodların örtülerinin bazik karakterli ve dolayısı ile de higroskopik olmaları nedeni ile bunların kullanılmadan önce muhakkak tavlanylup kurutulmaları gerekmektedir. Zira örtüdeki nemin, kaynak esnasında ayrışarak hidrojenin kaynak metaline geçmesi sonucu çatlaklar oluşmaktadır. Akma sınırı 355 N/mm₂'den küçük olanlar 250 °C'de, daha büyük olanlar ise 350 °C'de en az iki saat süre ile tavlansarak kurutulmalıdır.

Örtülü elektrodlar ile yapılan ark kaynağında ark gerilimi ve akım şiddeti çok dar bir aralık içinde değiştiğinden, özgül enerji girdisi ancak kaynak hızının değiştirilmesi ile kontrol altında tutulabilir.



Kaynak Dikiş Uzunluğu (mm)

Elektrod çapı (mm)	2,5	3,25	4,0	5,0	6,0
Akım şiddeti (A)	90	135	180	235	275
Akım şiddeti (A)	75	120	140	190	250

Şekil 13.6.-Örtülü elektrodlar ile yapılan kaynakta özgül enerji girdisi (DIN 8529).

Tablo 13.5.-İçin taneli yapı çeliklerinin kaynağı için örtülü elektrodlar (DIN 8529'dan alınma)

Çelik Grubu	Esas Metal.	Kaynak Metalinden Beklenen Özellikler	Ortıştı Elektrod															
			Min	Mo	MnMo	Ti	Zr	Sn	MnM	ENiMo	ENiMo	MnNiMo	MnNiMo	MnNiMo	MnNiMo			
Çelik Grubu 1 (SEW 089)	StE 355 / WStE 355	Y 38 32	X	X														
	StE 380 / WStE 380	Y 38 32	X	X	X													
	StE 420 / WStE 420	Y 42 32	X	X	X				X									
	StE 460 / WStE 460	Y 46 32	X	X	X				X									
	StE 500 / WStE 500	Y 50 32	X	X					X									
	TStE 355	Y 38 33		X	X													
	TStE 380	Y 38 33		X	X													
	TStE 420	Y 42 33		X	X				X									
	TStE 460	Y 46 33		X	X				X									
	TStE 500	Y 50 33			X				X									
Çelik Grubu 2 (Euronorm 137)	FeE 500 VKG / KW	Y 50 42			X				X		X							
	FeE 550 VKG / KW	Y 55 42			X						X		X					
	FeE 620 VKG / KW	Y 62 42												X	X			
	FeE 690 VKG / KW	Y 69 42														X		
	FeE 500 VKT	Y 50 62							X		X							
	FeE 550 VKT	Y 55 62									X		X					
	FeE 620 VKT	Y 62 62												X	X			
	FeE 690 VKT	Y 69 62														X		
Çelik Grubu 3 (Özel Çelikler)	13 MnNi 6 3 (CG 2)	Y 38 52	X		X	X		X										
	10 Ni 14	Y 42 (87)					X	X										
	20 MnMoNi 5 5	Y 46 22								X	X							
	22 NiMoCr 3 7	Y 46 22								X	X							
	13 MnNiMo 5 4 (BHW 35)	Y 46 22		X	X					X	X							
	15 NiCuMoNb 5 (WB 36)	Y 46 22		X	X					X	X							
	17 MnMoV 6 4 (WB 35)	Y 46 22		X	X					X	X							
	11 NiMoV 5 3 (W 43)	Y 56 22									X	X						
	14 NiMoCr 7 4	Y 89 (53)																X

İnce taneli yapı çeliklerinin kaynağında, dikkat edilmesi gerekli hususlar:

- İnce taneli yapı çeliklerinin kaynağında ağız hazırlanırken, ağız açısının mümkün olduğu kadar küçük seçilmesine dikkat edilmelidir; geniş ağız açıları yüksek açışa) çarpımların ortaya çıkmasına ve çatlama tehlikesinin artmasına neden olur.
- Kaynak ağızlarının termik kesme yöntemleri ile hazırlanması halinde ağız kenarlarında

sertleşme ortaya çıkabilir; bu bölgeler kaynak esnasında yeniden dönüşüme uğrayacakları için büyük bir tehlike göstermezler.

- Kaynak esnasında daima çok paso yöntemi uygulanmalıdır. Her sırada ilk paso ağız yan yüzüne çekilmeli ve bu şekilde bunun yanına çekilen pasonun ilk pasoya ve onun ITAB'sine bir temper etkisi yapması sağlanmalıdır.

- Kaynak pasoları mümkün olduğu kadar özgül enerji girdisine ve $t_{8/5}$ 'e uygun olarak için çekilmelidir.

- Yüksek zorlamalara maruz kaynak bağlantılarında yanma olukları taşlanarak temizlenmeli ve uygun öntav sıcaklığında kaynakla yeniden doldurulmalıdır.

- 8 mm'den daha kalın parçalara montaj yardımcı kaynakları en az 150°C'lik bir öntavdan sonra uygulanmalı ve montaj yardımcı parçaları sadece az karbonlu alaşımsız çeliklerden yapılmalıdır.

- Kaynak esnasında elektrod hiçbir zaman kaynak ağzının dışında tutuşturulmalıdır.

Kaynak sonrası konstrüksiyona gerektiğinde gerilme giderme tavı uygulanır. Bu tür çeliklerde bazı hallerde işlem esnasında gerilme giderme tavı çatlakları diye adlandırılan çatlaklar ortaya çıkar.

Gerilme giderme tavı çatlakları bu tür çeliklerde, kaynak esnasında 1150 °C'nin üzerindeki sıcaklık derecelerine kadar ısınarak tane irileşmesine uğramış bölgelerde, gerilme giderme tavı (450 - 680 °C) esnasında ortaya çıkar.

Gerilme giderme tavı çatlakları, sürünme çatlakları gibi taneler arası türden çatlaklardır; her doğrultuda oluşabilirlerse de genellikle en şiddetli gerilmeye dik yönde gelişirler.

Günümüz endüstrisinde için taneli yapı çelikleri çok geniş bir uygulama alanına sahip olup özellikle buhar kazanlarından nükleer reaktörlerin basınçlı kaplarına kadar çok çeşitli yerlerde başarı ile kullanılmakta ve kurallarına dikkatle uyularak yapılan kaynaklı bağlantılarda hiçbir problem göstermemektedirler.

Tablo 13.6.- DIN 17102'ye göre ıslah edilmemiş ince taneli yapı çeliklerinin kimyasal bileşimleri

Çelik Türü Simge	Malzeme No	Kimyasal Bileşim %															
		C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	Nb	Ti	V	Nb+Ti+V	
StE 255	1.0461	0,18		0,50	0,035	0,030											
WSStE 255	1.0462	0,18			0,035	0,030											
TStE 255	1.0463	0,16		1,30	0,030	0,025											
ESStE 255	1.1103	0,16	≤0,40		0,025	0,015											
StE 285	1.0486	0,18		0,60	0,035	0,030										0,05	
WSStE 285	1.0487	0,18			0,035	0,030											
TStE 285	1.0488	0,16		1,40	0,030	0,025											
ESStE 285	1.1104	0,16			0,025	0,015											
StE 315	1.0505	0,18		0,70	0,035	0,030											
WSStE 315	1.0506	0,18			0,035	0,030											
TStE 315	1.0508	0,16	≤0,45		0,030	0,025											
ESStE 315	1.1105	0,16		1,50	0,025	0,015											
StE 355	1.0582	0,20		0,50	0,035	0,030											
WSStE 355	1.0565	0,20			0,035	0,030											
TStE 355	1.0566	0,16		0,50	0,030	0,025											
ESStE 355	1.1106	0,16		1,55	0,025	0,015	0,020										
StE 380	1.9500				0,035	0,030											
WSStE 380	1.9530				0,035	0,030											
TStE 380	1.9510				0,030	0,025											
ESStE 380	1.9511				0,025	0,015											
StE 420	1.9502				0,035	0,030											
WSStE 420	1.9532				0,035	0,030											
TStE 420	1.9512	0,20	0,10	1,00	0,030	0,025											
ESStE 420	1.9513				0,025	0,015											
StE 460	1.9505				0,035	0,030											
WSStE 460	1.9535				0,035	0,030											
TStE 460	1.9515				0,030	0,025											
ESStE 460	1.9516				0,025	0,015											
StE 500	1.9507				0,035	0,030											
WSStE 500	1.9537				0,035	0,030											
TStE 500	1.9517				0,030	0,025											
ESStE 500	1.9519				0,025	0,015											

1) Azot miktarı Nb, Ti veya V ile kontrol ediliyor ise Al içeriği dikkate alınmaz.
 2) Cr, Cu ve Mo bileşimlerinin toplamı % 0,45'ten fazla olmamalıdır.
 3) Cu alaşım elementi olarak katıldığında, % 0,30'u geçemez.
 4) Ni alaşım elementi olarak katıldığında, % 0,85'i geçemez.
 5) Ti alaşım elementi olarak katıldığında, % 0,20'yi geçemez.

KAZAN SAÇLARININ KAYNAĞI

Endüstride karşılaşılan birçok uygulama alanlarında, buhar kazanları, ısı değiştirgeçleri halinde olduğu gibi, çeliğin oldukça yüksek sıcaklığa dayanıklı olması gerekmektedir. Yüksek sıcaklık uygulamalarında, çekme deneyi yardımı ile belirlenen mukavemet özelliklerinin yanı sıra, malzemenin sürünme dayanımı (krip)

da oldukça büyük bir öneme sahiptir. Zira buhar kazanları, buhar dağıtım hatlarında olduğu gibi birçok uygulamalarda malzeme sürekli olarak yüksek sıcaklıkta yük altında kalmaktadır; malzeme normal olarak çalışma sıcaklığında bu zorlamaların oluşturduğu gerilemelere dayanabilse de, sürekli zorlama zamanla yapının şekil değiştirmesine neden olur. Sürünme diye adlandırılan bu olay oda sıcaklığında çok uzun süreler sonunda algılanabilir bir büyüklüğe erişmesine karşın yüksek sıcaklıklarda çok hızlanır, bu bakımdan kazan çeliklerinden beklenen mekanik özelliklerden en önemlileri çalışma sıcaklığında çekme ve akma mukavemetlerinin yanı sıra sürünme dayanımı ile çentik vurma dayanımıdır.

Kazan saclarından beklenen bir diğer önemli özellik de bunların gerek kazanın iç kısmında bulunan sıcak buharın ve gerekse de külhan, ayna, cehennemlik kısımlarında sıcak gazların korozif etkilerine dayanıklı olmalarıdır.

Bütün bu özelliklerin yanı sıra, günümüzde basınçlı kaplar üretiminde uygulanan tek birleştirme yöntemi olan kaynağa çeliğin yatkınlığı konusu da çok önemlidir. Kazan saclarının kaynak kabiliyeti iyi olmalı, büyük bir zorlukla karşılaşılmadan emniyetli bir biçimde kaynak ile birleştirilebilmelidirler.

Kazanlarda kullanılan çelik sac ve levhalar TS 3650'de alaşımsız ve az alaşımlı olmak üzere iki grupta toplanmışlardır.

Bu standarda göre bu sacların yapımında kullanılan çeliklerin oksijen konverteri, Siemens Martin veya elektrik ark fırını ürünü ve sakın dökülmüş (Gaz giderme işlemi görmüş) olmaları gerekmektedir.

Alman DIN 17155'te UH1 simgesi ile belirtilmiş olan kaynar dökülmüş H1 kazan sacına TS 3650'de yer verilmemiştir.

Bu çeliklerde belirli sıcaklarda (380 - 570 °C) 10.000 veya 100.000 işletme saatinden sonra % 1 kalıcı uzama oluşturan gerilmeye % 1 kalıcı uzama gerilmesi adı verilir ve bu değer konstrüktörler için çok önemli bir kriterdir.

Çeliğin % 1 kalıcı uzama gerilmesi diğer bir deyimle sürünmeye karşı dayanımı ve gerekse de korozyona ve tufalleşmeye karşı dayanıklılığı içerdiği alaşım elementlerinin tür ve miktarına bağlı olarak artar.

Sade Karbonlu Alaşımsız Kazan Sacları (TS 3650)

Bu tür çelikleri normal alaşımsız yapı çeliklerinden ayıran en önemli husus Mn içeriğinin biraz yüksek olması, P ve S gibi gayri safiyetlerin de daha az miktarda bulunmasıdır. Bunlar piyasaya çok düzgün bir tane yapısında ve normalize edilmiş durumda sunulurlar. Bu içyapı özelliğinin yanı sıra bu sac levhaların tufal, gözenek, derin çizik, çatlak, katmer ve çukur içermeyen düzgün ve pürüzsüz bir yüzeye sahip olmaları gereklidir; var olan yüzey kusurları sac levha kalınlık toleransları açısından kaynak ile tamir edilerek giderilebilir, yalnız bu tamir işlemine kusurun yüzey alanının levha alanının % 1 'ini ve derinlik olarak da sac kalınlığının % 20'sini aşmadığı hallerde izin verilmelidir.

TS 3650'ye göre sade karbonlu çeliklerin kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri Tablo 13.7 ve 13.8'de görülmektedir.

Az Alaşımli Kazan Saçları

Alaşımsız kazan saçları 350 °C'yi aşan sıcaklıklarda çekme ve akma mukavemetlerinde ve sürünme dayanımlarında çok önemli azalmalar gösterirler. Çeliğe bir miktar Mn, Cr, Mo, W veya V katılması yüksek sıcaklık özelliklerini geliştirir ve bu şekilde elde edilmiş az alaşımli kazan çelikleri 400 °C'yi aşan sıcaklıklarda dahi uygulama alanı bulabilmektedir.

Yüksek sıcaklık özelliklerini geliştirmede en etkin alaşım elementi az miktarda (% 0,2 - 2) katılan molibdendir.

Tablo 13.7.-Sade Karbonlu Kazan Çeliklerinin Kimyasal Bileşimi

Çeliklerin Kısa İşareti (Tiplerine Göre)	Kimyasal Bileşim %						
	Malzeme Numarası	C (Max)	Si (Max)	Mn (Min)	P (Max)	S (Max)	Cr
HI	1,0345	0,16	0,35	0,40	0,050	0,050	1)
II	1,0425	0,20	0,35	0,50	0,050	0,050	
III	1,0435	0,22	0,35	0,55	0,050	0,050	
IV	1,0445	0,26	0,35	0,60	0,050	0,050	

1) Krom miktarı % 0,3 den çok olmamalıdır.
2) Sac ve levhadan alınan analiz numunelerinde sakın dökülmüş (durgun) çeliklerde karbon miktar, döküm analizi olarak verilen miktarın % 10'u (max) kaynar dökülmüş çeliklerde % 20 eşi (max) kadar çok olabilir.
3) Konverter usulü ile yapılan çeliklerde; azot (N) miktarı sakın dökülmüş çeliklerde % 0,010, kaynar dökülmüş çeliklerde 0,008 den çok olmamalıdır.
4) Çelikler sakın dökülmüş olmalıdır. Ancak, HI tipli, istenildiğinde kaynar dökülmüş çelik olarak da kullanılabilir.

Tablo 13.8.-Sade Karbonlu Kazan Çeliklerinin Mekanik Özellikleri (Normalize Edilmiş ve Haddelene Yönüne Dik)

Çeliklerin	Kısa İşareti	Malzeme Numarası	Çekme Dayanımı N/mm ²	20 °C de Et Kalınlıkları için N/mm ² (Kgf/mm ²) min			Akma Sınırı ¹⁾							Kopma uzaması ²⁾ L ₀ = 5.65√ S ₀ min	180°C Katlama Deneyindeki Mandrel Çapı ³⁾	Oda Sıcaklığında Çentik Vurma Değeri min kgf/cm ² ⁴⁾
				≤ 16	≥ 16 ≤ 40	≥ 40 ≤ 60	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C	450°C	500°C			
HI	1.0345	350-450	230	220	210	180	170	140	120	100	80	-	1000 / Rm	0.5a	6.7	
HI1	1.0425	410-500	260	250	240	210	190	160	140	120	100	-		2a	5.8	
HI11	1.0435	440-530	280	270	260	230	210	180	160	140	120	-		2.5a	5.0	
HI1V	1.0445	470-560	290	280	270	240	220	190	170	150	130	-		3a	-	

1) 50 mm den daha kalın levhalarda artan her 5 mm lik kalınlık için akma sınır değeri % 1 azaltılarak bulunur.

2) Kopma uzamasının en küçük değeri 1000 sayısının kullanılan çelik için elde edilen çekme dayanımına (Kgf/mm²) bölünmesi ile bulunur. Deney sonucu elde edilen kopma uzaması bu değerden az olmamalıdır.

3) a = Levha kalınlığı (mm).

4) 80 mm den kalın levhaların Çentik Vurma Değerini bulmak için çelitede verilen değerlerden 1 Kgf/mm² çıkarılır. Deney TS 269'a göre yapılır.

Tablo 13.9.-Az Alaşımli Kazan Çeliklerinin Kimyasal Bileşimi

Çeliklerin Kısa Gösteriği	Malzeme Numarası	Kimyasal Bileşim, %						
		C	Si	Mn	P (Max)	S (Max)	Cr	Mo
17 Mn 4	1.0844	0.14-0.20	0.20-0.40	0.80-1.20	0.050	0.050	1)	-
19 Mn 5	1.0845	0.17-0.23	0.40-0.60	1.00-1.30	0.050	0.050	1)	-
15 Mo 3	1.5415	0.12-0.20	0.15-0.34	0.50-0.70	0.040	0.040	-	0.25-0.35
13 CrMo 44	1.7335	0.10-0.18	0.15-0.35	0.40-0.70	0.040	0.040	0.70 1.00	0.40-0.50

1) Krom Miktarı % 0.30 den çok olmamalıdır.

TS 3650'ye göre az alaşımli kazan çeliklerinin kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri Tablo 13.9 ve 13.10'da görülmektedir

Tablo 13.10.-Az Alaşımlı Kazan Çeliklerinin Mekanik Özellikleri (Normalize Edilmiş ve Haddelene Yönüne Dik)

Çeliklerin Kısa İşareti ¹⁾	Malzeme Numarası	Çekme Dayanımı N/mm ²	20 °C de Et Kalınlıkları İçin N/mm ² (Kgf/mm ²) min			Akma Sınırı ¹⁾							Kopma uzaması ²⁾ L _g - 5.65 √ S _g min	180 °C Katlama Deneyindeki Mandrel Çapı ³⁾	Oda Sıcaklığında Çarpma Uçgeni Vurma Değeri min kgm/cm ² ⁴⁾
			≤ 16	≥ 16 ≤ 40	≥ 40 ≤ 60	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C	450°C	500°C			
17 Mn 4	1.0844	470-580	290	280	280	250	230	210	180	160	140	-	1000 / Rm	3a	4.2
19 Mn 5	1.0845	520-620	330	320	320	270	250	230	210	180	160	-		3.5a	4.2
15 Mo 3	1.5415	440-530	280	270	270	250	230	200	180	170	160	140		3a	5.0
13CrMo44	1.7335	440-560	310	300	300	280	260	240	220	210	200	180		3a	5.0

1) 60 mm den daha kalın levhalarda artan her 5 mm lik kalınlık için akma sınırı değeri % 1 azaltılarak bulunur.
2) Kopma uzamasının en küçük değeri 1000 sayısının kullanılan çelik için elde edilen çekme dayanımına (Kgf/mm²) bölünmesi ile bulunur. Deney sonucu elde edilen kopma uzaması bu değerden az olmamalıdır.
3) a = Levha kalınlığı (mm).
4) 60 mm den kalın levhaların Çentik Vurma Değerini bulmak için çizelgede verilen değerlerden 1 Kgf/mm² çıkarılır. Deney TS 269'a göre yapılır.
5) Havada sertleştirilmiş ve menevişlenmiş durumda.

Kazan Çeliklerinin Kaynağı

Kazan çeliklerinin kaynağında çeliğin bileşimi kadar iç yapı ve ısı işlem durumu da çok önemlidir; bu bakımdan kazan çelikleri kaynak kabiliyeti açısından sınıflandırılırken ısı işlem durumları da gözönüne alınmıştır.

Normalize Durumdaki Kazan Çelikleri

Bu gruba TS 3650'deki tüm alaşımsız karbon çelikleri ile 17Mn4, 19Mn5 ve 15Mo3 az alaşimli kazan sacları girmektedir. Bu çeliklerin kaynak esnasındaki davranışları normal az alaşimli yapı çeliklerinininkinden farksızdır ve bilinen tüm konvansiyonel kaynak yöntemleri ile fazla bir önlem almadan kaynak edilebilirler.

Bu çeliklerin kaynağında ısının tesiri altında kalan bölgede genelde hissedilebilir bir sertleşme sorunu ile karşılaşmaz; yalnız HIII, HIV ile az alaşimli kazan çeliklerinin kaynak ile birleştirilmesinde parça kalınlığı arttıkça soğuma şiddetlendiğinden ITAB'de az da olsa bir sertleşme eğilimi görülür, bu bakımdan özellikle özgül ısı girdisinin çok yüksek olmadığı hallerde 150 °C'lik bir ön tav uygulaması önerilir.

Tablo 13.11.-Ferritik - perlitik içyapılı, Normalize kazan saçlarının kaynağında, parça kalınlığına bağlı olarak ön tav sıcaklığının seçimi

Çeliği n İşareti	Sac Kalınlığı (mm)	Ön Sıcaklığı	Tav
HIII	25	100	
HIV	25	150	
17 Mn	25	150	
19 Mn	20	150	
15 Mo	10	150	

Bu tür çeliklerin birleştirilmesinde örtülü elektrod ark kaynağı ile MAG ve tozaltı gibi yarı otomatik yöntemler geniş bir uygulama alanına sahiptir. Örtülü elektrod kullanılması halinde, kalın kesitlerde TS 563'e uygun bazik örtülü elektrodlar tercih edilmelidir.

Kaynak sonrası şartname gerek görmüyor ise dahi özellikle 15 mm'den daha kalın kesitli sacların kullanıldığı basınçlı kaplar halinde bir gerilme giderme tavi uygulanması önemle önerilen bir konudur; tav sıcaklığı olarak 17Mn4 ile 19Mn5 halinde 550 - 620 °C, diğerleri için ise 600 - 650 °C seçilmesi uygundur.

Sertleştirilmiş Temperlenmiş (İslah Edilmiş) Kazan Çelikleri

TS 3650'de bu gruba sadece 13CrMo44 çeliği girmektedir. Amerikan literatüründe Krom-Molibdenli çelikler, Avrupa'da ise Beynitik-(Martenzitik)-Ferritik yüksek sıcaklık çelikleri grubunda giren bu çelik bileşimi ve içyapısı gereği önlem alınmadan yapılan kaynak bağlantılarının gerek kaynak metalinde ve gerekse de ısının tesiri altında kalan bölgelerinde çatlaklara rastlanılır. Karbon içeriğinin düşük olmasına rağmen bu çeliğin kaynağında, kalınlığa bağlı olarak 100 ilâ 300 °C arasında bir Öntav uygulamak ve ayrıca kaynak esnasında da pasolar arası sıcaklığın bu öntav sıcaklığının altına düşmemesine ve 450°'yi aşmamasına dikkat etmek gereklidir.

Bu çeliklerin kaynağında, iç yapıdan ötürü özgül enerji girdisi 7-24 Kj/cm arasında tutulmak zorundadır.

Endüstride bu çeliklerin kaynağında örtülü elektrod, MIG-MAG ve Tozaltı kaynak yöntemleri yaygın bir uygulama alanına sahiptir. Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı uygulanması halinde muhakkak iyi kurutulmuş bazik elektrodlar kullanılmalıdır. Kaynak esnasında düşük özgül enerji girdisi uygulayarak (yüksek kaynak hızı ve düşük akım şiddeti) mümkün olan en düşük öntav sıcaklığında işlem gerçekleştirilmeli ve kaynak dikişinde yanma oluşu, krater gibi gerilme yığılmasına neden olabilecek kaynak hatalarından kaçınılmalıdır.

Bu tür çelikten üretilmiş olan kaynaklı yapılara işlem sonrası 650-720 °C arasında bir gerilme giderme tavi uygulanmalıdır.

PASLANMAZ ÇELİKLERİN KAYNAĞI

Paslanmaz çeliklerin en önemli özeliği paslanmamaları yani oksidasyona ve korozyona karşı dirençleridir. Bu özellik çeliğin içeriğine % 12'den fazla miktarda krom katılmasıyla elde edilir. Artan krom miktarına bağlı olarak da yüksek sıcaklıklarda oksidasyon dirençleri artmaktadır. Çeliğin içeriğinde yalnız yüksek miktarlarda nikel bulunması da paslanmayı enlererse de, krom ile birlikte bulunması özellikle asidik ortamlarda yüksek bir korozyon direnci sağlar. Nikelin yanı sıra molibden katkısı da, çeşitli korozyon türlerine karşı çeliği korur. Ancak % 6.5'dan fazla molibden içeren paslanmaz çelikler ekonomik olarak üretilemezler.

Krom, çeliğin yüksek sıcaklıklarda mekanik özelliklerini korumasını sağlar dolayısı ile kromlu paslanmaz çelikler, yüksek sıcaklıklarda sürünmeye karşı mukavemetli (creep resisting) çelikler olarak da kullanılmaktadırlar.

Günümüzde 170'den fazla türü bulunan paslanmaz çelikler, değişik amaçlar için endüstride oldukça yaygın uygulama alanı bulmuşlardır. Bugün endüstride kullanılan paslanmaz çelik türleri beş grup altında toplanmaktadır:

Martenzitik kromlu paslanmaz çelikler, Ferritik kromlu paslanmaz çelikler, Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çelikler, Çökeltme sertleşmeli paslanmaz çelikler, Çift fazlı (duplex) paslanmaz çelikler.

Tablo 13.12.-Endüstride kullanılan paslanmaz çelik türleri ve bileşimleri

AISI	Çelik Simge	Malzeme No.	Kimyasal Bileşim (%)					Diğer 1)
			C	Cr	Mn	Ni		
FERRİTİK VE MARTENZİTİK PASLANMAZ ÇELİKLER								
403	X 6 Cr 13	1,4000	≤ 0,08	12,0 - 14,0	-	-	-	
406	X 6 CrAl 13	1,4002	≤ 0,08	12,0 - 14,0	-	-	Al 0,10 - 0,30	
403	X 10 Cr 13	1,4006	0,08 - 0,12	12,0 - 14,0	-	-	-	
410	X 15 Cr 13	1,4024	0,12 - 0,17	12,0 - 14,0	-	-	-	
420	X 20 Cr 13	1,4021	0,17 - 0,25	12,0 - 14,0	-	-	-	
-- 420	X 30 Cr 13	1,4028	0,28 - 0,35	12,0 - 14,0	-	-	-	
-- 420	X 38 Cr 13	1,4031	0,35 - 0,42	12,5 - 14,5	-	-	-	
-- 420	X 46 Cr 13	1,4034	0,42 - 0,50	12,5 - 14,5	-	-	-	
--	X 46 CrMoV 15	1,4116	0,42 - 0,50	13,8 - 15,0	0,45 - 0,60	-	V 0,10 - 0,15	
430 Ti	X 6 Cr Ti 17	1,4016	≤ 0,08	15,5 - 17,5	-	-	Ti 7 x % C-1,20	
--	X 4 CrMoS 18	1,4105	≤ 0,08	16,0 - 18,0	0,2 - 0,6	-	P ≤ 0,060; S 0,15-0,35; Mn ≤ 1,5	
430 F	X 12 CrMoS 17	1,4104	0,10 - 0,17	15,5 - 17,5	0,2 - 0,6	-	P ≤ 0,060; S 0,15-0,35; Mn ≤ 1,5	
431	X 20 Cr Ni 17 2	1,4057	0,14 - 0,23	15,5 - 17,5	-	1,5 - 2,5	-	
OSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLER								
304	X 5 Cr Ni 18 10	1,4301	≤ 0,07	17,0 - 19,0	-	8,5 - 10,5	-	
303	X 10 Cr NiS 18 9	1,4303	≤ 0,07	17,0 - 19,0	-	11,0 - 13,0	-	
304L	X 2 Cr Ni 19 11	1,4305	≤ 0,12	17,0 - 19,0	-	9,0 - 10,0	P ≤ 0,060; S 0,15 - 0,25	
--	X 2 Cr NiN 18 10	1,4306	≤ 0,030	18,0 - 20,0	-	10,0 - 12,5	-	
321	X 6 Cr Ni Ti 18 10	1,4311	≤ 0,030	17,0 - 19,0	-	8,5 - 11,5	N 0,12 - 0,22	
347	X 6 Cr Ni Ti 18 10	1,4541	≤ 0,08	17,0 - 19,0	-	9,0 - 12,0	Ti 5 x % C-0,80	
316	X 5 Cr Ni Mo 17 12 2	1,4550	≤ 0,08	17,0 - 19,0	-	9,0 - 12,0	Nb 10 x % C-1,00%	
316L	X 2 Cr Ni Mo 18 14 3	1,4401	≤ 0,07	16,5 - 18,5	2,0 - 2,5	10,5 - 13,5	-	
--	X 2 Cr Ni Mo 17 13 2	1,4404	≤ 0,030	16,5 - 18,5	2,0 - 2,5	11,0 - 14,0	N 0,14 - 0,22; S ≤ 0,025	
316 Ti	X 6 Cr Ni Mo Ti 17 12 2	1,4406	≤ 0,030	16,5 - 18,5	2,0 - 2,5	10,5 - 13,5	S ≤ 0,025	
316Cb	X 6 Cr Ni Mo Nb 17 12 2	1,4571	≤ 0,08	16,5 - 18,5	2,0 - 2,5	10,5 - 13,5	Ti 5 x % C-0,80 Nb 10 x % C-1,00%	
--	X 2 Cr Ni Mo 17 13 3	1,4429	≤ 0,030	15,5 - 16,5	2,5 - 3,0	11,5 - 14,5	N 0,14 - 0,22; S ≤ 0,025	
317 L	X 5 Cr Ni Mo 18 14 3	1,4435	≤ 0,030	17,0 - 18,5	2,5 - 3,0	12,5 - 15,0	S ≤ 0,025	
317 L	X 5 Cr Ni Mo 17 13 3	1,4436	≤ 0,07	16,5 - 18,5	2,5 - 3,0	11,0 - 14,0	S ≤ 0,025	
--	X 2 Cr Ni Mo 18 16 4	1,4439	≤ 0,030	17,5 - 19,5	3,0 - 4,0	14,0 - 17,0	S ≤ 0,025	
--	X 2 Cr Ni Mo 17 13 5	1,4439	≤ 0,060	16,5 - 18,5	4,0 - 5,0	12,5 - 14,5	N 0,12 - 0,22; S ≤ 0,025	

1) Özel bir gösterim işaretini kullanılmadığı halde Ps 0,046; Ss 0,030; Sts 1,0; Ferritik ve Martenzitik çeliklerde Mn ≤ 1,0.

Ostenitik çeliklerde Mn ≤ 2,0 olacaktır.

2) Tansal içeriği Niyobiyum ile beraber gösterilmiştir.

Çökeltme sertleşmeli ve çift fazlı paslanmaz çelikler özel amaçlar için geliştirilmiş türlerdir; bu bakımdan ilk üç tür paslanmaz çelik endüstride çok iyi tanınır ve kullanılır. Bu türler Amerikan, Atman ve ülkemiz normlarında standardize edilmiş çeliklerdir. Tablo 13.12'de AISI ve DIN normlarına göre

paslanmaz çeliklerin kimyasal bileşimleri verilmektedir.

Paslanmaz çeliklerin kullanıldığı konstrüksiyonlarda, bu çeliklerin birleştirilmesinde örtülü elektrodla ark kaynağı, gazaltı kaynak yöntemleri (MIG, TIG, plazma), tozaltı kaynağının yanı sıra elektron ışın ve laser ışın kaynağı gibi modern kaynak yöntemleri de uygulama alanı bulmaktadır.

Farklı türlerdeki paslanmaz çeliklerin fiziksel özellikleri de birbirinden farklıdır ve bu olay da kaynak işlemlerinde önemli rol oynamaktadır.

Kromlu paslanmaz çeliklerin ısı iletme katsayıları, alaşımsız çeliklerin yansı kadardır. Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerinki ise, alaşımsız çeliklerinkinin üçte biri kadardır. Bu durum kaynak bölgesinde ısının uzun süre kalacağını gösterir ki, bu durum da bazı problemlerin ortaya çıkmasına neden olur.

Kromlu paslanmaz çelikler genellikle alaşımsız çelikler ile aynı ısıl genleşme katsayısına sahiptirler. Ostenitik krom-nikelli çeliklerde ise bu değer karbonlu ve az alaşımlı çeliklerden % 50 daha fazladır. Bu durum yalnız, kaynakçıyı değil, konstrüktörü (tasarımcıyı) de yakından ilgilendirir.

Karbonlu ve az alaşımlı çelikler, düşük elektrik iletme direncine sahiptirler. Paslanmaz çeliklerde ise, bu değer 4-7 kal daha fazladır. Bu nedenle, paslanmaz çelik elektrodlar daha çabuk kızardıklarından, daha kısa olarak üretilirler ve normal elektrodlara göre % 25 daha düşük akım şiddetiyle yüklenirler.

Martenzitik Kromlu Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Bu gruba giren paslanmaz çelikler % 11.5 -18 Cr içeren normal karbonlu çeliklerdir. Bu tür paslanmaz çelikler magnetiktirler, zorluk göstermeksizin haddelenebilirler hatta az karbonlu türleri rahatlıkla işlenebilirler.

Çok iyi tokluğa sahiptirler, hava ve kimyasal etkilere karşı iyi direnç gösterirler, kolaylıkla sıcak şekillendirilebilirler. Ostenitik ve ferritik paslanmaz çelikler kadar olmasa da arzu edilen sıcaklıklardan itibaren sertleştirildikten sonra çok iyi korozyon direncine sahip olurlar.

Martenzitik paslanmaz çeliklerin kritik soğuma hızlarının çok yavaş olması, yavaş soğuma halinde, örneğin sakin havada soğuma, martenzit oluşumuna neden olur. Martenzitik durumda, sertleşmiş olarak korozyon dirençleri oldukça iyidir. 815 °C'ye kadar paslanmazlık özelliklerini yitirmezler, ancak uzun süre yüksek sıcaklığın etkisinde kalırlarsa hafif bir korozyon başlangıcı olur ve bu bakımdan, endüstri de sürekli olarak 700 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda kullanılamazlar.

Martenzitik kromlu paslanmaz çelikler tavllanmış, yan sertleştirilmiş, gerilme azaltma tavlamasına tabi tutulmuş veya temperlenmiş durumlarda kaynak edilebilirler. Isıl işlem durumu ITAB'nin sertliğine ve dolayısı ile kaynak kabiliyetine minimum ölçüde etkilidir.

Bu tür çeliklere gereksinimlere bağlı olarak, 650 °C'de gerilmeleri azaltma, 925 °C'de yumuşatma tavlaması uygulanabilir.

Martenzitik kromlu paslanmaz çeliklerin kaynağında başlıca etkili element karbondur. Karbon miktarı, ITAB'nin sertliği üzerinde etkilidir ve bu bir dereceye kadar kaynak yöntemi ile kontrol edilebilir. ITAB'nin sertliği artarsa soğuk çatlamaya hassasiyet artar ve tokluk azalır. Bu bakımdan, az karbonlu martenzitik

paslanmaz çelikler, bir takım önlemler alınarak kaynak edilebilirler, yüksek karbon içerenler ise olabildiğince kaynak edilmemelidirler.

Az karbonlu martenzitik paslanmaz çeliklerde, martenzit daha az serttir ve dolayısı ile çatlama eğilimleri daha zayıftır. Normal olarak bu çelikler kaynaktan önce bir ön tavlama tabii tutulurlar, burada uygulanan öntav yüksek, karbon eşdeğerli çelikler halinde olduğu gibi ITAB'de bir sertlik azalması oluşturmaz, sadece oluşan ısı gerilmeleri azalttığından çatlama olasılığını azaltır. Bu tür çelikler için uygulanan öntav sıcaklığı 200-400 °C arasındadır. Kaynak bölgesinde daha tok bir yapı elde etmek ve kullanım esnasında parçalarda ortaya çıkabilecek çatlama olasılığını ortadan kaldırmak amacı ile parçalar olası durumlarda, hemen kaynaktan sonra, parça soğumadan bir gerilme azaltma tavlama tabii tutulmalıdır. En iyi süneklik ve tokluk parçanın 800-820 °C'de dört saat süre ile tavlanaarak, ve çok yavaş bir biçimde, olabirirse fırında, soğutulması sonucunda elde edilir. Karbon içeriğine bağlı olarak önerilen öntav sıcaklığı, kaynak ısı girdisi durumu ve kaynak sonrası tavlama gereksinimi Tablo 13.13'de özetlenmiştir.

Martenzitik kromlu paslanmaz çeliklerin kaynağında, kaynak dikişinin mukavemetinin çok önemli olmadığı ve parçanın da kükürtlü bir ortamda çalışmadığı durumlarda ostenitik paslanmaz, krom-nikelli, örtülü elektrodlar kullanılır. Ostenitik kaynak metalinin akma sınırının düşük olması, kaynaktan sonra oluşacak kendini çekme gerilmelerinin ortaya çıkaracağı çatlama tehlikesini ortadan kaldırır. Parçanın kükürtlü bir ortamda çatışacağı durumlarda ferritik, sade kromlu, örtülü elektrodlar ile kaynak yapılabilir.

Tablo 13.13.-Martenzitik paslanmaz çelikler için öntav, kaynak ısı girdisi ve son tav gereksinimi.

Karbon %	Öntav* Sıcaklığı (°C)	Kaynak Isı Girdisi	Son Tav Gereksinimi
0,10dan az	15 (minimum)	Normal	Isıl işlem yapılabilir.
0,10-0,20	200-260	Normal	Yavaş soğuma
0,20-0,50	260-320	Normal	Isıl işlem arzu edilir.
0,50 den fazla	260-320	Yüksek	Isıl işlem arzu edilir.
*ASME Kazan ve Basıncılı Kaplar Talimatnamesi, karbon bileşimine bakılmaksızın minimum öntav sıcaklığını 200 °C önerilmektedir.			

Yüksek oranda karbon içeren (% 0,5 -1,2) martenzitik kromlu paslanmaz çelikler, alınacak tüm önlemlere karşın sağlıklı bir şekilde kaynak edilemezler.

Ferritik Kromlu Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Ferritik kromlu paslanmaz çelikler, keşfedilmelerini takiben ilk geliştirilen paslanmaz çelik türü olarak endüstride oldukça yaygın kullanım alanı bulmuşlardır. Bu tür çelikler paslanmaz çelik ailesinin Önemli bir grubunu oluşturmaktadır. Alaşım elementi ilavesine bağlı olarak bünyelerinde % 16-30 krom içerirler, manyetikler, soğuk veya sıcak haddelenebilirler; ancak maksimum süneklik, tokluk ve korozyon dirençleri normalize hallerinde çok iyidir. Normalize halde akma mukavemetleri, karbonlu ve az alaşımlı çeliklerden % 50 daha yüksektir; talaşlı şekillendirilebilme kabiliyetleri ve korozyon dirençleri ise martenzitik kromlu paslanmaz çeliklerden daha üstündür.

Ferritik kromlu paslanmaz çelikler, pahalı ve stratejik bir element olan nikel içermemeleri nedeni ile ostenitik krom-nikel paslanmaz çeliklerden daha ucuzdurlar ve bu önemli bir avantajlarıdır; ayrıca oldukça parlak ve dekoratif bir görünüşe de sahiptirler. Bu tür paslanmaz çelikler, dünya paslanmaz çelik tüketiminde ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin ardından % 30'tuk bir pay 11e ikinci sırayı almaktadırlar. Kolaylıkla soğuk şekillendirilebilmeleri nedeni ile levha ve sac halinde getirildiklerinden, atmosferik korozyona iyi direnç göstermelerinden ötürü, mimaride iç ve dış dekorasyonda, temizlik ve sterilizasyon maddelerinin korozif etkisine dirençleri ile toplu yaşam yerlerinde mutfak tezgâh ve teçhizatının, yemek kaplarının, çamaşır ve kurutma makinaları kazanlarının, gıda endüstrisinde depolama kaplarının, süt ve bira tanklarının imalatında kullanılırlar.

Ferritik kromlu paslanmaz çelikler, klorürlü ortamlardan kaynaklanan gerilmeli korozyon çatlamasına karşı yüksek dirence sahiptirler. Bu nedenle otomotiv endüstrisinde türlü egzost boruları ile petro-kimya ve kimya endüstrilerinde kazanlar vb. gibi ısı iletimi uygulama yerlerinde kullanılırlar. Ayrıca bünyelerine katılan alaşım elementleri ile geliştirilmiş türlerinde talaşlı şekillendirilebilme özellikleri iyileştirilerek paslanmaz makina elemanlarının imalatında da kullanılmaktadırlar.

Ferritik kromlu paslanmaz çeliklerin kaynak kabiliyetleri de martenzitik paslanmaz çeliklere nazaran çok daha iyidir. Bu tür paslanmaz çelikler ark kaynağı, gazaltı kaynak yöntemleri, tozaltı kaynağı, elektrik direnç kaynağı yöntemlerinin yanı sıra modern kaynak yöntemleri ile de rahatlıkla kaynak edilebilmektedirler. Kaynakta ortaya çıkan problemler önceden bilindiğinde, üretim aşamasında kazandırılan özellikler sayesinde ve kaynak öncesi ile sonrasında alınacak önlemler ile ortadan kaldırılabılır.

Bu tür paslanmaz çelikler, su verme yolu ile sertleştirilemediklerinden, ITAB'de martenzit oluşumu tehlikesi meydana gelmez, bu bakımdan martenzitik paslanmaz çeliklere nazaran daha kolay kaynak edilirler.

Ferritik kromlu paslanmaz çeliklerin kaynağında karşılaşılan önemli sorunlardan bir tanesi, bu malzemenin 1150 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tane irileşmesine karşı aşırı eğilimidir. Kaynak esnasında ITAB'nin bir kısmı 1150 °C'nin üzerin deki bir sıcaklığa kadar ısınır ve dolayısı ile bu bölgede aşın bir tane irileşmesi meydana gelir. Bu tür çeliklerde ostenit-ferrit dönüşmesi oluşmadığından ısı işlem yardımı ile taneleri küçültmenin olanağı yoktur. Normal halde ferritik kromlu paslanmaz çelikler, çok için taneli sünek bir yapıya sahiptirler, iri taneli bir yapı haline geçince gevrekleşirler ve çentik darbe mukavemeti düşer, geçiş sıcaklığı yükselir. Tane irileşmesine mani olmak için bazı ferritik kromlu paslanmaz çeliklerin bileşimine bir miktar azot ilave edilir (Örneğin; AISI normuna göre 444 çeliği 0.035 maksimum ve 446 çeliği 0.25

maksimum). Bu tür çelikler kaynağa daha uygun bir durum gösterirler. Elektroda ilave edilen bir miktar azot ta kaynak metalinin katılaşması sonucunda için taneli olmasına yardımcı olur.

Ferritik kromlu paslanmaz çeliklerin kaynağında öyle bir kaynak yöntemi uygulanmalıdır ki ITAB, 1150 °C'yi aşan sıcaklıklarda olabildiğince az kalmalıdır, bu ise ancak kaynağın çok kısa pasolarla yapılması ve hemen soğutulması ile gerçekleştirilebilir, teorik olarak iri taneli hale gelmiş yapıyı sıcak dövme ile örneğin kaynak bölgesinin çekiçlenmesi ile ıslah etmek mümkündür. Yalnızca bu her parçaya uygulanamaz ve uygulandığında da her zaman güvenilir bir etki göstermez, aksine dövme işlemi parça soğumaya başladığında yapılırsa, gevrekleşmiş olan ITAB'de çatlak oluşumuna neden olunur.

Ferritik kromlu paslanmaz çeliklerin kaynağında ortaya çıkan bir tehlike de, ITAB'de taneler arası korozyona karşı aşırı hassasiyettir. Özellikle stabilize edilmemiş, yüksek krom ve karbon içeren türlerde karşılaşılan önemli bir sorundur. Bu olay, ostenitik krom-nikel paslanmaz çeliklerde oluşanın aksine, ferritik türlerde 900 °C'nin üzerindeki sıcaklıklardan hızlı soğumada ortaya çıkmaktadır, çünkü ostenitik bir yapıya nazaran ferritik yapı içinde krom karbür çökmesi daha yüksek oranlardadır. Ferritik kromlu paslanmaz çelikler kaynak edildiklerinde, dikişe komşu bölgede taneler arası korozyona karşı hassastırlar, zira krom karbürler önce çözülürler, soğuma sırasında yer alabildiğince çabuk gerisin geriye tane sınırlarına partiler halinde çökülürler. Stabilize edilmemiş % 17 Cr'lu çeliklerden yapılan kaynaklı bağlantılar, kaynaktan hemen sonra 750 °C'de tavlama işlemine tabi tutularak taneler arası korozyona karşı dirençli hale getirilebilirler. Eğer bu tür çelikler Ti veya Nb ile stabilize edilmişler ise kaynaklı bağlantılar taneler arası korozyona karşı ısı işlemsiz halde bile dirençli olacaktır.

Ferritik kromlu paslanmaz çeliklerin kaynağında yapılacak bir ön tavlama, martenzitik paslanmaz çeliklerin kaynağından farklı metalürjik etkilere sahiptir. Bu tür çeliklerin kaynaklı bağlantıları yavaş soğutulduğu zaman tane irileşmesi ve tokluk azalması gösterirler. Bazı ferritik paslanmaz çelikler de tane sınırlarında martenzit oluşumuna eğilimlidirler. Bu çeliklere uygulanan ön tavlama ITAB'de çatlama tehlikesini ortadan kaldırır ve kaynaktan doğan gerilmeleri sınırlar. Öntavlama sıcaklığı, bileşime, arzu edilen mekanik özelliklere, kalınlığa ve artık geril melere bağlı olarak saptanır. Öntav sıcaklığı normalde 150-250 °C arasında uygulanır ve pasolar arası sıcaklıklar da öntav sıcaklığının biraz üzerinde tutulabilir.

Kaynaktan sonra 750-850 °C'lik bir tavlamaı takiben hızlı bir soğutma, bu çeliklerde ITAB'nın sünekliğinin ve taneler arası korozyona direncinin artmasına yardımcı olur.

Kaynak edilmiş bağlantıların soğuk şekillendirilmesi ve zorlanması 300-400 °C'lik bir tavlamaıdan sonra yapılmalıdır. Zira bu çeliklerin şekil değiştirme kabiliyeti bu sıcaklıkta hissedilir şekilde artmaktadır.

Ferritik kromlu paslanmaz çeliklerin örtülü elektrod kullanılarak yapılan ark kaynağında, erimiş bölgede tane irileşmesinin neden olduğu gevrekliğe ostenitik krom-nikelli elektrod kullanılarak mani olunabilir. Kullanılan örtülü elektrodlar esas metalden daha yüksek miktarda krom içermelidirler. Az karbonlu ferritik paslanmaz çeliklerde % 18 Cr ve % 8 Ni içeren 18/8 türü ostenitik elektrodlar kullanılabilir. % 0.1 'den daha fazla karbon içeren çelikler için ise % 25 Cr ve % 20 Ni içeren elektrodlar iyi sonuçlar verirler; ancak genellikle bu tür paslanmaz çeliklerin bir çoğunda % 22 Cr ve % 12 Ni içeren elektrodlar diğerleri yerine

rahatlıkla kullanılmaktadırlar.

Kromlu paslanmaz çelik elektrodların kullanılmasında, kaynak dikişine azot nüfuziyeti ile aşırı krom oksit oluşumunu önlemek için kısa ark boyu arzu edilir. Kısa ark boyu ile kaynak aynı zamanda kaynak metalinde porozitenin oluşma eğilimini de azaltır. Uzun tutulan bir ark boyu ise kaynak dikişinde poroziteye neden olur ve azot nüfuziyetini arttırır ve krom kaybı yaratır. Aynı gerçekten dolayı, elektroda safının verilmesi de tavsiye edilmez.

Ostenitik Krom-Nikel Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çelikler, bileşiminde % 12-25 Cr ve % 8-25 Ni içeren ve paslanmaz çelik ailesinin en yaygın kullanım alanına sahip olan çeliklerdir. Nikel kuvvetli ostenit yapıcı bir element olduğundan, bu çeliklerde katılma esnasında ortaya çıkan ostenit oda sıcaklığının altındaki sıcaklık derecelerinde bile dönüşmeden kalır. Soğuma esnasında ostenit-ferrit dönüşümü olmadığından bu tür paslanmaz çelikler de su verme yoluyla sertleştirilemezler. Anti manyetik olan bu tür paslanmaz çeliklere korozyon direncini arttırmak için katılan alaşım elementleri ve etkileri şu şekilde sıralanabilir:

- Çukur ve çatlaklardaki korozyonu önlemek için molibden katılması,
- Kaynak edilmiş parçalarda taneler arası korozyonu önlemek için karbon miktarının azaltılması veya titanyum, niyobyum ve tantalum gibi stabilizasyon elementleri katılması,
- Yüksek sıcaklıklarda korozyon direncini yükseltmek için krom ve nikel miktarının artırılması,
- Gerilmeli korozyon çatlamasının önlenmesi için nikel miktarının artırılması.

Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin korozyon dirençleri martenzitik kromlu ve ferritik kromlu paslanmaz çeliklerden daha yüksektir. Bu bakımdan, paslanmaz çelikler içinde çok yaygın olarak kullanılan bu türün çeşitli kaynak yöntemleri ile kaynak edilmesi de büyük önem taşımaktadır.

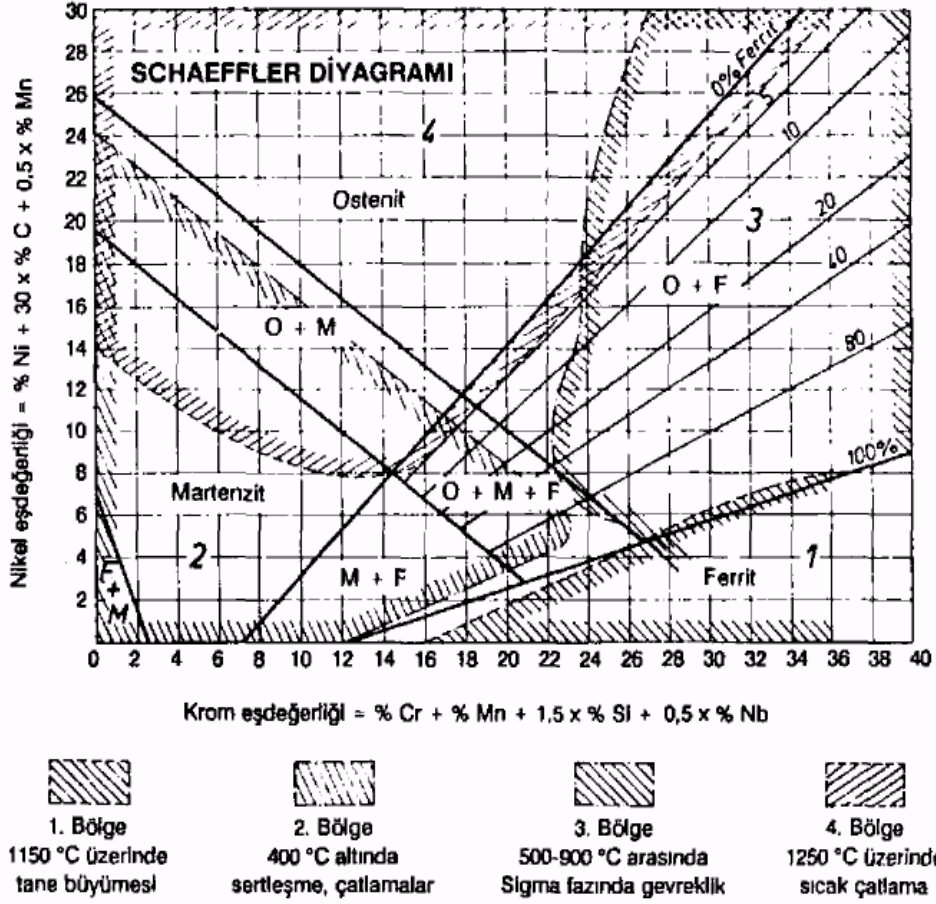
Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin kaynak kabiliyetlerini etkileyen fiziksel özelliklerinin yanında bir dizi metalürji k etken de bu tür çeliklerin kaynağında önemli rol oynar; bunlar delta ferrit fazının oluşumu, taneler arası korozyona hassasiyet, gerilmeli korozyona hassasiyet ve sigma fazının oluşmasıdır.

• Delta Ferrit

Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin üretimlerinde, sıvı halden itibaren katılma başlayınca, ostenit ve δ ferrit taneleri oluşmaya başlar. Bu ferrit ostenitin dönüşümü sonucunda ortaya çıkan ferritten farklıdır. Katılma normal olarak ingota dökülen bir sıvı metalin katılmasında görülen hızla oluştuğu zaman bu çeliklerin yapısı ostenit taneleri arasına serpilmiş δ ferrit taneciklerinden oluşur. Bu faz, krom ve ferriti dengeleyen elementler yönünden zengin, nikel ve osteniti dengeleyen elementler yönünden fakirdir. Bu fazın oluşumu çelik üreticilerinin istemediği bir durumdur; zira malzemenin sıcak şekillendirilmesini zorlaştırır ve malzemede çatlakların oluşumunu teşvik eder. Bu fazın sürekli olarak tanecik sınırlarında bulunması korozyon direncini azaltır. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda uzun süre δ ferrit fazıyla karşı karşıya kalınması sonucunda da, malzemenin mukavemetini ve şekillendirilebilme kabiliyetini azaltıcı yönde etkileyen sert ve

gevrek sigma fazının oluşumu gibi sorunlarla karşılaşılır.

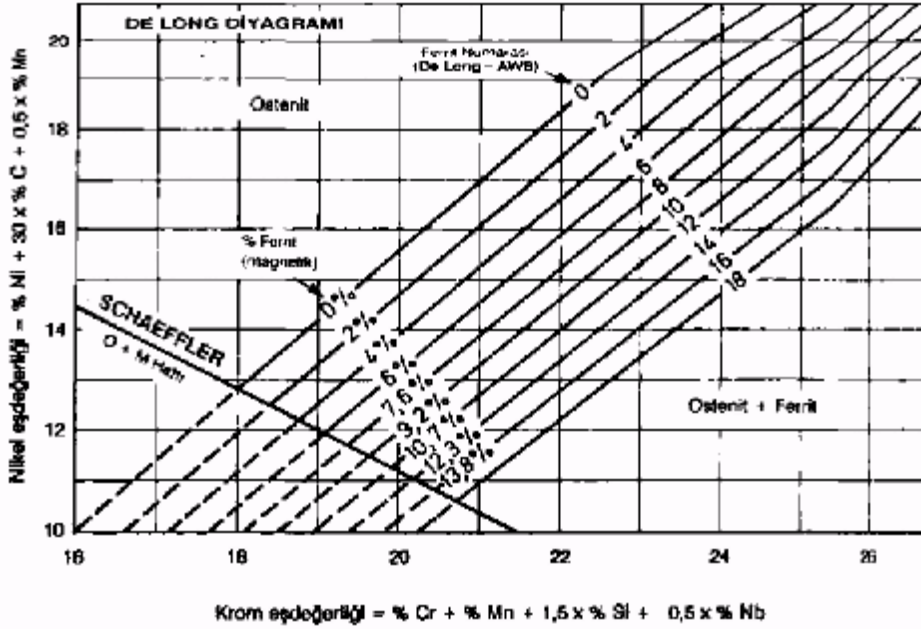
Ostenitik paslanmaz kaynak metallerinin mikro yapıları esas metalinkinden bir miktar farklılık gösterir. Tamamen ostenitik alaşımların eşdeğer bileşimindeki kaynak metalinin az miktarda ferrit içerdiği görülür. Çeşitli elektrodların kullanımı kaynak metalinin metalürjik yapısını değiştirebilir. Bu amaçla kaynak metalinin kimyasal bileşimini saptamak üzere değişik diyagramlar geliştirilmiştir. Bu diyagramlardan bir tanesi Schaeffler diyagramıdır (Şekil 13.7). Bu diyagramda ferriti dengeleyici elementler $Cr_{eş}$ olarak yatay ekseninde, osteniti dengeleyici elementler ise $Ni_{eş}$ olarak düşey ekseninde yerleştirilmişlerdir. De Long diyagramı ise azotun, ostenitik paslanmaz çeliğin faz dengesi üzerindeki başlıca etkisini gösterir (Şekil 13.8). Schaeffler'in çalışmasında ferrit yüzdesi metalografik ölçme metotları kullanılarak tanımlanmıştır. Manyetik ölçme aletleri daha uygun olmakla beraber ikincil ölçüm sistemleri olarak ele alınmaktadır. Dolayısı ile ferrit bileşimini tanımlayabilmek için bir Standard veya ferrit sayısı (FN) geliştirilmiştir. De Long diyagramında $Ni_{eş}$ 'i, osteniti dengeleyici elementlerin ağırlık yüzdesi kullanılarak (Ni, C, N, Mn) hesaplanmıştır. $Cr_{eş}$ 'de, ferrit dengeleyicilerin ağırlık yüzdelерinin alınması ile yapılmıştır (Cr, Mo, Si ve Nb). Örneğin; osteniti dengelemede C ve N, nikelde 30 kat daha etkilidir. Ostenitik paslanmaz kaynak metalinde bulunabilecek az miktardaki bazı elementler de mikro yapıyı etkileyebilir; örneğin, titanyumun bulunması kaynak metalindeki ferrit miktarını birkaç ferrit sayısı arttırabilir.



Şekil 13.7.-Paslanmaz çelik kaynak metalinde mikro yapının belirlenmesinde kullanılan Schaeffler diyagramı.

Paslanmaz çelik kaynak metalinde tam olarak ne kadar ferrit bulunduğunu saptamak zordur, dolayısı ile ferrit ölçümünde standart tekniklerin ve ferrit sayılarının kullanılması yönünde araştırmacılar arasında bir fikir birliği oluşmuştur.

Ostenitik paslanmaz çelik kaynak metalinin delta ferrit miktarının ölçülmesi için, manyetik cihazların kalibrasyonunda kullanılacak Standard bir yöntem Amerikan Kaynak Cemiyeti AWS tarafından kullanıma sunulmuştur (AWS A4.2-74).



Not:

Azot miktarı bilinmiyorsa belirtildiği şekilde ortalama bir değer alınmalıdır.

a) TIG/MIG Yöntemi için % 0,08 (Kendinden korumalı özlü tel için % 12)

b) Diğer kaynak yöntemleri için % 0,06

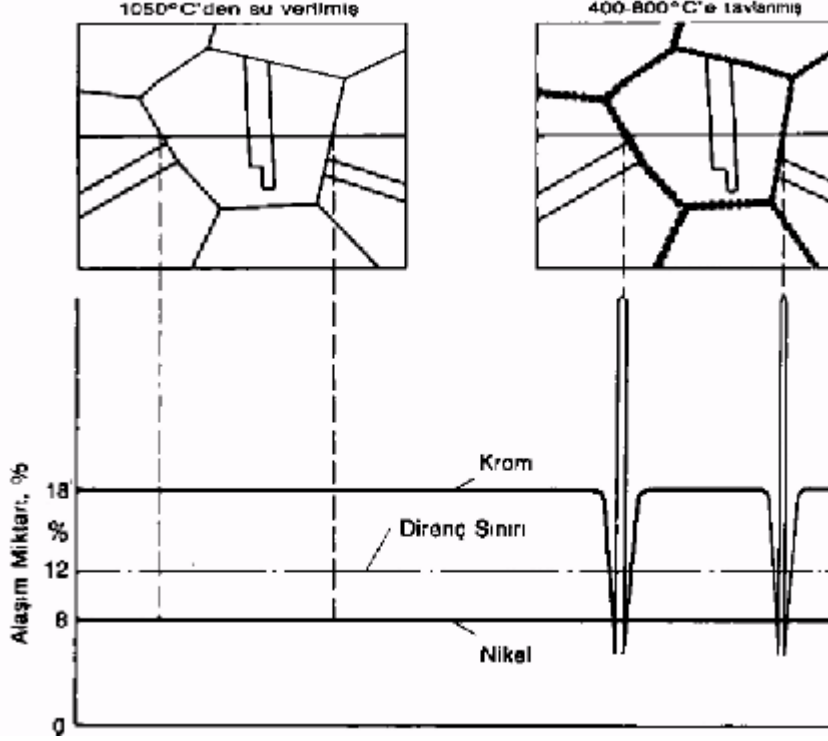
Şekil 13,8,-Ostenitik kaynak metalinde ferrit sayısının tanımlanması için kullanılan De Long diyagramı.

Burada şunu belirtmede fayda vardır ki elektrod üreticileri ferrit içeren kaynak metallerinin, ferrit içermeyen kaynak metallerine nazaran sıcak çatlaklara karşı daha dirençli olduklarını bulmuşlardır ve günümüzde paslanmaz elektrodlar ve teller kaynak metalinde daima bir miktar ferrit bulunacak şekilde üretilirler.

• Krom Karbür Çökmesi ve Taneler arası Korozyon

Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin kaynağında ortaya çıkan ikinci bir sorun da, özellikle 18/8 çeliği gibi bazı krom-nikelli çeliklerin 450-850 °C sıcaklık aralığındaki bir sıcaklıkta uzun süre kalmalarında oluşan krom karbür çökmesi eğilimidir. Bu çelikler üretimleri sırasında krom karbürün ostenit içerisinde çözündüğü 1100 °C'den itibaren hızla soğutulurlar. Bu şekilde bu elementlerin çökme tehlikesi ortadan kalkmış olur ve oda sıcaklığında karbonun difüzyon hızı çok düşük olduğundan, kullanım esnasında oluşma olanağı yoktur. Sıcaklığın 450 °C'nin üzerine çıkması ile karbonun difüzyon hızı, karbonu tane sınırlarından dışarıya çıkartacak derecede artar. Tane sınırlarında biriken karbon, kroma karşı olan yüksek ilgisinden (affinitesinden) dolayı bu bölgede krom ile birleşerek krom karbür oluşturur ((Fe, Cr)₂₃ C₆). Oluşan krom karbürün ağırlık olarak % 90'ını krom oluşturduğundan, tane sınırlarında bulunan çok az karbon bile ostenit tanelerinin çevresindeki krom miktarını aşırı derecede azaltır (Şekil 13.9). Bunun sonucu olarak malzeme

korozif bir ortamda bulunduğunda, kromca zayıflamış olan tane sınırlarında korozyon oluşur. Bu şekilde ortaya çıkan tanelerarası korozyon tüm malzemeyi çok kısa bir zamanda kullanılamaz hale getirir. Çeliğin karbon içeriği arttıkça bu olay şiddetlenir.



Şekil 13.9.-Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerde tane sınırlarında krom karbür çökmesine bağlı olarak krom azalması (şematik).

Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin kaynağı esnasında eriyen bölge çok kısa bir zamanda katılaşım hızla soğuduğundan ve elektrod olarak kullanılan alaşımların karbon içeriği de düşük olduğundan kaynak metali, yani kaynak dikişi için karbür çökme tehlikesi yoktur. Buna karşın Isının Tesiri Altında Kalan Bölge (ITAB), kaynak süresi boyunca, 500-900 °C sıcaklık aralığında tavlı olarak kalmakta ve aynı zamanda da burası esas metal olduğundan, karbon içeriğinin yüksek olması halinde ostenit tane sınırlarında tanelerarası korozyona neden olacak karbür çökmesi olayı ortaya çıkmaktadır. Belli bir karbon içeriği için karbür çökmesi olayının şiddeti, sıcaklık ve zamana bağlıdır. Çökme başlamadan önce sıcaklık ile değişen bir kuluçka periyodu vardır. Sıcaklık ve çeliğin karbon içeriğine göre en kısa sürede çökmenin başladığı bir sıcaklık vardır ki buna Kritik sıcaklık adı verilir (Tablo 13.14).

Tablo 13.14.-Krom karbür çökmesinin karbon içeriği, zaman ve sıcaklığa bağlılığı.

Karbon İçeriği %	Kuluçka Periyodu (dakika)	Kritik Sıcaklık (°C)
0.03	11	650
0.05	7	650
0.06	2.5	670
0.08	0.3	750

Tek paso ile yapılan ark kaynağında ITAB, 650-750 °C arasındaki sıcaklığa bir dakikadan az bir süre maruz kalır. Buna karşın, çok pasolu kaynak halinde, bu süre üç dakikanın üzerine çıkar ve dolayısı ile karbür çökme tehlikesi kendini gösterir. Karbür çökmesinin oluşabilmesi için, çeliğin karbon içeriğinin belli bir miktarın üzerinde olması gerekir. Tablo 13.14'te görüldüğü üzere karbon içeriğinin azalması, kuluçka periyodunu uzattığından bu tehlike ortadan kalkacaktır. Bu bakımdan, kaynak ile birleştirilmesi gereken ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin, karbon içeriğinin en çok % 0,06, optimum % 0,03 civarında olması gerekmektedir. Bu amaçla, ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin özel olarak üretilen bazı türlerinde (X2 CrNi 19 11, X2 CrNiMo 17 13 2), karbon miktarı düşürülerek korozyon direncinin artırılması amaçlanmıştır.

Tanelerarası korozyonun oluşmasını önlemek amacıyla uygulanan bir başka yöntem de çeliğin stabilizasyonu olarak adlandırılır; bu durumda karbonun kroma karşı olan ilgisinden daha yüksek bir ilgiye sahip bir elementin çeliğin bileşimine katılması ile gerçekleştirilir. Bu şekilde çeliğin bileşimindeki karbon ile bu yeni element karbür oluşturur ve dolayısı ile içyapının bazı bölgelerinde ortaya çıkan krom azalması olayı oluşmaz. Stabilizasyon için ilâve edilen elementler titanyum, niyobyum ve tantalyumdur. Bu elementlerin karbürleri, tane sınırları boyunca değil, ostenit taneleri içerisinde, için zerrelere halinde dağılmış olduklarından, çeliğin mekanik özelliklerinde de bir değişiklik oluşturmaz. Stabilizasyonun gerçekleşebilmesi için ilâve edilen titanyumun karbonun dört katı, niyobyumun sekiz-on katı, tantalyumun onaltı katı olması gereklidir.

Çeliklerde maliyet açısından titanyum, elektrolarda titanyumun arktaki fazla kaybından dolayı niyobyum tercih edilir. Stabilize edilmiş çelikler de, tanelerarası korozyona karşı tam manasıyla dayanıklıdır denilemez; zira, niyobyum, titanyum ve tantalyum karbürler 1300 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çözülür ve karbon serbest kalarak krom karbür oluşturabilir. Bu sıcaklığa kadar erişen bölge çok dar bir alan olduğu için erime çizgisine yakın bir yerde, çok dar bir alan korozyona karşı direncini kaybeder ve bu olaya "**bıçak izi etkisi veya korozyonu**" adı verilir.

ITAB veya esas metalde krom karbür çözülmesinin olduğu hallerde, şayet parçanın boyutları ve konstrüksiyonu uygun ise parça 1100 °C'ye kadar tavlansın su içinde aniden soğutulursa yüksek sıcaklıkta ostenit içerisinde çözülmüş bulunan karbürler hızlı bir soğuma esnasında tekrar oluşamazlar. Ancak, böyle bir ısıl işlemin uygulanması pek kolay olmayabilir. Bundan dolayı, krom karbür çökmesine eğilimli % 0,03'den

fazla karbon içeren ostenitik paslanmaz çeliklerin kaynağında, kaynakçının kaynak esnasında alacağı en iyi önlem, dikişi çektikten hemen sonra ıslak bir bez veya üstüğü ile hızla soğutması olarak tavsiye edilir.

• Gerilmeli Korozyon

Bu korozyon türü, malzemenin gerilme altında koroziv bir ortamda da bulunması halinde ortaya çıkar. Bu tür korozyon tanelerarası ve taneleriçi kırılmalar şeklinde kendini gösterir. Özellikle ostenitik krom nikelli paslanmaz çeliklerin kaynar haldeki klorürler ve derişik hidroksitler içinde bulunması halinde oluşum tehlikesi vardır. Zira kaynak artık gerilmeleri ve parçanın kullanılacağı kimyasal ortam çatlakların ilerlemesini teşvik eder.

• Sigma Fazı

Ferritik k.omlu paslanmaz çeliklerde görülmesinin yanı sıra, % 9'dan daha az nikel içeren ostenitik paslanmaz çeliklerde kaynak bölgesinde sigma fazının oluşması bu tür çeliklerde de kaynak kabiliyetini olumsuz yönde etkiler. 550 - 925 °C sıcaklık aralığında oluşan sert, gevrek metallerarası bileşik olan bu sigma fazının (800 -1000 HV) oluşabilmesi için ostenitik yapı içinde bir miktar da ferrit bulunması gerekir. Soğuk şekil değıştirme, niyobyum, molibden, silisyum gibi elementlerinin varlığı sigma fazının oluşumunu teşvik eder. Sigma fazının bulunması çeliğin uzama, büzülme ve çentik darbe mukavemetini düşürdüğünden varlığı arzu edilmez. Karbür çökmesini yok etmek için uygulanan ısı işlem sigma fazının da yok olmasını sağlar. Ostenitik paslanmaz çelik daha önceden bir homogenizasyon tavlamaına tabi tutulmuş ve içindeki ferrit miktarı % 6.5'un altına düşürülmüş ise kaynak bölgesinde oluşacak sigma fazı çentik darbe mukavemetinin düşmesine neden olmaz. Burada ferrit miktarı az olduğundan, ostenitik yapı içerisinde ağ şeklinde değil, izole edilmiş odacıklar halinde bulunur. Bu şekilde oluşturulan sigma fazı, yapıya bir süreklilik kazandırmaktadır. Tavlama durumunda % 7-8'den daha az ferrit içeren kaynak bölgesi, sigma dönüşümü ile az bir gevreklik kazanır. Bu da uygulamada Önemli bir özelliktir. Eğer yapıda sigma fazı oluşmuşsa, bu faz 950 -1050 °C sıcaklık aralığında belirli bir süre tavlama ve suda soğutma ile giderilir.

• Kaynak Ağızlarının Hazırlanması

Bu tür yüksek alaşımlı çeliklerde, kaynak ağzlarının özenle hazırlanması, kaynağın kalitesinin ön koşuludur. Paslanmaz çeliklerin yüzeylerinde, alev içinde erimeyen refrakter bir krom oksit filmi olduğundan, karbonlu çelikler halinde olduğu gibi, oksijen ile kesilmesi olanaksızdır. Dolayısı ile bu çeliği kesmek için mekanik kesme, plazma ile kesme, oksit ile kesme gibi yöntemlerin uygulanması gerekir. Isıl kesmeler kaynak ağzlarında yapısal değışim oluşturacağından, kesilen kenarların özenle taşlanması gerekir. Taşın başka metaller üzerinde özellikle, galvanizli saclarda kullanılmamış olmasına çok dikkat edilmelidir.

İnce saclar, genellikle 5 mm.'ye kadar olanlar tercihan mekanik kesme ile hazırlanmalıdır; daha kalın parçalar için termik (ısı) yöntemler kullanılabilir. Kaynak bağlantısının kalitesi bakımından kaynak ağzları, kaynaktan önce ağız kenarlarından en az 15 mm.'ye kadar, oksit, yağ, gres ve diğer artıklardan iyice temizlenmelidir. Kaynak öncesi temizleme için şu yöntemler tavsiye edilebilir.

- Paslanmaz çelik fırçalar,
- Temiz kum ve toz püskürtme,
- Klorürsüz kesme sıvıları,
- Taşlama ve talaş alma,
- % 10-20'lik nitrik asit çözeltisi ile dağlama.

• Kaynağın Uygulanması

Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çelikler ark kaynak yöntemlerinin büyük bir bölümü ile rahatlıkla kaynak edilmektedirler. Başlıca uygulanan yöntemler, Örtülü elektrodla ark kaynağı, MIG, TIG, Plazma, Özlü tellerle ark kaynağı ve Tozaltı kaynağıdır. Modern kaynak yöntemleri de rahatlıkla uygulanabilmektedir.

Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin örtülü elektrodla ile ark kaynağında kullanılmak üzere rutil ve bazik örtülü elektrodlar geliştirilmiştir. Tablo 13.15'de DIN 8556'ya göre paslanmaz çelik örtülü elektrodların kimyasal bileşimleri ve malzeme numaraları verilmektedir. Gerek rahat çalışma olanağı ve gerekse tutuşturulma kolaylığı açısından özellikle yatay pozisyonlarda 5 mm.'den için kalınlıktaki parçaların kaynağında rutil örtülü elektrodlar tercih edilir. Buna karşın, yüksek mekanik özelliklere sahip kalın parçaların çeşitli pozisyonlarda kaynağında ise bazik örtülü elektrodlar tercih edilmelidir. Bazik örtülü elektrodları gerek tutuştururken ve gerekse de kullanırken normal az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan bazik elektrodların kullanımında dikkat edilmesi gereken hususlar geçerlidir. Bu bakımdan birçok kaynakçı rutil karakterli elektrodları tercih eder.

Tablo 13.15.-Paslanmaz çelik örtülü elektrodlar (DIN 8556)

Simge	Kimyasal Bileşim Ağırlık % ¹⁾					Malzeme No
	C _s	Cr	Ni	Mo	-	
13	0.12	11.0-14.0	-	-	-	1.4009
13 4	0.07	12.0-15.0	3.0-5.0	≤ 1.0	-	1.4351
17	0.10	16.0-18.0	-	-	-	1.4502
19 9	0.07	18.0-21.0	8.0-11.0	-	-	1.4302
19 9 nC	0.04	18.0-21.0	8.0-11.0	-	-	1.4316
19 9 Nb	0.08	18.0-21.0	8.0-11.0	-	Nb ²⁾	1.4551
19 12 3	0.07	17.0-20.0	10.0-13.0	2.5-3.0	-	1.4403
19 12 3 nC	0.04	17.0-20.0	10.0-13.0	2.5-3.0	-	1.4430
19 12 3 Nb	0.08	17.0-20.0	10.0-13.0	2.5-3.0	Nb ²⁾	1.4576
18 15 3 nC	0.04	16.5-19.5	13.0-16.0	2.5-3.5	-	1.4433
19 13 4	0.07	17.0-20.0	12.0-15.0	4.0-5.0	-	1.4447
18 20 2 CuNb	0.10	17.0-20.0	19.0-22.0	2.0-2.5	Nb ²⁾ Cu1.8-2.2	1.4507
25 25 2 Nb	0.10	24.0-27.0	24.0-25.0	2.0-2.5	Nb ²⁾	1.4587
23 12 nC	0.04	22.0-25.0	11.0-14.0	-	-	1.4332
23 12 Nb	0.08	22.0-25.0	11.0-14.0	-	Nb ²⁾	1.4556
18 8 Mn 5	0.20	17.0-20.0	7.0-9.0	-	Mn 5-7	1.4370
30	0.10	27.0-30.0	-	-	-	1.4773
25 4	0.15	24.0-27.0	4.0-5.0	-	-	1.4820
22 12	0.15	20.0-23.0	10.0-13.0	-	-	1.4829
25 20	0.15	24.0-27.0	19.0-22.0	-	-	1.4842
18 38	0.25	14.0-19.0	33.0-38.0	-	-	1.4883

1) Özel hallerde izin verilebilir sapmalar anlaşmaya bağlıdır.
2) Nb içeriği minimum karbon içeriğinin sekiz katı kadardır.
% 1.1- % 20 ağırlık Nb, Ta ile yer değiştirilebilir.

Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çelikler, sıcak çatlamaya karşı hassastırlar ve bu olay özellikle örtülü elektrodlar ile yapılan ark kaynağında kendini şiddetle gösterir; bu gibi durumlarda alınması gerekli önlemler ve dikkat edilmesi gerekti hususlar şunlardır:

- Kaynak işlemi için mümkün olan en için çaplı elektrod seçilmelidir;
- Mümkün olan en düşük akım şiddetli kullanılmalıdır;
- Elektroda zikzag hareketi verilmemeli, pasolar olduğu kadar için çekilmelidir;
- Çok pasolu kaynak durumunda, her paso çekildikten sonra, parça oda sıcaklığına kadar soğutulmalı ve ikinci paso sonra çekilmeli ve soğumanın olabildiği kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmesi sağlanmalıdır;
- Kaynağın bilimindeki krater mutlaka doldurularak kapatılmalıdır; kaynak esnasında çatlak tespit edilir ise, çatlak kısım taşlanarak çıkartılmalı ve tekrar doldurulmalıdır.

Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklere de bir gerilme giderme tavlama kaynak işleminden sonra zaman zaman uygulanabilir, tav sıcaklığı 800-925 °C arasında seçilir; bu tav işlemi ancak karbür çökeltme ve sigma fazı oluşumu tehlikesi olmayan ostenitik paslanmaz çeliklere uygulanabilir.

• Kaynak Sonrası Temizleme

Kaynaktan sonra dikişin her iki tarafında kahverengi veya siyah kahverengi renkte bir bölge oluşur. Kaynak yaparken oluşan bu renklenmenin kaynak işlemi bittikten sonra temizlenmesi gerekir. Bu konuda mekanik temizleme yöntemleri uygulanabildiği gibi, kimyasal yöntemler de kullanılır. Mekanik temizleme işlemleri taşlama ve zımparalama ve bazı hallerde de kum püskürtmedir. Kimyasal yöntem ise bu bölgenin veya parçanın tümünün özel formüllere göre hazırlanmış seyreltik çözeltiler ile temizlenmesi esasına dayanır.

Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çelikler oldukça sık kullanılan ve kaynak edilerek birleştirilen büyük bir çelik ailesidir. Bu tür çeliklerin kaynağında metalurjik birçok etkenin rol oynamasının yanı sıra konstrüktif tedbirler de almak gereklidir. Bu amaçla, kaynak esnasında ve kullanımda belirtilen tavsiyelere uyulması ile kaliteli bağlantılar gerçekleştirilecek ve yıllarca kullanılabilir olacaktır.

YÜKSEK SICAKLIK ÇELİKLERİNİN KAYNAĞI

Buhar türbinleri, yüksek basınçlı buhar kazanları, rafineriler ve petrokimya endüstrisinde kullanılan reaktörler gibi birçok uygulama alanlarında çelik, çok yüksek sıcaklık ortamlarında bulunmak zorundadır. Bu tür uygulamalarda kazan saclarının özellikleri yeterli değildir.

Bu tür çalışma koşulları için geliştirilmiş olan yüksek sıcaklığa dayanıklı çelikler Cr, Mo, W ve V gibi alaşım elementlerinin katkısı ile oldukça tatminkâr yüksek sıcaklık özelliklerine sahiptirler.

Yüksek sıcaklık uygulamalarında, sadece çeliğin yüksek sıcaklıklardaki akma ve çekme mukavemetleri göz önüne alınmamalıdır. Sıcaklık ve mekanik zorlamanın beraberce etkisi sonucu malzemelerde sürünme olayı şiddetlenmektedir. Son yirmi yıl içinde yüksek sıcaklık çeliklerinin çeşitli sıcaklıklardaki sürünme özellikleri uzun süreli deneyler sonucunda saptanmış ve bu sonuçlar malzeme

standard ve spesifikasyonlarına eklenmiştir.

Yüksek sıcaklık çeliklerinde, çalışma ortamındaki mukavemet özellikleri kadar, o koşullardaki tufalleşme eğilimi de önemli bir konudur. Bilindiği gibi metallerin yüksek sıcaklıklarda oksitlenmeye eğilimi artar ve metalin üzerinde kalın bir tu-fal tabakası oluşur.

Yüksek sıcaklık çeliklerinde t °C çalışma sıcaklığında tufalleşme miktarının 1 g/m² saat, t + 50 °C'de de 2 g/m² saat değerini aşmaması arzu edilir. Bu değer 120 saat süren ve en az 4 kere ısıtma ve soğutma çevrimlerini kapsayan bir deney sonucu tespit edilir.

Bu oldukça emniyetli bir değerdir; bu şekilde 10.000 saatlik bir çalışma sonucu çeliğin yüzeyinde 1,3 mm. kalınlığında bir kısım tufalleşerek yok olacak demektir.

Bu çelikler, bileşimlerine ve dolayısı ile de işletme sıcaklığına göre de sınıflandırılmışlardır. Cr, Mo, W, Ni, Co, Nb, Ta, Ti ve Al, çeliğin gerek matris yapısına gerekse de karbür oluşumuna etkiye bulunarak yüksek sıcaklık ve sürünme özelliklerini geliştirirler. 500 °C'ye kadar sıcaklıklarda kullanılacak olan çeliklerin bileşimine az miktarda Mo, V ve Cr katkısı yeterli olmaktadır; özellikle Mo, yüksek sıcaklık dayanımını arttırmada en önemli etkiyi yapar. 550 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda kullanılacak çeliklerin tufalleşmeye dayanıklı olması gerekir. Burada % 12 Cr'lu Mo, V ve Nb + Ta içeren çeliklerin seçilmesi en uygun çözümdür. 600 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda dönüşüm gösteren çelikler sürünme mukavemetlerini yitirmeye başlarlar ve dolayısı ile buralarda krom-nikelli ostenitik çelikler tercih edilmelidir. Bu türün temel örneği Mo ve Nb + Ta katılarak sürünme özellikleri geliştirilmiş % 16 Cr, % 13 Ni içeren çeliktir (X8 Cr Ni Nb 16 13, X8 Cr Ni Mo V Nb 1613). 700 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar için sadece Cr, Ni, Co esaslı, Mo, W ve Nb + Ta içeren alaşımlar uygun sürünme dayanımı göstermektedir.

Az alaşımlı ve tüm % 12 Cr'lu yüksek sıcaklık ve sürünmeye dayanıklı çelikler genel olarak su verilmiş ve temperlenmiş durumlarında kaynak edilirler.

Ostenitik çeliklerin dışında kalan yüksek sıcaklığa dayanıklı çeliklerin kaynağında önlem alınmadığı hallerde ITAB'de sertleşme görülür. Kaynak esnasında ve kaynak sonrası düzeltme işlemlerinde ortaya çıkan iç gerilmeler bu bölgede çatlak oluşumu riskini artırır. Bu tehlikeyi ortadan kaldırmak için uygun kaynak ağzı hazırlanması kaynak planı yapılması öntav ile soğumanın kontrol altında tutulması ve bazı hallerde de gerilme giderme tavı uygulanması gereklidir.

Stabilize ostenitik çelikler çözeltiye alma ısıl işlemi görmüş durumda kaynak edildiklerinde yüksek sıcaklıklarda daha üstün özellikler gösterirler, bu tür malzemelerin sıcak çatlamaya olan eğilimleri nedeni ile tüm kaynak işlemi esnasında ısı girdisi düşük tutulmak zorundadır. Bu çeliklerin düşük ısı iletkenliği yerel aşırı ısınmalara neden olabileceğinden, kaynak ısısının kaynak bölgesinde yığılmasına izin verilmemelidir. Bu gibi durumlarda 4 mm. çapını aşmayan örtülü elektrodlar ile kısa ark boyu ile 80-90 °C'lik bir açı ile tutularak tel çapının üç katını geçmeyen salınmalarla olabildiğince dar kaynak dikişleri çekilmelidir. Bu türe giren çeliklerin kaynağında genellikle ön ısıtma uygulanmaz bununla beraber 25 mm.'den daha kalın parçalara 100-200 °C'lik bir öntav uygulanmalı yalnız bu durumda kaynak sırasında dikiş civarının sıcaklığının 300-350 °C'yi aşmamasına dikkat edilmelidir.

X40 Cr Ni Co Nb türü gibi Co esaslı sürünmeye dayanıklı malzemeler yüksek karbon içeriklerinden ötürü kalınlıklarına göre 200-400 °C'lik bir öntava tabi tutulmalıdır.

DÜŞÜK SICAKLIKLARDA KULLANILAN ÇELİKLERİN KAYNAĞI

Sıvılaştırılmış gazların taşınması ve depolanmasında kullanılan, boru, ekleme parçaları, vana, pompa ve tankların üretimi çok düşük sıcaklıklarda özelliklerini yitirmeyen malzeme ve buna uygun bir kaynak bağlantısı gerektirmektedir. Çok iyi bilindiği gibi azalan sıcaklıkla çeliklerin çekme mukavemetinde artma buna karşın süneklik ve tokluklarında azalma görülür.

Endüstride çok yaygın biçimde kullanılan ferritik çeliklerin çentik darbe mukavemetleri belli bir sıcaklık derecesinde ani düşme gösterir; geçiş sıcaklığı diye adlandırılan bu sıcaklık derecesinin altında çelikler gevrek bir davranış sergilerler. Bu sıcaklığın derecesi, çeliğin eldesinde uygulanan yöntem, alaşım elementlerinin tür ve miktarına, ısıtma işlem durumuna ve soğuk şekil değiştirme derecesine bağlı olarak değişir. Bu bakımdan 0 °C'nin altındaki sıcaklıklardaki uygulamalarda, malzemeden beklenen en önemli özellik, basit bir biçimde çentik darbe deneyi ile saptanan tokluğunu kullanma sıcaklıklarında korumasıdır.

Birçok gözetim ve denetim kuruluşları bu tür çeliklerin en düşük çalışma sıcaklıklarında ISO V çentik darbe deneyinde, minimum 27 J değerini vermesini Öngörmektedir. Son yıllarda, çentik darbe deneyinin de özellikle aşın düşük sıcaklıklarda yetersiz kaldığı görülerek çeşitli kırılma mekaniği deneyleri geliştirilmiştir.

Uzun yıllardır, çelik üretiminde kazanılan deneyimler ve araştırmaların sonucu, çeliklerin düşük sıcaklık derecelerinde tokluklarını yitirmemeleri için şu özellikleri taşımaları gerekliliği ortaya çıkmıştır.

- Alaşım elementi olarak karbon çelikte minimum düzeyde bulunmalıdır,
- Çeliğe sıvı halde iken çok etkin bir gaz giderme istemi uygulanmalı, bununla beraber gaz gidermede kullanılan alüminyumun miktarı % 0,05'den fazla olmamalıdır,
- Çelik için taneli olmalıdır,
- Uygun bir ısıtma işlem uygulanmalıdır (normalizasyon veya su verip temperleyerek ıslah),
- Çelik nikel ile alaşımlandırılmalıdır,
- Çelikte kükürt ve fosfor içeriği minimum düzeyde olmalıdır.

Günümüzde kullanma sıcaklığına göre çeşitli türlerde düşük sıcaklık çelikleri geliştirilmiştir, bunlar kullanma sıcaklığına göre şöyle sınıflandırılabilir.

• Az alaşımlı düşük sıcaklık çelikleri ve için taneli yapı çelikleri normalize durumda -50 °C'ye. σ_u verilmiş ve temperlenmiş (ıslah edilmiş) durumda ise -80 °C'ye kadar olan çalışma sıcaklıklarındaki uygulamalarda emniyetle kullanılır.

• % 2,5'dan % 9'a kadar Ni içeren ıslah edilmiş çelikler -80 °C ile -200 °C'ye kadar olan çalışma ortamlarındaki teçhizatın üretiminde uygulama alanı bulmuştur; bu çeliklerde nikel içeriği arttıkça geçiş sıcaklığında görülen tokluk azalmasının şiddeti azalır ve geçiş sıcaklığı daha düşük sıcaklık derecelerine doğru kayar.

Endüstride sıvılaştırılmış gazlara olan istem düşük, sıcaklıklarda kullanılmak üzere kaynaklı basınçlı kap, boru bağlantıları, vana, pompa ve tankların üretimini yaygın bir hale getirmiştir. Düşük sıcaklık uygulamalarında, tüm diğer basınçlı kap üretimlerinde olduğu gibi elektrik ark kaynağı yöntemleri, alın birleştirmeler ile uygulanır. Konstrüksiyonda gerilme yığılmasına neden olabilecek nufuziyet azlığı, yanma oluşu, cüruf kalıntısı gibi kaynak hataları ile her tür çatlak ve dikiş kesişmelerinden kaçınılır.

Bu tür çeliklerin kaynağı ile ilgili diğer hususlar şöyle sıralanabilir:

- Genel olarak bu üretim dalında kullanılan için sacların kaynağında öntav uygulanmaz, kesit kalınlaştıkça ve çeliğin karbon içeriği de % 0,20'yi aşınca 80 ilâ 150 °C'lik bir öntav gerekebilir.
- Kaynakta düşük hidrojenli, iyi kurutulmuş bazik örtülü elektrodlar kullanılır.
- Kaynak metali hem istenen mukavemet özelliklerini hem de kullanma sıcaklığında gerekli tokluğu sağlayacak türde seçilir.
- Bu tür çeliklerin kaynağında en önemli konu ITAB'de tane irileşmesine neden olmamak için ısı girdisinin en azda tutulması gerekliliğidir. Kaynak esnasında öntav uygulanmış olsa dahi pasolararası sıcaklık 150 °C'yi aşmamalıdır.
- Bazı hallerde çeliğin türüne veya şartnameye göre yapının özelliklerini geliştirmek açısından gerilme giderme tavı öngörülmektedir, burada kesinlikle çelik üreticisinin öngördüğü sıcaklık derecesi ve süre aşılmamalıdır.
- Kaynak işlemi, pozisyonlar kullanılarak mümkün olduğu kadar yatay oluk pozisyonunda yapılmalıdır; zira ancak bu pozisyonda hem ısı girdisi kontrol altında tutulabilir hem de hatasız kaynak yapılabilir. Bu tür çeliklere tavan, korniş ve aşağıdan yukarı dik kaynak asla uygulanmamalıdır. Dik kaynağın kaçınılmaz olduğu hallerde sadece yukarıdan aşağıya dik kaynak uygulanmalıdır.

Az Alaşımli ve İçin Taneli Düşük Sıcaklık Çeliklerinin Kaynağı

Bu tür çelikler normalize durumda -50 °C'ye kadar olan sıcaklıklardaki çalışan konstrüksiyonlarda kullanılır, örneğin; sıvı LPG taşınmasında kullanılan tanklar bu tür çeliklerden yapılmıştır. Bu çeliklerin kaynağında özgül ısı girdisini kontrol altında tutarak ITAB'nin mümkün olduğu kadar dar oluşması sağlanmalıdır. Bu çelikler kaynak dikişinde hidrojen içeriğini en azda tutabilmek için kurutulmuş bazik örtülü, DIN 1913 ve TS 563'e göre 9, 10 ve 12 no'lu örtü türüne sahip ve kaynak metali bileşiminde de % 0,06 - 0,08 Cr, % 1 - 1,4 Mn ve % 0,4 - 0,6 Mo içeren elektrodlarla kaynak edilebilirler.

Bu grup çeliklerin İslah edilmiş olanları, -80 °C'ye kadar olan çalışma sıcaklıklarındaki uygulamalarda kullanılır. Bunların kaynağında DIN 8529'a uygun elektrodlar, normda öngörülen koşullar altında uygulanırlar.

Bazı hallerde, özellikle kalın ve aşırı zorlama ile karşı karşıya olan kaynak bağlantılarında kaynak dikişi soğuduktan bir saat sonra hidrojenin neden olduğu çatlaklar ile karşılaşılabilir. Bu bakımdan buralarda kullanılan elektrodlar kaynak öncesi iki saat 250 °C'de kurutulmalı ve el ile tutulabilecek sıcaklığa düştüğünde hemen kullanılmalıdır.

Bu tür çelikler, nadiren oda sıcaklığında kaynak edilirler, genellikle parça kalınlığına bağlı olarak 80-120 °C arasında öntav uygulanır, kaynak esnasında kendini çekme zorlamalarının şiddetli olduğu veya çeliğin karbon içeriğinin % 0,20'yi aştığı hallerde öntav sıcaklığı 150 °C'ye kadar yükseltilebilir.

Bu tür çeliklerden yapılmış basınçlı kaplara 620 °C civarında bir gerilme giderme tavlı uygulanır.

% 2,5 - 3,5 Nikel İçeren Çeliklerin Kaynağı

Bu gruba giren çelikler - 100 °C'ye kadar olan ortamlarda çalışan teçhizatın üretiminde kullanılırlar. Bunlar çok rahat bir biçimde paslanmaz çelikler için geliştirilmiş 19 Cr - 9 Ni, 18 Cr - 8 Ni - 6 Mn veya 25 Cr - 20 Ni içeren ostenitik elektrodlar ile kaynak edilebilirler.

Burada duruma göre parça kalınlığı ve kaynak esnasında zorlanma derecesi gözönünde bulundurulurak 100-300 °C arasında değişen bir öntav uygulanır.

Genel olarak bu tür elektrodlar ile kaynatılmış parçalara işlem sonrası bir gerilme giderme tavlı uygulanmaz; zira 600 °C sıcaklığından sonra, şiddetlenen karbon difüzyonu kaynak metalinin tokluğunun azalmasına neden olur. Gerilme giderme tavlının uygulanmasının gerekli olduğu hallerde 580 °C'nin aşılmasına çalışılır.

Son yıllarda bu tür çeliklerin kaynağı için % 2,5 - 3,5 Ni içeren ve tokluğunu -100 °C'de dahi koruyabilen elektrodlar geliştirilmiştir. Daha yüksek Ni içeren elektrodlar ile yapılan kaynaklarda, dikişte sıcak çatlama riski artmaktadır.

Bu tür elektrodlar ile elde edilen kaynak metalinin tokluğu geçiş bölgesinde oldukça geniş bir dağılım göstermektedir. Fosfor, kükürt, arsenik, kalay ve antimuan gibi gayri safiyetlerin bileşimde azalması, hem bu dağılımı düzeltmekte ve hem de sıcak çatlama eğilimini azaltmaktadır; bu tür elektrodlarda kullanılan çeliklere eldeleri sırasında vakumlama uygulanmış olması, tokluğun yükselmesini sağlamaktadır. Bu tür elektrodlar ile elde edilmiş kaynak metalinin tokluğu, gerilme giderme tavlı sıcaklığından (< 650 °C) ve süresinden etkilenmemektedir.

% 5 Nikel İçeren Çeliklerin Kaynağı

Bu gruba giren çelikler, düşük sıcaklık çelikleri içinde uygulamada en az kullanılanlardır. Bu çelikler ancak 19 Cr - 9 Ni, 18 Cr - 8 Ni - 6 Mn veya 23 Cr - 20 Ni içeren, paslanmaz çelikler için üretilmiş ostenitik elektrodlar ile kaynatılabilmektedirler. % 5 Ni içeren kaynak elektrodları ile yapılan kaynak dikişlerinin çatlama eğilimi çok fazladır. Ostenitik elektrodlar ile elde edilen kaynak metalinin oda sıcaklığındaki akma dayanımının esas metalden daha düşük olması dizaynda bir takım sorunlar yaratmaktadır.

% 9 Nikel İçeren Çeliklerin Kaynağı

Bu gruba giren çelikler, pahalı olmalarına karşın, mukavemet değerlerinin yüksekliği nedeni ile kesitlerin inelmesine olanak sağladığından, çoğu kez diğer türlere nazaran daha avantajlı bir konuma sahiptirler. Bu çelikler, düşük sıcaklıklardaki yüksek tokluklarını, uygulanan özel ısıtma işlemleri (çift normalizasyon veya ıslah) sonucunda kazanmaktadır. Bunların kaynağında yüksek nikelli ostenitik elektrodlar kullanılabildiği gibi, nikel esaslı, Inconel türü elektrodlar da çok iyi sonuçlar vermektedir. Bu

yüksek nikel içerikli elektrodlar, fiyatlarının pahalılığına rağmen, yüksek mukavemetlerinden ötürü, tüm nikelli çelikler için önemle önerilmektedir.

Bu tür çeliklere, kaynak sonrası, gerileme giderme tavı uygulaması halinde, tav sıcaklığı 570 °C'yi aşmamalıdır; zira bu çeliklerin Aç sıcaklığı 600 °C civarındadır.

Prosesin gereği, ısıtma ve soğutma işlemlerinin aynı reaktörde yapıldığı hallerde, kaynaktaki özellikle ostenitik paslanmaz çelik elektrodlar kullanılmamalıdır. Zira kaynak metali (ostenit) ve esas metal (ferrit) arasındaki ısı genleşme farkı sorun yaratmaktadır.

% 9 Ni içeren çeliklerin kaynağına başlamadan önce, kaynak dikişine bitişik bölgede ve kaynak ağızlarında bulunabilecek, haddeleme veya ısı işleminden kaynaklanan bütün tufal ve oksit tabakası çok iyi bir biçimde temizlenmektedir. Özellikle nikel esaslı kaynak metali kullanılması halinde gözenek oluşumunun önlenmesi açısından bu konu çok önemlidir.

Bu tür çeliklerin çok kuvvetli sıkışma özelliği vardır; bu özellik, kaynak sırasında arkın şiddetli bir biçimde üflenmesine neden olur.

Günümüzde bu önemli konunun etkisini ortadan kaldırabilmek için alternatif akım ile de kullanılabilen Ni esaslı elektrodlar geliştirilmiştir.

Parça kalınlığına ve bağlantının kaynak sırasındaki zorlanma derecesine göre, bu tür çeliklere kaynaktan önce 100 - 200 °C'lik bir öntav uygulanır.

Düşük Sıcaklıklarda Kullanılan Ostenitik Çeliklerin Kaynağı

Bu tür çeliklerin kaynağında, normal ostenitik paslanmaz çeliklere uygulanan kurallar aynen uygulanır. Yalnız burada dikkat edilmesi gereken konu, elektrodun stabilize edilmemiş olmasıdır; zira stabilizasyon elementleri olarak katılan tantalyum, niobyum heterogen bir tane sınırı ayrışmasına ve tokluğun düşük sıcaklıklarda azalmasına neden olmaktadır. Molibdenin de varlığı benzer etkiyi yapmaktadır; bu bakımdan düşük sıcaklıklarda kullanılacak ostenitik paslanmaz çeliklerinin kendilerinin de stabilize edilmemiş olması ve molibden içermemesi önerilir.

Bu tür çeliklerin kaynağında öntav uygulanmaz ve tane irileşmesine neden olduğundan gerileme giderme tavı da önerilmez.

Düşük Sıcaklık Çeliklerine Uygulanan Kaynak Yöntemleri

Düşük sıcaklıklarda kullanılan çeliklerin kaynağında en yaygın yöntem örtülü elektrod ile ark kaynağıdır. Son yıllarda ısı girdisini kontrol altında tutan darbeli akım MIG yönteminin geliştirilmesi bu yöntemin, özellikle özlü elektrodlar ile uygulama alanını genişletmiştir. Tozaltı kaynak yöntemi ise bu tür çeliklerde çok seyrek ve özel durumlarda uygulanmaktadır.

YÜKSEK MANGANLI OSTENİTİK SERT ÇELİKLERİN KAYNAĞI

Günümüz endüstrisinde oldukça yaygın bir kullanım alanına sahip olan ve Anglo-Sakson literatüründe Hadfield çeliği diye adlandırılan yüksek manganlı ostenitik çelik, % 11-14 Mn ve % 0.7-1.4 C içeren gayet tok, sünek, mukavemetli, aşınmaya dayanıklı ve yüksek şekil değiştirme sertleşmesi gösteren antimanyetik

bir metelsel malzemedir. Bu tür çeliklere gerektiğinde bazı ek özelliklerin eldesi için alaşım elementi olarak Cr, Mo, V, Cu, Ti ve Bi'da katılır.

Çeliğin içeriğindeki manganın kükürt, oksijen ve karbona karşı büyük bir affinitesi vardır ve dolayısı ile iyi bir dezoksidasyon sağladığı gibi sıcak çatlamaı önleyici, sertleşmeyi artırıcı yönde bir etkide bulunur. İyapıda serbest halde bulunan mangan ise ostenitin dönüşüm sıcaklığını düşürür, soğuma esnasında kuluçka periyodunu uzatır ve daha fazla miktarda bulunması halinde ise ostenitin dönüşümünü oldukça yavaş soğuma hızlarında dahi ortadan kaldırarak oda sıcaklığında çeliğin ostenitik yapıda bulunmasını sağlar.

Uygulamada oda sıcaklığında tam bir ostenitik iyapının ortaya çıkması için yüksek sıcaklıktan çelik suya atılarak hızla soğutulur ve bu şekilde karbonu tamamen çözeltili halinde bulunan ostenitik bir iyapı elde edilmiş olur.

Yüksek karbonlu ostenitik çeliklerde tavlama esnasında gerekli önlemler alınmaz ise yüzeyden Mn ve C kaybı oluşur ve parça su içinde soğutulduğunda bu için tabaka kırılğan ve sert martenzite dönüşür. Kalın parçalarda kullanım esnasında bu sert tabaka kırılır ve çatlak ilerlemesi alttaki tok kısma gelince durur.

Manganlı ostenitik çelikten yapılmış parçalar kullanım esnasında Aç, sıcaklığının altında dahi uzun süre tutulduğunda karbonun ostenitten ayrışarak karbürler oluşturması sonucu çelik sünekliğini ve tokluğunu yitirir. Bu tür çelikler, kaynakla tamir edildikten sonra gerilme giderme tavına tabi tutulmamalı ve 350 °C'nin üzerindeki servis sıcaklıklarında kullanılmamalıdır.

Manganlı ostenitik çeliklerde karbon içeriğinin akma sınırın üzerine az fakat net bir etkisi vardır, diğer mekanik özellikler üzerine etkisi belirgin değildir. Yüksek karbon içeriği gerek çeliğin dökümünde ve gerekse de ısıt işleminde bazı sorunların ortaya çıkmasına neden olur, karbon içeriğinin azalması kırılğanlığı arttıran karbür ayrışmasını Öner, bu bakımdan bu tür çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodların karbon içeriği düşüktür.

Manganlı ostenitik çeliklerde Mn içeriğinin alt sınırdaki olması çekme mukavemetini düşürür, üst sınırı aşması ise bir avantaj sağlamaz. Mn içeriğinin % 8'e kadar düşmesi mukavemet özelliklerinin yarı yarıya azalmasına neden olur; bu değer altındaki Mn içeriği çeliğin sakin havada dahi soğuması halinde sertleşmesine neden olur; nikel katkısı ile ostenitik yapının oluşumu teşvik edilebilir ve süneklik artırılabilir.

Krom ve Molibden ilavesi çeliğin akma sınırını şiddetle yükseltir, bizmut ise talaşlarım özeliğini geliştirir.

Ostenitik manganlı çelik antimanyetik ve dolayısı ile mukavemetli tok ve antimanyetik bir metelsel malzemenin gerekli olduğu yerlerde başarı ile kullanılır.

Yüksek manganlı ostenitik çelikler, yukarıda bahsedilmiş özelliklerinden ötürü, ekskavatör kepçeleri, baggerler, greyder ve dozer bıçakları, konkasör çeneleri gibi iş makinalarının darbe ve ısınma etkisi altında kalan parçalarının üretiminde geniş bir uygulama alanı bulmuştur.

Kaynak açısından önemli fiziksel özellikler Tablo 13.16'de verilmiştir. Bu çeliğin de ısıt ve elektriksel özellikleri diğer ostenitik çeliklere yakındır. Kaynak esnasında bu çeliğin ısıt genişmesi az alaşımli çeliklerin takriben 1,5 katıdır. Karbürlerin ayrışması ve perlit dönüşümü 400 - 800 °C arasındaki özellikleri etkiler. Bu çeli-

ğın ısı iletkenliğı oda sıcaklığında az alaşım ılı çeliklerin % 25'i kadardır bu da kaynak esnasında dikişte ısı birikimi oluşmasına neden olur.

Manganlı ostenitik sert çelikler, ostenitik yapılarından ötürü ısı iletkenliklerinin çok az, ısı genleşmelerinin çok yüksek olmasına rağmen bazı önlemler ile kolaylıkla kaynak edilebilirler.

Önceden de açıklanmış olduğu gibi bu tür çelikler uzunca bir süre 400-800 °C arasında tutulduklarında karbür oluşması nedeni ile gevrekleşir ve çatlama eğilimleri artar; bu bakımdan çelikler yalnız eriyen elektrod ile elektrik ark kaynağı yöntemleri ile, mümkün olduğu kadar az ısı girdisi uygulanarak kaynaklırlar; TIG ve oksit asetilen kaynağı parçada fazla ısınma oluşturduklarından burada önerilmez.

Tablo 13.16.-Manganlı çeliklerin fiziksel özellikleri

Özellik	Birim	Değeri
Erime Sıcaklığı	°C	1396
Yoğunluk	Mg/m ³	7.92
Özgül Isı (Oda Sıcaklığı)	Kj/(Kg °K)	0.50
Isıl iletkenlik (Oda Sıcaklığı)	W/(m. °K)	13.40
Elektrik Direnci (Oda Sıcaklığı)	μ.Ω.m.	0.68
Isıl Genleşme Katsayısı (0-300 °C)	μ. m / (m. °K)	20.70

Bu tür çeliklerin kaynağı için günümüzde çeşitli özlü tel, dolu tel elektrodlar ile örtülü çubuk elektrodlar üretilmektedir; bunlar gerek aşınmış parçaların doldurulmasında gerekse de kırılmış parçaların birleştirilmesinde kullanılır. Bazı elektrodların bileşiminde % 0,020'den fazla fosfor bulunur; bu tür elektrodlar sadece doldurma işlemleri için geliştirilmişlerdir. Dolu tel elektrodlar ancak koruyucu gaz ile kullanıldıklarında tatminkâr sonuçlar elde edilebilir. Özlü tel ile örtülü çubuk elektrodların uygulanmasında bir koruyucu gaza gerek yoktur; yalnız bu türler, üreticisinin öngördüğü biçimde depolanmalı ve muhafaza edilmelidir. Ostenitik manganlı elektrodların yanı sıra bu tür çelikler için Mn-Ni-Cr alaşım ılı elektrodlar da geliştirilmiştir. Ayrıca paslanmaz çelikler için geliştirilmiş Cr-Ni ostenitik elektrodlar da bu tür çeliklerin birleştirme kaynağında, farklı çeliklerin ostenitik manganlı çeliklerle doldurulmasında, tampon tabakaların çekilmesinde yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Bütün bu elektrodlar, kaynak esnasında parçaya en az ısı girdisini uygulayacak bir akım şiddetinde kullanılırlar. Her paso kaynağı takiben su püskürtülerek veya ıslak bez ile silinerek soğutulur ve kaynak esnasında büyük parçalar sadece kaynak bölgesi dışarıda kalacak şekilde su banyosu içine yerleştirilir.

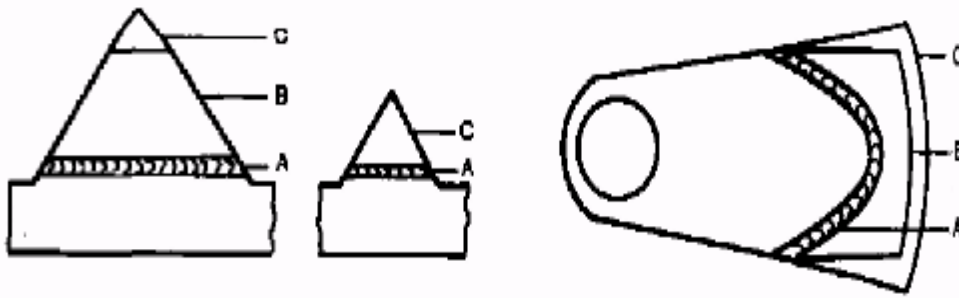
Karbonlu çeliklere nazaran yüksek ısıl genleşmeleri ve düşük ısıl iletkenlikleri sonucu, ostenitik manganlı sert çeliklerin kaynağında daha şiddetli çarpılma ve şekil değişimleri ortaya çıkar. Her ne kadar uygulanan soğutma bu olayın şiddetini azaltırsa da, soğutmayı takiben kaynak dikişinin çekişlenmesi gerek iç gerilmelerin azaltılması ve gerekse de şekil değişimi sertleşmesi ile parçanın aşınma direncinin artırılması açısından çok faydalıdır.

Aşınmış makina parçalarının kaynakla doldurularak tekrar kullanılabilir hale getirilmesi çok büyük tasarruf sağladığı gibi, yedek parça stoklarının da azaltılması ile işletmenin finansman yükünü de hafifletmektedir.

Günümüz endüstrisinde elektrod türlerinin çoğalması ile artık kaynak ile doldurularak tamir edilecek parçanın aynı malzemeden bir elektrod ile doldurulması zorunluluğu ortadan kalkmış aşınmaya çok daha dayanıklı, üstün özelliklere sahip bir malzeme ile doldurma kaynağı yapma olanağı ortaya çıkmıştır. Bu konuda özellikle sık sık yüksek manganlı ostenitik elektrodla başvurulmaktadır.

Aşınmış bir parçanın doldurma kaynağına başlamadan önce doldurulacak yüzeyler, taşlama, talaşlama veya karbon elektrod ile oyma yöntemlerinden birisi ile, bütün aşınma çatlaktan giderilinceye kadar işlenmesi gereklidir. Esas metal ile doldurma metalinin farklı bileşim ve özelliklerde olduğu hallere, esas metal ile doldurma metali arasına sünek, kaynak sonrası ortaya çıkacak olan içgerilmeleri şekil değiştirerek karşılayabilecek ve ayrıca esas metal ve kaynak metali karışımının ortaya çıkarabileceği, arzu edilmeyen özelliklere sahip birleşme bölgesini ortadan kaldırmak için Cr-Ni ostenitik bir elektrodla çekilmiş bir tampon tabakaya gerek vardır. Bu tampon tabaka üzerine manganlı ostenitik sert elektrod ile çekilen her paso fazla salınım yapmadan düz sıra halinde çekilir, paso hemen ıslak bir bezle soğutulur ve çekişlenir.

Doldurma tabakasının abrazyon ve darbe aşınmasına daha da dayanıklı olmasının arzu edildiği hallerde son üç pasonun daha sert bir elektrod ile çekilmesi önerilir.



Şekil 13.12.- Tampon tabaka uygulaması

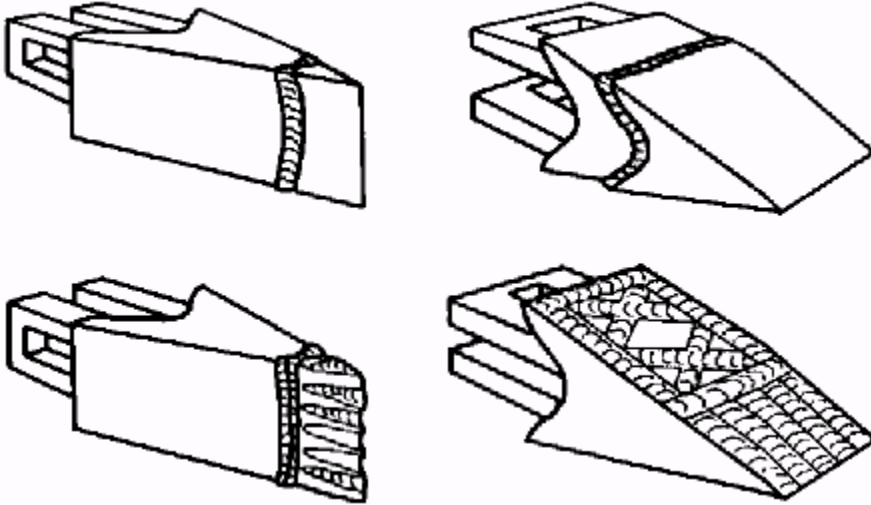
A- Cr-Ni ostenitik elektrod ile tampon kaynağı

B- Yüksek Mn'lı sert çelik elektrod doldurma

C- Yüksek sertlikteki bir elektrod ile zırh kaynağı,
(Örneğin % 0,5 C, 2-2,5 Si, 9-10 Cr, 0,4-0,6 Mn içeren bir elektrod).

Ostenitik manganlı sert çelikler birbirleri ile veya az alaşımlı çelikler ile kaynak edilerek birleştirilebilir. Burada genellikle esas metalin bileşimine uygun yüksek manganlı elektrod yerine Cr - Ni veya Cr - Ni - Mn içeren ostenitik elektrod tercih edilir. Bu tür elektrodların verdiği kaynak metali yüksek sünekliği sayesinde kendini çekme gerilmelerini şekil değiştirerek asgari düzeye indirir.

Bu tür çeliklerin kaynağında mümkün olan en düşük akım şiddeti uygulanır. Kaynak esnasında paso çekildikten bir dakika sonra ITAB sıcaklığı 300 °C'yi aşmamalıdır; pasolar arasına gerektiğinde ara verilmeli ve dikeşe 15 cm. uzaklıkta olan bölge el yanmadan tutulabilir bir sıcaklık derecesine düştükten sonra müteakip paso çekilmelidir. Pasolar kısa ve yön değiştirerek çekilmeli ve her paso soğuduktan sonra çekiçlenmelidir.



Şekli 13.13,-Ostenitik manganlı sert çelikten yapılmış kepçe dişlerinin tamir ve bakımında sert dolgu uygulanması.

Günümüz endüstrisinde özellikle toprak işleme makinalarının şiddetli aşınmaya maruz iş organlarının, konkasör çenelerinin, değirmen plakalarının yapıldığı yüksek manganlı ostenitik sert çelikler, emniyetli bir biçimde kaynak edilebilmektedirler. Endüstride bu tür çeliklere doldurma kaynağı, birleştirme kaynağına nazaran daha yaygın bir biçimde uygulanmaktadır.

BETON ÇELİKLERİNİN KAYNAĞI

Çağımız inşaat teknolojisinin en önemli malzemesi olan beton 60 N/mm²'ye kadar çıkan basma mukavemetine karşın 2-6 N/mm² arasında bir çekme mukavemetine sahiptir. Bu yapı malzemesinin çekme mukavemetini yükseltmek için içerisine çelik çubuklar yerleştirilerek betonarme adı verilen bir kompozit elde edilir. Bu şekilde basma mukavemeti iyi olan beton ile çekme mukavemeti yüksek olan çelikten optimum yarar sağlanmış olur.

Beton çeliği türleri, dış biçimine veya işlenme durumuna göre çok çeşitlidirler:

- Sıcak çekilmiş yuvarlak kesitli çelikler,
- Sıcak çekilmiş kaburgalı çelikler,
- Sıcak çekilmiş ve soğuk işlenmiş kaburgalı çelikler,
- Düz tellerden veya kaburgalı tellerden kaynatılarak yapılmış hasırlar.

DIN 488'e göre yüksek mukavemetli beton çeliklerinin bir bölümü Tablo 13.17'de görülmektedir.

Tablo 13.17.-DIN 488'e göre yüksek mukavemetli beton çelikleri

Simge	C % Max.	P % Max.	S % Max.	N % Max.	Sunuş Biçimi ve Boyutları	Akma Sınırı N/mm ²	Çekme Mukavemeti N/mm ²	Kaynak Yöntemi
B St 420 S	0.22	0.05	0.05	0.12	Çubuk φ 6-28 mm.	420	500	Örtülü elektrod, MAG, Gaz basınç, Yakma alın, Elektrik direnç
B St 500 S	0.22	0.05	0.05	0.12	Çubuk φ 6-28 mm.	500	550	Örtülü elektrod, MAG, Gaz basınç, Yakma alın, Elektrik direnç
B St 500 M	0.15	0.05	0.05	0.12	Hasır φ 4-12 mm.	500	550	Örtülü elektrod, MAG, Elektrik direnç

Ülkemizde beton çeliği olarak genelde sıcak çekilmiş St 37 (Fe 37) kalitesinde yuvarlak kesitli beton çelikleri kullanılmakta ve bunların eklemeleri de tel ile bağlanarak yapılmaktadır. Fabrikalarda üretilen hasırlar ise elektrik direnç kaynağı yöntemiyle seri halde kaynatılmaktadır.

Çok katlı yapılara artan gereksinim dolayısı ile kaburgalı veya nervürlü olarak adlandırılan çekme mukavemetleri 500-550 N/mm² olan beton çelikleri ülkemizde de kullanılmaya başlanmıştır. Beton çeliklerinin kaynağında elektrik ark, MAG, gaz basınç, yakma alın ve elektrik direnç kaynak yöntemleri uygulanmaktadır.

Alın birleştirmeleri için uygun sonuçlar veren elektrik direnç ve yakma alın kaynağının şantiyelerde uygulanması zor olduğundan tercih edilmemektedir. 20 mm'den kalın çubuklara X, K ağızlan açarak elektrik ark kaynağı ile alın birleştirilmesi yapmak mümkün olabilmektedir. Daha küçük çaptılar bindirme birleştirilmesi uygulanarak kaynatılırlar.

Kaynak esnasında aşağıda belirtilen hususlara dikkat etmek gereklidir;

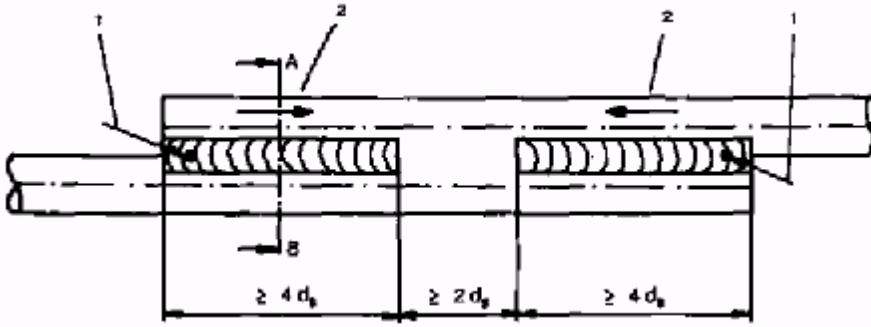
Kaynak dikişinin bulunduğu bölgedeki pislik, yağ, pas ve diğer kirlere iyice temizlenmeli ve kaynakçı, kaynak edilecek yere yeterince yaklaşabilmelidir. Kaynak yapılacak çubukların, kaynak yerindeki sıcaklığı + 5 °C'nin altına düşmemelidir. Kaynaktan sonra da, kaynak yerinin üzeri (örneğin, bir asbest tabaka ile) örtülerek yavaş soğuması sağlanmalıdır. Böylece, geçiş bölgesinin sertleşmesi önlenmiş olur. Normal olarak, kaynaktan önce bir ısı işlemi gerekmez.

Elektrodun tutuşturulduğu kontak noktalarından, yanma oluklarından ve kaynak sıçramalarından

kaçınılmalıdır. İstenmeyen tutuşturma noktaları taşlanmalı ve üzeri elektrodla iyice kaynak edilmelidir. Kaynak yapılırken elektroda geri bir hareket verilerek, krater oluşumuna engel olunmalıdır.

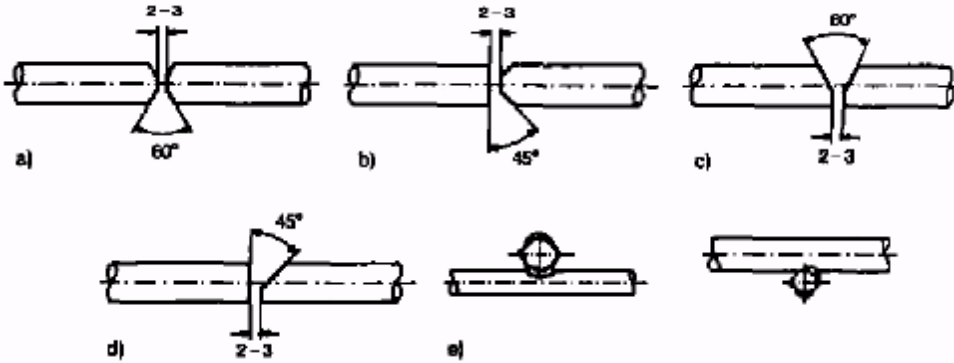
Takviye edilmiş beton çeliklerinin bükülmüş, şekillendirilmiş çubuk uçlarının kaynaktan önce kesilmesi gerekir.

Çubukların üst üste binmiş haç bağlantılarında, bükümlerin kaynaktan önce hazırlanması uygun olur. Kaynaktan sonra çubuklar eğitecek veya bükülecekse; spesifikasyon ve normlara dikkat edilmelidir.



- Elektrod tutuşma krater) üzerine paso çekilerek tekrar kapatılacaktır.
- Yatay pozisyonda kaynak dikişleri oklarla belirtilen yönde çekilecektir. Dik kaynak halinde dalma dikişler aşağıdan yukarıya doğru yapılacaktır.

Şekil 13.14.-Beton çeliklerinin bindirme kaynağı.

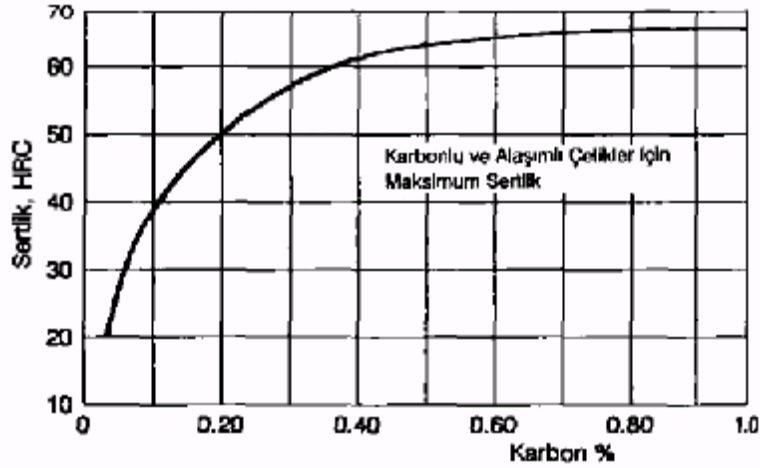


Şekil 13.15.-Beton çeliklerin alın kaynağında kaynak ağızları.

Örtülü elektrodlar ile yapılan ark kaynağı veya gazaltı kaynağının kullanılmasında, özel şartların işlem sırasında yerine getirilmesi gerekir ve bu durumlar çeşitli normlarda özellikle belirtilmiştir (örneğin, DIN 488 ve DIN 4099) ileri ülkelerde beton çeliklerinin kaynağının yapıldığı şantiyelerin ve kaynakçıların yeterlilik sertifikasına sahip olması gereklidir. Ülkemizde bu konuda bir zorunluluk olmasa dahi bu husus gözardı edilmemelidir.

TAKIM ÇELİKLERİNİN KAYNAĞI

Takım çelikleri, su verme sonucu en az 60 HRC martenzit sertliği gösterebilmeleri için % 0.6'dan fazla karbon içermek zorundadırlar. Otektoid bileşim üzerinde karbon içermeleri halinde de içyapıda aşınmaya dayanıklılığı arttıran çeşitli karbür tanecikleri bulunur.



Şekil 13.16.-Karbon içeriğine göre çeliğin su verme sonucu sertliğinin değişimi

Takım çelikleri piyasada su verme ortamına bağlı olarak su çelikleri, yağ çelikleri ve hava çelikleri olarak sınıflandırılırca da DIN 17350 bunları aşağıda belirtildiği şekilde sınıflandırmaktadır.

• **Alaşımli ve Alaşimsız Soğuk İş Çelikleri**

Bunlar dış cidar sıcaklığı 200 °C'yi aşmayacak işlerde kullanılan takım çelikleridir.

• **Sıcak İş Çelikleri**

Bunlar dış cidar sıcaklığı genellikle 200 °C'yi aşan işlerde kullanılan takım çelikleridir.

• **Hız Çelikleri**

Hız çelikleri üstün yüksek sıcaklık sertliğine ve temper sıcaklığına sahip 600 °C'ye kadar olan işlerde kullanılan takım çelikleridir.

Takım çelikleri Türk Standartlarında ise şu şekilde sınıflandırılmıştır:

TS3941 Alaşimsız takım çelikleri

TS 3921 Alaşımli soğuk iş takım çelikleri

TS 3920 Sıcak iş takım çelikleri

TS 3703 Yüksek hız çelikleri

Takım çeliklerine kaynak uygulanmasında belirli amaçlar vardır. Bunlar sırası ile;

- Hazırlanmış parçaları birleştirerek bir takım veya bir kalıp haline getirmek,
- Normal çelikten yapılmış bir takımın kesici ağızlarını kaynak yardımı ile takım çeliği ile doldurmak,
- Dizayn değişikliğine takım veya kalıbı uydurmak,
- Aşınmış ve kırılmış kısımları ve çatlakları doldurarak tamir etmek.

Takım çeliklerinin kaynağında örtülü elektrod, özlü elektrod, MIG ve plazma kaynak yöntemleri geniş bir uygulama alanına sahiptir. TIG kaynağı çok için parçaların veya küçük yüzey hatalarının düzeltilmesinde tozaltı kaynağı ve özlü elektrod yöntemleri ile büyük dövme kalıplarının ve hadde merdanelerinin doldurulmasında uygulanmaktadır.

Öntav sıcaklığının düzgün ve kontrol altında tutulabilmesi için, ideal olarak bu işlemin fırında yapılması gereklidir; bu özellikle sertleştirilmiş haldeki takım çelikleri için çok önemlidir.

Sertleştirilmiş haldeki takımlara uygulanan öntav sıcaklığı çeliğin temperleme sıcaklığını aşmamalıdır; normalize halde ise ideali M, yani martenzit oluşumunun başladığı sıcaklığın üzerindeki öntav sıcaklıklarında çalışma hem kaynak işlerini kolaylaştırır ve hem de çatlamaya karşı güvenilirliği artırır.

Takım çelikleri için genelde önerilen öntav sıcaklıkları şunlardır; uygulamada kaynaklanacak çeliği ve kullanılacak elektrodu üreten kuruluşların önerileri de dikkate alınmalıdır.

Suda sertleşen soğuk iş çelikleri	150-250 °C
Yağda sertleşen soğuk iş çelikleri	150-300 °C
Havada sertleşen soğuk iş çelikleri	150-300 °C
% 12 Cr'lu çelikler	400-500 °C
Sıcak iş çelikleri	200-450 °C
Hız çelikleri	400-600 °C

Günümüzde uygulamada kullanılan takım çeliklerinden yapılmış hasarlı takımları başarı ile kaynatıp tekrar kullanılabilir hale dönüştüren çeşitli örtülü elektrodlar piyasada bulunmaktadır. Özellikle orta büyüklüklerdeki takımların tamiri ile alaşimsız normal çeliklerden yapılmış ve sadece kesici ağızları kaynak ile takım çeliği yığılarak üretilen takımlarda örtülü elektrodlar çok yaygın bir kullanım alanına sahiptir.

Takım çeliklerinin kaynağında kaynak elektrodu şu esaslara göre seçilir;

- Esas metalin bileşimi,
- Esas metalin ısı işlem durumu (sertleştirilmiş veya normalize edilmiş),
- Yığılan kaynak metalinden beklenen işletme koşulları.

Normalize haldeki takım çeliğinin kaynağında esas metal ile aynı kimyasal bileşime sahip dolgu metali önerilir; zira kaynak sonrası uygulanan sertleştirme işlemi sırasında ve sonrasında her ikisi de aynı davranışı göstermek zorundadır. Sertleştirilmiş haldeki takım çeliğinin kaynağında kaynak metali, kaynak sonrası ek bir ısı işlem görmeden veya uygulanacak gerilme giderme ve temperleme ısı işlemi sonucunda esas metal ile aynı özellikleri göstermek zorundadır. Burada genellikle kaynak metalinin bileşimi esas metalden farklıdır.

Genel olarak takımlar sertleştirilmiş halde kaynakla tamir edilir. Kaynak öncesi bunlara takım çeliğinin temper sıcaklığını aşmayan bir öntav uygulanır ve kaynak esnasında da kaynak bölgesinin dalma bu sıcaklık civarında tutulmasına çalışılır. Aşırı derecede aşınmış veya üzerinden parça koparak kullanılamaz hale gelmiş takımların üzerine yığılan kaynak metalinin 5 mm.'yi aştığı hallerde, uygun bir yumuşak çelik veya ostenitik elektrod ile tampon paso çekilmesi yığılan takım çeliği kaynak

metalinin çatlama olasılığını azaltır. Sertleştirilmiş takım çeliğinin kaynağında adım adım şu sıra izlenmelidir:

- Sertleştirilmiş durumdaki esas metalin özelliklerini aksettiren uygun bir elektrodun seçimi,
- Kaynak yerinde taşla U şeklinde uygun kaynak ağzının açılması,
- Kaynak bölgesinin her tür yağ, kir ve pastan temizlenmesi,
- Takımın saptanmış uygun öntav sıcaklığına kadar yavaş bir şekilde ısıtılması,
- Isı girdisi ve nufuziyeti minimumda tutabilmek için mümkün olan en için çaplı elektrod ile minimum akım şiddeti ve ark gerilimi uygulanarak kaynağın yapılması,
- Kaynak sonrası parça soğumadan bir temperleme uygulanması ve taşlanarak istenilen formun verilmesi.

Normalize haldeki takım çeliklerinin kaynağı için de şu hususlara dikkat etmek gereklidir;

- Öntav uygulanması,
- Uygun kaynak metali ile kaynağın yapılması,
- Gerilme giderme tavi uygulanması,
- Talaş kaldırarak kabaca işlenmesi,
- Sertleştirme ve temperleme ısı işlemlerinin uygulanması,
- Takımın taşlanarak istenilen boyutlara getirilmesi.

Her iki durumda da kaynak esnasında şu hususlara dikkat etmek gereklidir.

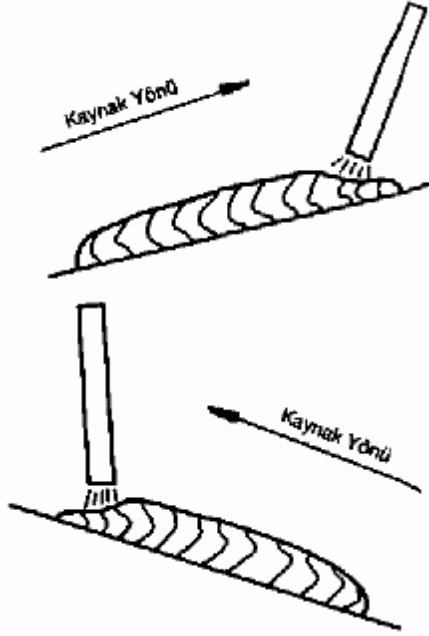
- Kaynak kısa pasolar ile yapılmalı ve kaynağın boyu 2-3 cm. ile sınırlandırılmalıdır,
- Kısa pasolar ile yapılan kaynağın yönü daima parçanın ortasına doğru olmalıdır (Şekil

13.17),



Şekil 13.17.-Kaynak yönü ve sırası.

- Açık ve derin bitiş kraterlerinden kaçınmak için, dikişin bitiminde elektrod geriye doğru çekilerek krater doldurulmalıdır,
- Elektroda sağ-sol (zikzag) hareketi vermeden, elektrod doğru olarak çekilerek kaynak yapılmalıdır,
- Parça daima uygun pozisyonda bulunmalı ve kaynak işlemi alçak kısımdan yüksek kısma doğru yapılmalı (Şekil 13.18),
- Uygulanan ısı girdisi kontrol edilmeli ve parça sürekli olarak o çelik için önerilmiş olan sıcaklıklar arasında tutulmalıdır,



Şekil 13.18.-Kaynak yönü

- Kaynaktan hemen sonra dikiş sıcaklığı 400 °C'nin altına düşmeden düzgün bir biçimde hafifçe çekilerek kendini çekmenin neden olduğu gerilmeler azaltılmalıdır.
- İşleme ara verilmeden kaynak bitirilmelidir.

Günümüzde birçok uygulamada gerek ekonomiklik sağlamak ve gerekse de takım gövdesinin darbeye dayanıklılığını arttırmak amacı ile kompozit takımlar adı verilen bir tür kesme kalıpları geliştirilmiştir. Bunların esas gövdeleri alaşımsız veya az alaşımlı çeliklerden yapılmakta kesici ağızları ise kaynak yardımı ile takım çeliği yığılarak elde edilmektedir. Bu yöntemde de esas metal üzerine işin özeliğine uygun takım çeliği öntav uygulanarak kaynakla yığılmakta, parça temperlendikten sonra taşlanarak gereken boyutlara işlenmektedir.

DÖKME DEMİRLERİN KAYNAĞI

Dökme demirler genel olarak % 1,7 - 4 C, % 1 - 3,5 Si ile bir miktar Mn, S ve P içeren demir alaşımlarıdır. Dökme demirlerin sıvı halde iken çok iyi bir akıcılığa sahip olmaları ayrıca erime sıcaklıklarının düşük olması, eritme esnasında karbon kapma olayından etkilenmemeleri, bunları uygulamada döküm malzemesi olarak rakipsiz hale getirmiştir. Dökme demirlerin bileşimindeki karbon serbest halde, demir karbür halinde ve çok az miktarda ferrit içinde çözülmüş olarak bulunur. Dökme demirin özelliklerini ve türünü içerdği karbonun yapı içinde bulunuş biçimi belirler. Kaynak açısından önemli olan ve endüstride en fazla kullanılan türleri kır dökme demir ve sfero dökme demirdir.

Kır Dökme Demirin Kaynağı

Kır dökme demir, az alaşımlı sade karbonlu bir çeliği andıran matris içinde levhacıklar halinde

dağılmış serbest grafitten oluşmuş bir iç yapıya sahiptir. Kır dökme demirin şekil değiştirme kabiliyetinin olmamasının, zayıf mukavemetinin ve gevrekliğinin nedeni iç yapısında bulunan grafit levhacıklarıdır. Kır dökme demirde normal hallerde sementit, sadece matristeki perlitin lamelciklerini oluşturur. Yapıdaki perlit miktarı kır dökme demirin mekanik özelliklerini etkileyen en önemli faktördür. Kır dökme demirin çekme mukavemeti 15 - 40 kgf/mm², sertliği 150 - 275 HB, elastisite modülü ise 8000 -13000 kgf/mm² arasında değişir.

Erimе noktası ise, bileşime bağlı olarak 1200-1250 °C arasındadır. Kır dökme demirin yüksek oranda karbon içermesi ve kaynak bölgesinde kaynak işleminden sonra da, bu karbonun büyük bir kısmının gene grafit lamelcikleri halinde bulunması gerekliliği, kaynak işlemini büyük ölçüde zorlaştırmaktadır.

Grafit lamelcikleri, kır dökme demire en önemli özelliklerinden olan aşınma dayanımını, titreşim söndürme kabiliyetini, yüksek basma mukavemetini, çentik tesirlerine karşı düşük hassasiyet ve çok iyi işlenme kabiliyetini kazandıran unsurdur.

Makina konstrüksiyonlarında en çok kullanılan metalsel malzeme olan kır dökme demirin kaynağını iki önemli husus etkiler; bunlar malzemenin rijitliği ve karbon içeriğidir. Örneğin; kır dökme demirden yapılmış bir makina parçası kaynak edilmek gayesi ile bölgesel olarak, kaynak sıcaklığına kadar ısıtıldığında, diğer bütün demir alaşımlarında olduğu gibi o kısım yerel olarak genişleyecektir, parçanın şekli bu genişlemeye uygun ise hiçbir sorun yoktur. Ancak, parça rijit bir konstrüksiyon ise (örneğin çatlamış bir motor bloğu) soğuk kısımlarında oldukça şiddetli gerilmeler oluşacaktır. Kaynak esnasında yerel ısınma ve soğumanın oluşturduğu şekil değişimi çok gevrek olan dökme demir parçanın en zayıf bölgesinden çatlamasına neden olacaktır.

Yüksek karbonlu bir demir alaşımı olan dökme demir, sıvı halden katı hale geçerken, eritme kaynağı halinde olduğu gibi, soğuma hızı kontrol altında tutulamazsa, karbon grafit halinde ayrışmadan sementit halinde kalır. Fazla miktarda sementit içeren dökme demirlere bilindiği gibi beyaz dökme demir adı verilir; bu alaşım işlenemeyecek kadar sert ve kırılgandır ve kır dökme demirin özelliklerinden tamamen farklı özelliklere sahiptir.

Kır dökme demirin kaynağında, kaynak banyosu ve kaynak banyosuna bitişik olan bölge, kaynaktan sonra normal koşullarda soğumaya terk edilirse, tüm kaynak bölgesinde sert ve kırılgan bir yapı oluşur ve bu yapı genellikle, ısınmayı takiben soğuma dolayısı ile oluşan gerilmelere dahi dayanamayarak çatlar.

Kır dökme demiri kaynak edebilmek için çözümler vardır:

- Parçaya öntav uygulanması halinde, parçanın ve kaynak yerinin sıcaklıkları arasındaki fark azalır. Kaynak bölgesine uygulanan ısı hızla çevre metale yayılmayacağından soğuma yavaşlar ve dolayısı ile de sert bölgenin oluşması engellenir.

Tüm parçaya bir öntav uygulanırsa tamamen uniform bir biçimde genişleyecek, kaynak bölgesi, kaynak sıcaklığına kadar ısıtıldığı zaman, parçanın tümü ile kaynak bölgesi arasındaki sıcaklık farkı azalacağından, kaynak bölgesinin genişmesi bir önceki duruma göre daha az olacaktır, aynı zamanda artan

sıcaklık malzemenin şekil değiştirme kabiliyetinin de artmasına neden olduğundan, kaynak bölgesine uygulanan ısı, parçanın kırılmasına neden olmayacaktır.

Sıcak kaynak adı verilen bu yöntemde parçalar duruma göre 600 °C'lik bir sıcaklığa kadar çok yavaş ve uniform bir biçimde ısıtılırlar. Bu olay özellikle, kalın kesitli ve karışık şekilli parçalar olması halinde çok önemlidir; çok büyük parçalarda ısıtma süresi 12 saate kadar çıkabilir, soğuma süresi ise genellikle ısınma süresinin 2-3 katı olacak tarzda gerçekleştirilmelidir. Kaynak yöntemi olarak bu tarzda tavllanmış parçalara oksijen ve elektrik ark kaynağı uygulanabilir.

Bu yöntemde, elektrik ark kaynağında elektrod olarak, çıplak dökme demir çubuklar kullanılabilir gibi, karbonlu ve az alaşımlı yumuşak çelikler için geliştirilmiş bazik karakterli örtülü elektrodlar da kullanılabilir. Çıplak dökme demir çubuklar daha çok dökümhanelerde, hatalı döküm parçaların tamirinde uygulama alanı bulmuştur. Kaynak yeri ile parça arasında görünüş ve malzeme bakımından yeterli bir homojenlik vardır.

Bazik karakterli örtülü elektrodlar ile yapılan kaynakta, kaynak dikişi, bileşim olarak esas metalden farklıdır. Kaynatılacak parçanın serbestçe genleşebileceği hallerde, öntav sıcaklığının 300-350 °C'de tutulması halinde dahi bazik elektrodlar ile sertleşme oluşmadan kaynak gerçekleştirilebilir.

• Kaynağa bitişik bölgede sementit ve martenzit oluşmasına ve parçada ısıtma esnasında kırılmayı meydana getirebilecek şiddette bir gerilmeye meydan vermemek için, uygulanan bir diğer yöntem de, kaynak bölgesine olabildiği kadar az ısı uygulamak karbür, yani sementit meydana getirmeyen bir dolgu metali kullanmaktır. Soğuk kaynak yöntemi diye adlandırılan bu kaynak işlemi esnasında dikişler olabildiğince kısa çekilir ve dikişten sonra parça soğumaya terk edilir. Bu yöntemde, kaynak dolgu malzemesi olarak, genellikle nikel veya bakır-nikel, demir-nikel gibi alaşımlar kullanılır.

Bazı parçalara kaynaktan önce öntav uygulanması olanaksızdır; zira öntav sonucunda oluşan oksitlenme ve çok az da olsa deformasyonlar, bazı makina parçalarının tekrar işlenmeden kullanılma olanağını ortadan kaldırır. Motor blokları bu hale en güzel örnektir. Bazı durumlarda da öntavlı kaynağın gerektirdiği zorluk ve masraftan azaltmak amacı ile soğuk kaynağa gidilmesi gerekebilir.

Dökme demirin soğuk kaynağında, genellikle çeliğin kaynağında kullanılan teçhizat ve makineler kullanılır. Kaynak akımı, kullanılan elektrodların özeliği dolayısı ile redresör ve jeneratörler tarafından sağlanır; bununla beraber, son yıllarda transformatörler ile de kullanılabilen elektrodlar geliştirilmiştir. Bu elektrodlarla yapılan kaynak birçok durumlarda arzu edilen en az koşulları sağlar. Bu yöntemle yapılacak kaynak birleştirmeleri hakkında şu konuların bilinmesi gereklidir.

- Kaynak bölgesinin metalik yapısı homojen değildir, zira kaynak metali ve esas metal farklı bileşimdedirler.
- Kaynaktan sonra, kaynak bölgesinde dökme demirin karakteristik özellikleri yeniden oluşmaz.
- Kaynak işleminin gereği olan sıcaklık dereceleri geçiş bölgesinin iç yapısını değiştirir ve dökme demirden daha sert kırılabilir bir yapı oluşur.

Yukarıda belirtilmiş olan hususlardan dolayı bu yöntemde kaynak ancak tamir işlerinde kullanılır.

Kır dökme demirin soğuk kaynağında kullanılan özel elektrodları şöyle sınıflandırabiliriz:

- Saf nikel çekirdekli elektrodlar,
- Ferro-nikel çekirdekli elektrodlar,
- Monel çekirdekli elektrodlar,
- Cr-Ni'li ostenitik çelik çekirdekli elektrodlar.

Görüldüğü gibi dört grubu da oluşturan elektrodlar belli bir oranda nikel içermektedirler. Bugün uygulamada en fazla nikel ve ferro-nikel çekirdekli elektrodlar kullanılmaktadır.

Monel elektrodlar sıcak çatlamaya karşı hassas olduklarından son yıllarda hemen hemen terk edilmişlerdir.

Saf nikel elektrod kullanmanın sağladığı avantajlar şunlardır:

Nikel, grafit yapıcı bir elementtir, grafitin ayrışmasını kolaylaştırır. Kaynak esnasında esas metalden karbon kapıp karbür meydana getirmez ve erime bölgesinde beyaz dökme demir oluşmasını engeller.

Nikelin, grafitle bileşmemesinden ötürü, elektrod örtüsüne bir miktar karbon konabilir. Bu olay, kaynak için gerekli enerjiyi azaltır, erime gücünü artırır,

Örtüye katılan grafitin bir kısmı, katılaştıran kaynak metali içinde, kürecikler halinde ayrışır ve dolayısı ile sıvı halden katı hale geçen nikelin kendini çekmesini azaltır ve kaynak sonrası ortaya çıkan çekme gerilmeleri azalır,

Nikelin mekanik Özellikleri (çekme mukavemeti, çentik-darbe mukavemeti, uzama) kır dökme demirden daha iyidir, sfero demirinkilere yakındır. Bu bakımdan, nikel çekirdekli elektrodlar her tür dökme demir için kullanılabilir.

Bu yöntemde kullanılan elektrodların uygulanması büyük bir ustalık gerektirmez ve her pozisyonda kullanılabilir.

Kaynatılacak parçaya 80-90°'lik bir açığa sahip V, X veya U ağızı açılır; ağız kenarlarındaki döküm kavı temizlendikten sonra kaynağa başlanır.

Bu kaynak yönteminde geçiş bölgesinde oluşan sertliğin azaltılması, bu bölgenin daraltılması ve ısı gerilmelerinin neden olduğu çatlak tehlikesinin ortadan kaldırılabilmesi için kaynak esnasında aşağıda belirtilmiş olan koşullara uyulması zorunludur.

- Olabildiğince en küçük çaplı elektrod ve en düşük akım şiddeti kullanarak ısı girdisi azaltılmalıdır.
- Esas metalin aşırı ısınmaması için dikiş boyları 25 mm. ile sınırlandırılmalıdır.
- Her paso daha soğumadan bombe başlı bir çekiçle dövülerek kaynak metalinin kendini çekmesi nedeni ile parçaya uyguladığı gerilmeler azaltılmalıdır.
- Her dikişten sonra kaynağa ara vererek parçanın el ile dokunulabilir bir sıcaklık derecesine kadar soğuması beklenmelidir.

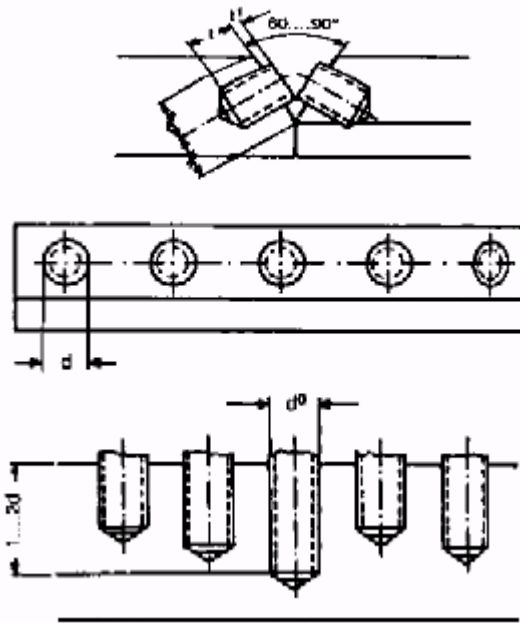
- Yeni dikişe başlarken elektrod bir önceki dikiş üzerinde tutuşturulmalıdır.
- Kaynak süresince ark daima yığılan metale doğru yönlendirilmeli, söndürülürken de dikiş üzerinde bir miktar geri gidilmeli ve sonra elektrod yavaşça geri çekilmelidir.
- Kalın parçaların çok pasolu kaynağında gerilmeleri azaltmak için dikişler kaynak içinde enine ve boyuna doğrultuda çekilmelidir.

Kaynatılacak kır dökme demir parçanın büyüklüğü, biçimi ve türünün uygun olduğu hallerde 150-250 'C'lik bir öntav ile yukarıda belirtilmiş olan elektrodlarla daha uzun dikişler uygulayarak daha hızlı daha az riskli bir kaynak bağlantısı gerçekleştirmek olanağı vardır. Yarı sıcak kaynak diye adlandırılan bu yöntemde geçiş bölgesinin sertliği 200 HV'i aşmaz.

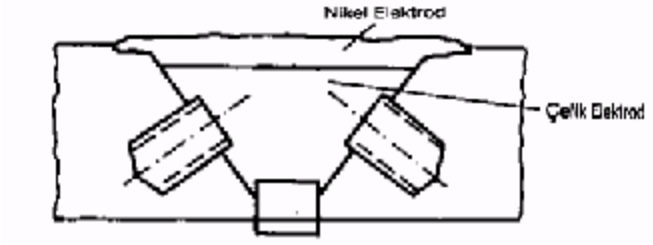
Kaynak edilecek parça kalınlığının 40 mm'yi aşması ve bağlantıya gelen yüklerin yüksek düzeyde olması halinde, takviyeli kaynak adı verilen bir teknik uygulanır.

Burada, kaynak ağzının yan yüzeylerine açılmış ve dış çekilmiş deliklere saplamalar vidalanır. Saplamaların eksenleri, kaynak ağzı yan yüzlerine diktir ve düşük mukavemetli düzlemlerin meydana gelmemesi için saplamalar birbirlerinden farklı derinliklere vidalanmıştır. Deliklerin derinliği, saplama çapının 2-4 katı, saplamanın dışarıda kalan bölümü ise birkaç milimetredir. Burada mukavemeti sağlamak için ağız genellikle, yumuşak çelik elektrodlar ile doldurulur. İşlenmeyi sağlamak için, kapak pasoları ise nikel çekirdekli elektrodlar ile çekilir.

Bu yöntemin bir değişliği de uygulamada sık sık rastlanılan, döküm gövdeli preslerin kırılmış kısımlarının tamirinde kullanılır.



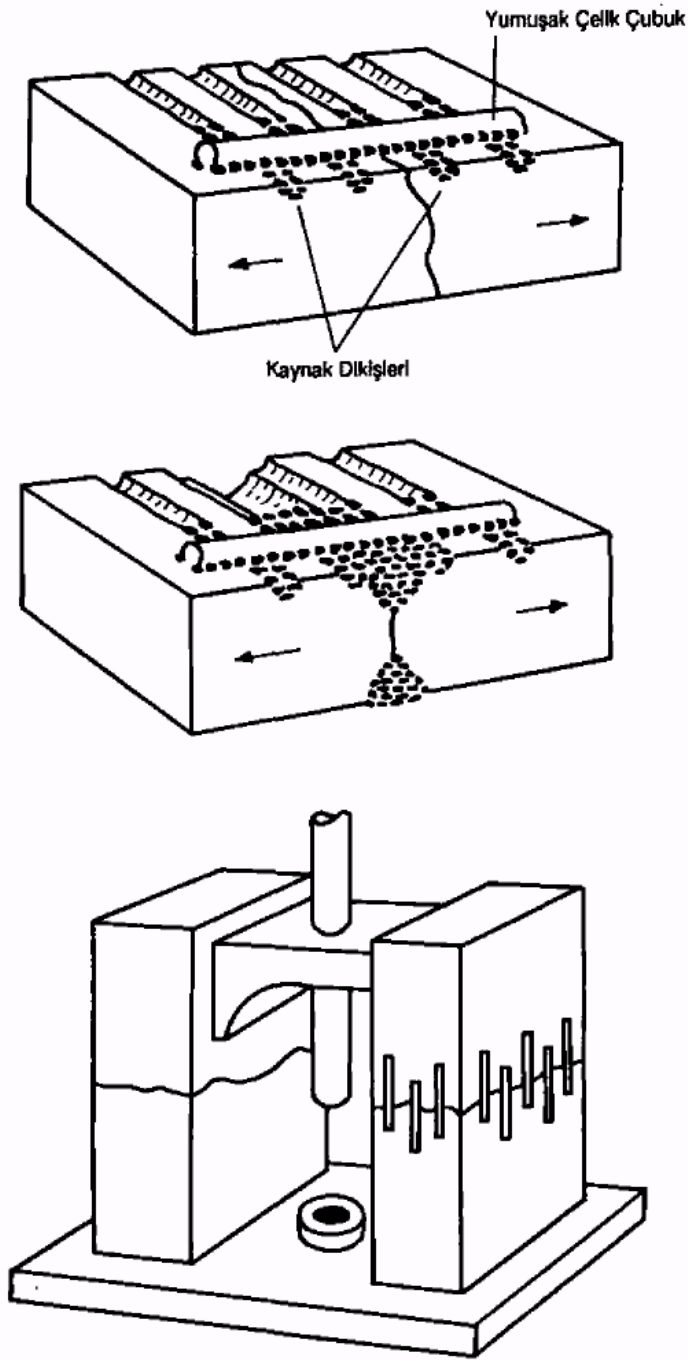
Şekli 13.20.-Saplama ile takviyeli kaynak.



Şekil 13.21.-Takviyeli kaynak halinde dikişin detayı.

Bu özel durumda, bilindiği gibi, kaynak dikişinin sağlamlığı kadar, parçanın sentesinde olması da önemlidir. Bu bakımdan burada kırık yüzeyin sadece bir kısmına kaynak ağızı açılır ve parça kırık yüzeyler birbirine iyice degecek biçimde yerleştirilir ve işkencelerle tutturulur. Önce ağız, nikel elektrod ile doldurulur ve sonra, parçaya gelen yükü karşılayacak tarzda boyutlandırılmış Fe 50 çelik çubuklar, şekilde görüldüğü gibi dıştan kaynak edilir. Burada, yükü tamamen çelik çubuklar taşır ve dış görünüşü iyi olmamakla beraber, kırılmış pres gövdelerinin kaynağı için en iyi yöntemdir.

Genellikle, kaynak tamiri zor ve hatta olanaksız diye düşünülen kırılmış kır dökme demir parçalar, nikel elektrodlar yardımı ile yukarıda belirtilmiş olan hususlara uyulması halinde, kolaylıkla kaynak edilebilir ve olumlu sonuçlar alınabilir.



Şekil 13,22.-Kırılmış dökme demir gövdeli presin kaynakla tamiri (şematik).

14

KAYNAK HATALARI

Bir kaynak bağlantısının güvenilir olabilmesi için dikişte hiçbir kaynak hatası bulunmamalıdır; bu bakımdan kaynaklı konstrüksiyonlarda kaynak dikişlerinin kontrolü çok önemlidir. Kaynak dikişlerinde iki ana grup hataya rastlanabilir. Birinci gruba giren hatalar dış hatalar diye adlandırılır ve çıplak göz veya büyüteçle saptanabilir, ikinci gruba giren hatalar ise göz kontrolü ile saptanması olanaksız iç hatalardır; bunlar ancak (X) ışınları veya ultrason ile kontrol edilebilirler.

Elektrik ark kaynağında karşılaşılan başlıca kaynak hataları ve bunların oluşum nedenleri aşağıda açıklanmıştır.

Nufuziyet Azlığı

Kaynak sırasında, erimenin bütün malzeme kalınlığında olmaması sonucunda bağlantının alt kısımlarında kırılmaya neden olabilecek oyuk ve çentikler oluşur. Elektrik ark kaynağında nufuziyet azlığının oluşmasına aşağıdaki etmenler yol açar.

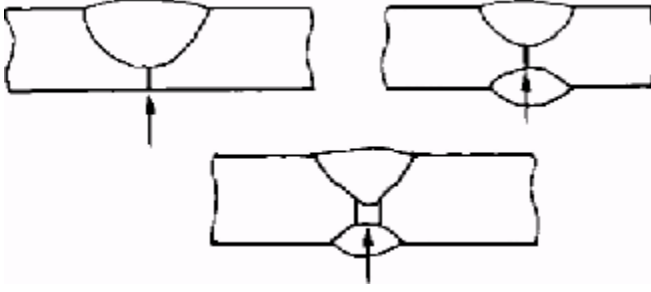
- Birleştirme yerinin şekline uygun bir elektrod çapının seçilmemesi,
- Akım şiddetinin uygun seçilmemesi,
- Uygun bir kaynak ağızının açılmaması,
- Kök pasosunun fena çekilmesi.

Küt alın birleştirmelerde tam bir nufuziyet sağlayabilmek için, birleştirmenin altı (yani diğer yüzü), bir keski veya oksijen rendesi ile temizlenip, sonra da açılan bu oyuk bir paso kaynak ile doldurulmalıdır.

Nufuziyet azlığı hatasının olmaması için alın birleştirmelerinde ağızların titizlikle hazırlanması ve iki parça arasında uygun bir aralığın bırakılması gereklidir.

Elektrik ark kaynağı ile yapılan köşe birleştirmelerinde, düşük akım şiddeti ile çalışılması veya gereğinden daha kalın bir elektrodun kullanılması, kökte bir nufuziyet azlığına neden olabilir. Ancak, daha için çaplı bir elektrodun kullanılması da her zaman bu hatayı ortadan kaldıramaz. Parçanın kütesine ve ısı iletme yeteneğine göre uygun çapta elektrodun kullanılması ve köşe kaynaklarının da oluk durumunda kaynak edilmesi gereklidir.

Nufuziyet azlığının neden olduğu hataların giderilmemeleri halinde; Özellikle dikişin yorulma dayanımı ciddi bir biçimde etkilenir ve dikiş bükülmeye zorlandığında kökteki oyuk ve çentikler kırılma eğilimini artırır ve birleştirme bu bölgeden çatlayarak kolayca kırılır.



Şekli 14.1.-Nüfuziyet azlığı

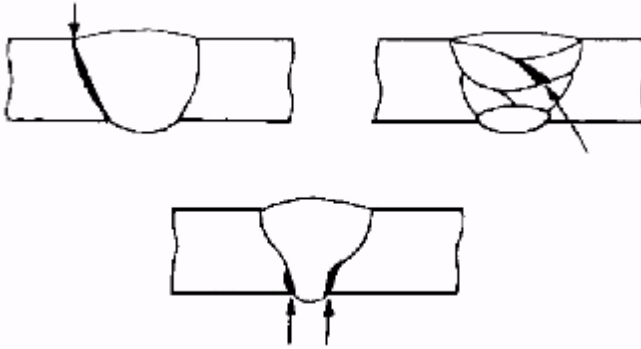
Birleştirme Azlığı (Yetersiz Erime)

Kaynak metali ile esas metal veya esas metal ile esas metal veyahutta üst üste yığılan kaynak metaline ait pasolar arasında birleşmeyen bölgelerin bulunması, bu hatayı doğurur. Birleşme azlığına genellikle cüruf, oksit, kav veya diğer demir olmayan yabancı maddelerin varlığı neden olur; bu maddeler, esas metal veya ilave metalin tamamen erimesine engel olduğundan yetersiz erime ortaya çıkar.

Birleştirme azlığından oluşan hatalar, genellikle çekilen pasoların dikkatlice temizlenmesi ile giderilebilir; çok pasolu elektrik ark kaynağında, bir sonraki paso çekilmeden önce, cüruf iyice temizlenmeli, gerektiğinde taşlanmalı ve keskenmelidir.

Bu hatanın oluşmasının kaynak sırasında önlenmesi için, uygun akım şiddeti ve kısa ark boyu ile çalışmak çok önemlidir. Fazla düşük akım şiddeti yetersiz bir birleşme oluşturmakta; buna karşın, çok yüksek akım şiddeti de elektrodun çabuk erimesi dolayısı ile aynı olaya neden olabilmektedir. Elektrod çok çabuk eriyince, kaynakçı daha hızlı kaynak yapma hevesine kapılmakta ve eriyen kaynak metali, esas metal erime derecesine yükselmeden (daha doğrusu, zaman buna elvermediğinden) üst üste yığılmaktadır.

Kaynak kesitindeki birleşme azlığı, hem statik ve hem de dinamik zorlamalarda bağlantının dayanımını büyük çapta düşürür. Bu hatayı gidermek için, kaynak dikişinin hatalı bölgelerinin tamamen sökülüp yeniden kaynak edilmesi gerekir.



Şekil 14.2.-Yetersiz erime (şematik).

Yanma Olukları veya Çentikler

Bu hata kaynaktan sonra esas malzemede ve dikişin kenarlarındaki oyuk veya çentik biçiminde gözükür. Oluklar ve çentikler dikiş boyunca sürekli veya kesintili olarak devam eder.

Yanma oluklarının oluşmasının nedenleri şunlardır:

Akım şiddetinin yüksek seçilmesi,

Kaynakçının aşırı hızla çalışması,

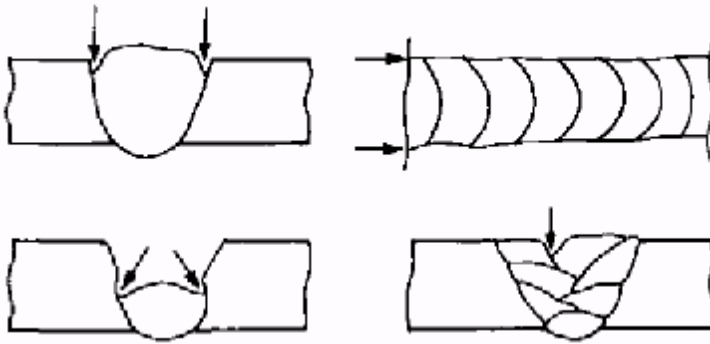
Elektrodun fazla zikzag hareketler yapması,

Kaynak sırasında elektrodun yanlış bir açıyla tutulması,

Esas metalin aşırı derecede paslı veya elektrodun rutubetli olması,

Çentikli kaynak dikişlerinin dinamik zorlanmalara karşı dayanımı çok zayıftır, bu bakımdan en ufak bir çentik ve oluğun bulunmasına izin verilmemelidir.

Yanma sonucu oluşabilecek çentik veya oluklar, yeni bir paso kaynak ile doldurularak, tamir edilebilir. Bu ek pasonun çekilmesinden önce birleşmeyi etkileyebilecek cüruf ve diğer pislikler iyice temizlenmeli ve gerektiğinde keski veya taşla çıkarılmalıdır.



Şekil 14.3.-Yanma Olukları

Bindirme Dikişlerinde Levha Kenarlarının Erimesi

Bu hata, üste bindirilen sacın serbest kenarlarının kaynak sırasında erimesi ile oluşmaktadır. Elektrik ark kaynağında levha kenarlarının erimesine, yanlış el hareketi, yetersiz bindirme, uygun olmayan bir elektrod çapı veya sac kalınlığının seçilmesi neden olmaktadır.

Bindirilen kenarın kaynak sırasında erimesi, dikiş yüksekliğini ve dolayısı ile dikişin statik ve dinamik dayanımlarını azaltır. Bu hata tekrar kaynakla doldurulmak sureti ile giderilerek dikiş eski kalınlığına getirilir.

Kaynak Dikişinin Taşması

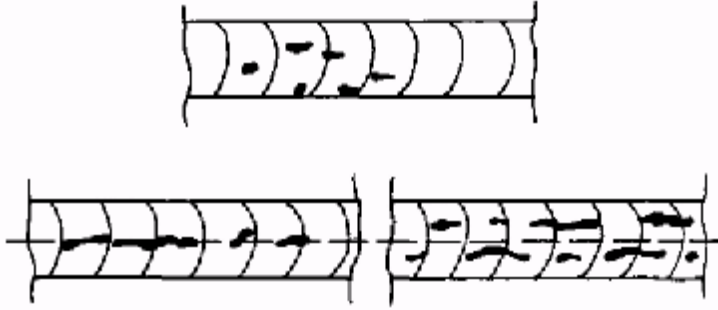
Kaynak metalinin, esas metal üzerine birleşme olmadan, taşması halidir. Bu taşma ya tek tek noktalar halinde; ya da bütün dikiş boyunca olabilmektedir. Genellikle, köşe kaynaklarında oluşan bu taşma olayı, dikişin gereğinden fazla kabarması biçiminde kendini gösterir. Ark kaynağında yanlış el

hareketi taşmaya neden olur. Özellikle, düşey düzlemdeki, yatay dikişlerin (korniş) kaynağında, elektrodun tutuş açısına ve el hareketine dikkat etmek gereklidir; gereğinden fazla kalın çaplı elektrod kullanmaktan kaçınılmalıdır. Taşmanın önlenmesinde, akım şiddetinin uygun seçilmesi ve kısa ark boyu ile çalışılmasının da önemli etkisi vardır; akım şiddeti yükselince veya ark boyu artınca taşma olayı kendini gösterir.

Taşmalar, özellikle dinamik zorlamalarda tehlikelidir, çünkü bu noktalarda bir gerilme yığılması oluşmaktadır. Kaynak kesitinde bir daralma yoksa taşmalar statik yüklemde önemli bir hata olarak görülmez. Taşmaların neden olduğu hatalar, bir keski veya taş ile temizlenirken dikiş veya esas metalin üzerinde derin iz bırakmamaya dikkat edilmelidir.

Cüruf Kalıntıları

Cüruf, kaynak işlemi sırasında arkın etkisi ile erimiş banyonun içine dağılır. Bu durumda dikiş boyunca yayılmış için bir cüruf kalıntısı göze çarpar; ayrıca düzgün çekilmeyen kök pasolarının neden oldukları yanma oluklarında da cüruf toplanabilir. Bu nedenle cüruf kalıntısı, devamlı veya kesik hatlar biçiminde kendini gösterir. Çok pasolu kaynakta, bir pasodan diğerine geçerken kaynakçı, cürufu iyice temizlemezse iki paso arasında cüruf kalır. Bir sonraki paso çekilmeden önce dikişteki cüruf çekiç, keski veya tel fırça ile tamamen temizlenerek hata önlenir.



Şekil 14.4.-Cüruf kalıntıları.

Çok defa cüruf kalıntısı ile nufuziyet azlığı birbirine bağlıdır. Nufuziyet azlığına neden olabilecek aşağıdaki faktörlere dikkat etmek gerekir:

Gereğinden kalın çaplı elektrod kullanılmamalıdır,

Ağız açısı doğru seçilmelidir,

Kaynak yaparken elektroda uygun bir hareket verilmelidir,

Elektrod ile iş parçası arasındaki açı uygun seçilmelidir, Kök pasosu çok dikkatli çekilmelidir.

Bir kaynak dikişinin içerisindeki düzgün sıralar halinde veya dağınık bir biçimde bulunan cüruf artıkları bağlantının homojenliğini bozduğu gibi mukavemetini de düşürür. Bu kalıntılar bazen kılcal çatlaklara neden olabilirler. Ancak, bazı seyrek dağılmış ufak ve küresel cüruf kalıntıları birleştirmenin statik mukavemetini önemli derecede etkilemediğinden dikkate alınmayabilirler.

Cüruf kalıntılarını içeren bölümler çıkartılarak, yeniden kaynak yapılarak bu hata da giderilebilir.

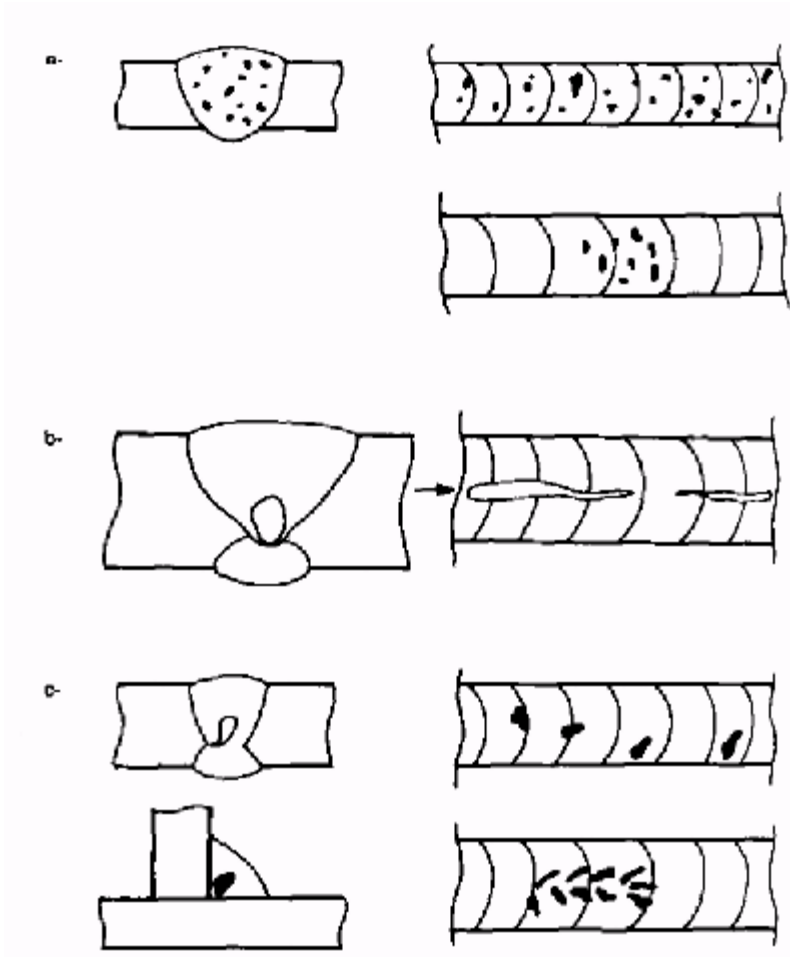
Gözenekler (Gaz Kabarcıkları)

Kaynak sırasında oluşan kimyasal reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan gazların erimiş metalin içerisinde sıkışması gözenekleri oluşturur. Bu gözeneklerin oluşmasına etki eden birçok etmen vardır; bunların başlıcaları şunlardır:

- Esas metalin kimyasal bileşimi,
- Esas metal ve kaynak metalinin içerdikleri kükürt miktarı (kükürt miktarının artması doğrudan doğruya gözeneklerin oluşmasına neden olur),
- Elektrod örtüsünün rutubetli olması,
- Düşük akım şiddeti ile çalışılması,
- Çok uzun veya çok kısa ark boyları ile kaynak yapılması,
- Erimiş kaynak banyosunun çabuk katılaşması,
- Kaynak ağızlarının kirli olması.

Bir kaynak dikişinin içerisinde bulunan gözenekler, dikişin taşıyıcı kesitini azalttığından mukavemet değerlerini düşürür ve aynı zamanda da yerel gerilme birikimlerine neden olur.

Bu durum, bağlantının mekanik özelliklerini kötüleştirir; gözenekler özellikle yorulma dayanımını azaltan bir etki yaparlar. Ancak, dağılmış gayet küçük gözenekler, birleştirmenin statik mukavemet değerlerini fazla etkilemezler. Yüksek dinamik mukavemet istenen konstrüksiyonlarda fazla gözenek içeren dikişler sökülerek yeniden kaynak yapılır.



Şekil 14.5.-Kaynak dikişlerinde karşılaşılan çeşitli gözenek türlerinden örnekler,

a- Yuvarlak gözenekler

b- Boylamasına gözenekler

c- Gözenek kanatları

Fışkırma

Fışkırma, katılaşmadan sonra, kaynak dikişinin arka tarafında krater biçiminde oluşan bir hatadır. Bu hataya erimiş metalin katılaşma sürecinde çıkardığı gazlar neden olmaktadır.

Kaynak dikişlerinin katılaşmaları sırasında genellikle aşağıdaki durumlar ile karşılaşılmaktadır:

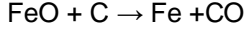
Erimiş metal içerisinde bulunan veya absorbe edilen gazların miktarı azdır ve katılaşma esnasında tamamı kaynak banyosunu terkeder (sağlam kaynak dikişleri).

Gazların miktarı oldukça fazla ve katılaşma süreci de biraz kısa ise, gazlar katılaşan banyonun içerisinde kalarak önemli miktarlarda gaz kabarcıkları oluştururlar.

Gazların miktarı oldukça fazla ve katılaşma süreci de uzunca ise, gazlar

fıskırma yaparak dışarı çıkarlar.

Çeliklerde gaz oluşumuna karbonun redükleyici etkisi neden olur.



Oluşan CO gazı; katılma süreci kısa ise, gaz kabarcıklarına, uzun ise fışkırmalara neden olmaktadır.

Bu hata kaynakçının bilgi ve becerisine bağlı olmayıp, doğrudan doğruya metalin bileşimi ile ilgilidir. Dolayısı ile fışkırmaya karşı çok az çözüm vardır. Genellikle fışkırtma yapan çelik, kaynağa elverişli olmadığından kaynak edilmemelidir. Bu hata türü, oluşum nedenleri yönünden özellikle oksis-asetilen kaynak yönteminin karakteristik bir hatasıdır.

Çatlaklar

Bu hata, diğerlerine oranla en tehlikeli olanıdır. Eritme kaynağında, çatlama; kaynak metalinde, esas metalde, ITAB'de ve birleşme yerinde rastlanır.

• Kaynak Yerinde Oluşan Çatlaklar

Genellikle, bu çatlaklara dikişteki bölgesel gerilmeler neden olmaktadır. Kaynak sırasındaki çarpılma ve çekmelere karşı koyan kuvvetler, iç gerilmelerin dağılmasında önemli rol oynarlar; bu bakımdan parçaların olabildiğince serbest hareket edebilecek konumda olmaları istenir. Kaynak yerinin bir hava akımı ile çabuk soğutulması veya düşük ortam sıcaklıkları, çatlama oluşumunu kolaylaştırır. Birbirine tam uymayan parçalarda ve düzgün olmayan kaynak ağızlarında, nufuziyet azlığı, kötü birleşme ve cüruf kalıntıları gibi hatalar görülür. Bu hatalar zamanla kılcal çatlakların oluşmasına yol açar.

Boylamasına çatlaklar genellikle kök pasolarında oluşurlar; eğer bu kök pasoları tamamen sökülüp yeniden kaynak yapılmazsa, çatlak sonraki pasolarda da kendini gösterir. Boylamasına çatlaklar, bazen dikişlerde krater çatlaklarının devamı olarak da oluşabilirler.

Enine çatlaklar, kaynak sırasında hareket olanağı en az olan dikişlerde ortaya çıkarlar.

Yumuşak çeliklerin kükürt içeriği genellikle malzemenin kaynak kabiliyetine etkir; esas veya kaynak metalinde fazla miktarda kükürt bulunması, kaynak yerinin çatlmasına neden olur. Böyle bir olasılık ortaya çıktığında, basit bir kükürt analizi yapılması gerekir. Kükürt gibi diğer bazı alaşım elementlerinin fazlalığının da çatlama neden olabileceğini hatırdan çıkarmamalıdır:

Kaynakta çatlakların oluşmasını önlemek için aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gereklidir:

- Kaynak işlemi sırasında, dikiş kendini kolayca çekebilmedir,
- Dikişin çekme gerilmelerine dayanabilmesi için kaynak pasoları yeter derecede geniş çekilmelidir. Bu nokta özellikle kalın sacların ve sabit parçaların kaynağında önemlidir.
- Boylamasına çatlaklar çok defa, birbirine uymayan dikiş kesitleri ile yanlış bir kaynak sırasının uygulanmasından ileri gelir. Böyle bir durumla karşılaşıldığında çalışma yöntemi değiştirilmelidir.
- Kök pasolarında meydana gelen çatlak tamir edilmeden bir sonraki paso çekilmemelidir.
- Enine çatlakların oluşmasını önlemek için, bazı durumlarda çentik hassasiyeti az ve sıcak çatlama

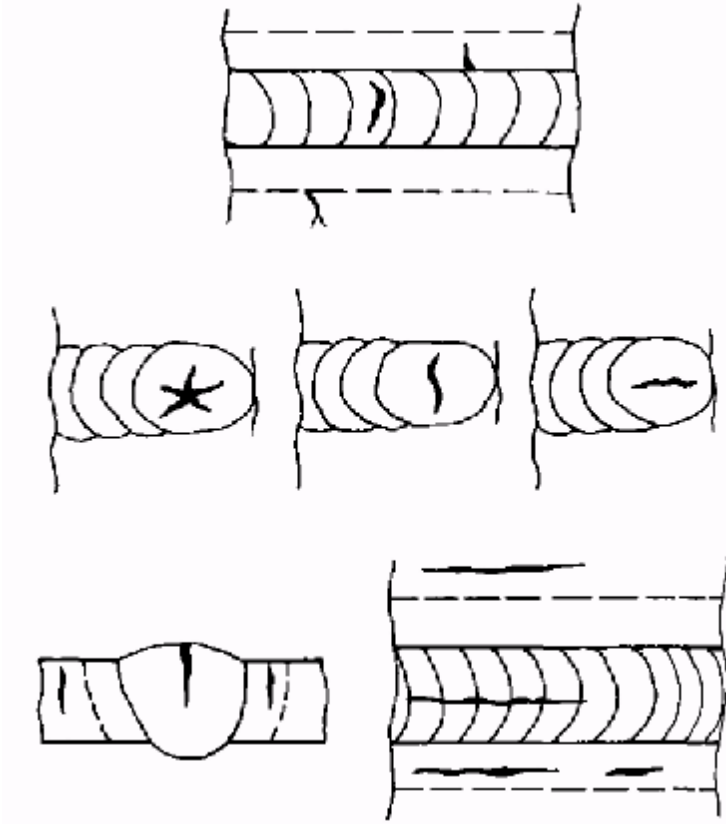
karşı dayanımı yüksek, özel elektrodlar kullanılmalıdır, örneğin; ostenitik ve bazik örtülü elektrodlar.

Esas Metalde Oluşan Çatlaklar

Esas metaldeki çatlaklar, alaşımsız çelik saclarda, bazen buna karşın yüksek mukavemetli ve yüksek karbonlu çeliklerde genellikle oluşmaktadır. Bu duruma kaynak sırasında, ITAB'nin sertleşmesi neden olur. Esas metalin bileşimi, soğuma hızı ve çekme gerilmeleri çatlamanın başlıca nedenleridir. Bu faktörlerden soğuma hızı, sac kalınlığına, kaynak esnasında parçaya uygulanan ısı girdisine ve ortam sıcaklığına bağlıdır.

Çeliklerin sertleşme eğilimleri, kimyasal özelliklerine göre değişir. Bu konu özellikle az alaşımlı kalın yapı çelikleri ile alaşımsız çeliklerde çok önemlidir. ITAB, kaynaktan sonra parçanın hızlı soğuması sonucunda sertleşir. Özellikle kalın saclarda ısı çabuk dağıldığından, dikiş hızlı soğur; dolayısı ile parça kalınlığına ve diğer soğuma koşullarına bağlı olarak çatlama tehlikesi de artar. Geçiş bölgesinde, sert bir bölgenin oluşmasını önlemek için soğuma hızını olabildiğince azaltmak gerekir. Soğuma hızı ancak aşağıdaki kurallara uyularak yavaşlatabilir;

- Kaynak edilecek parçalara kaynaktan önce ve sonra tav uygulanmalıdır.
- Parçaya verilen ısı girdisi artırılmalıdır. Örneğin, kalın çaplı bir elektrodla geniş pasolar çekilmeli ve uygun bir kaynak yöntemi seçilmelidir.
- Çok pasolu kaynaklarda, parçaya verilen ısının çabuk dağılması önlenmelidir, yani sıcaklık olanaklar ölçüsünde sabit tutulmalıdır; bu da pasoların birbirinin arkasından soğumaya meydan vermeden çekilmesi ile sağlanır.
- Sertleşme eğilimi fazla çeliklerin kaynağında, önceden tavlama işlemi uygulanmadığı durumlarda, puntalamadan ve arkı kaynak ağzının dışında oluşturmaktan kaçınılmalıdır. Zira böyle bir işlem, sert bölgelerin ve dolayısı ile yüzeysel çatlakların oluşmalarına neden olur.



Şekil 14.6.-Çeşitli türde çatlaklar

- Hava sıcaklığının sıfır veya sıfırın altında bulunduğu hallerde az alaşımlı yapı çeliklerinin kaynağında dahi, hafif bir öntava gerek vardır; bazı durumlarda da bazik elektrodların kullanılması yarar sağlamaktadır.

Gerek kaynak metalinde gerekse esas metalde oluşan çatlakların tek onarım biçimi hatalı yeri söküp çıkartarak yeniden kaynak yapmaktır. Bu işlemi yaparken bütün çatlakların tamamen çıkarılmış olmasına özellikle dikkat edilmeli ve yeniden kaynak yapılacak yer çok iyi temizlenmelidir. Bazen aynı hatanın tekrarını önlemek amacı ile yeniden kaynak yapıldığında değişik bir yöntemin uygulanması gerekebilir.

Dış zorlamanın türü ne olursa olsun, çatlaklar daima bağlantının mukavemet değerini düşürür; bu bakımdan, hiçbir kaynakta çatlama izin verilmemelidir.

Hatalı Kaynak Biçim ve Boyutları

Genellikle, diğer bakımlardan hatasız, fakat dikişin biçimi ve boyutları bakımından farklı kaynaklar bu gruba girer. Bu kaynaklarda, dikiş istenilen biçim ve ölçülere uymaz. Bu hatalar, fazla içbükey veya dışbükey yüzey bozukluğu, kalınlık azlığı ve eşit olmayan dikiş uzunluğu biçimlerinde

olabilmektedir. Hatalı kaynak boyut ve biçimlerinin oluşmasının başlıca nedenleri yanlış kaynak tekniklerinin uygulanmasıdır; örneğin, elektrik ark kaynağında kullanılan elektrodların özellikleri, köşe birleştirmelerindeki iç veya dış bükeyliğe neden olabilmektedir. Genel olarak düşük akım şiddeti dış bükeylik ve yüksek akım şiddeti de iç bükeylik oluşturmaktadır; bunlara, kaynak sırasında elektrodun tutuluş biçimi de önemli derecede etkimektedir.

Yukarıdan aşağı veya yatay pozisyonlarda yapılan iç köşe kaynaklarında düzgün olmayan biçim ve boyutların oluşması el hareketlerine bağlıdır; korniş pozisyonundaki kaynaklarda geniş pasoların çekilmesi zordur; 6-8 mm'den yüksek içköşe dikişlerinde, oluk durumunda kaynak yapma olanağı yoksa çok pasolu kaynak yöntemi uygulanmalıdır.

Örtülü elektrod ile ark kaynağında, alın birleştirmelerinde dikiş kalınlığının az veya fazla olmasına aşağıdaki faktörler etki eder:

- Yanlış bir çalışma tekniği,
- Kaynak ağızlarının iyi hazırlanmaması,
- Elektrod çapının uygun seçilmemesi,
- Uygulanan akım şiddeti,
- Çekilen pasoların sayısı,
- Kaynak hızı.



Ağız (kenar) kayması



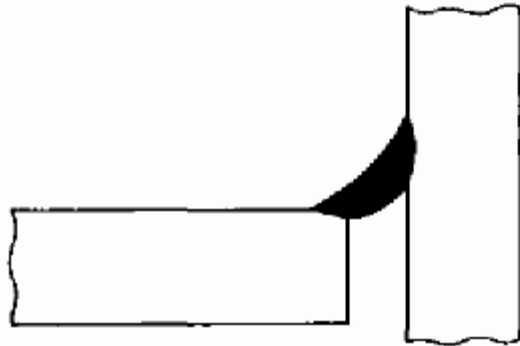
Parçalar arasındaki açıklık çok az



Kök alını çok yüksek



Parça arasındaki açıklık çok fazla



Şekil 14.7.-Kaynak ağızlarının iyi hazırlanmaması sonucu ortaya çıkan hatalar.

Fazla iç bükey ve düzgün olmayan içköşe dikişleri, kaynak yerinin kalınlığını azalttığından, bağlantının mukavemetini düşürür. Aşırı dış bükey ve düzgün olmayan içköşe dikişleri de kaynak yüksekliğine ve dolayısı ile bağlantının gerilme dağılımının bozulmasına ve mukavemetin düşmesine neden olur. Çok fazla dış bükey dikişlerde de, genel olarak yetersiz nüfuziyet ve birleşme azlığı gibi hatalar da bulunmaktadır. Ayrıca, fazla dışbükeylik, dikişlerde taşmalara da neden olur. Bu taşmalar da, bölgesel çentik etkisi oluşturduğundan, buralarda gerilme birikmesi görülür, dolayısıyla bağlantının yorulma dayanımı azalır. Atın birleştirmelerin-deki fazla yükseklik de birleştirmenin, yorulma dayanımını azaltmaktadır. Kalınlık azlığı ise kesiti küçülteceğinden, bağlantının statik dayanımını düşürür.

Aşırı içbükeylik veya kalınlık azlığı, yeniden bir paso kaynak yapmakla ortadan kaldırılır. Aşırı dışbükey dikişlerdeki fazlalıklar ise keski veya taşlama ile kaldırılır. Yeniden kaynak yaparken özellikle temizliğe ve arada cüruf kalmamasına çok dikkat edilmelidir.

Sıçramalar

Kaynak esnasında çeşitli nedenlerle meydana gelen patlamaların etkisi ile oluşan, küçük metal parçacıkları etrafa sıçrarlar. Bunlar gerek kaynak dikişinin, gerekse esas metalin yüzeyinde istenmeyen ve mutlaka temizlenmesi gereken küresel kabarcıklar oluştururlar. Sıçramaya bazan elektrodların kendi kaynak özellikleri, bazen de örtünün rutubeti neden olmaktadır; ancak, sıçramanın asıl nedeni yüksek akım şiddeti uygulanmasıdır. Ayrıca, kaynak yaparken arkın sık sık kesilmesi de sıçramayı arttırdığından, bundan kaçınılmalıdır.

Sıçramanın en önemli sakıncaları, metal kaybı ve temizlemek için harcanan zamandır. Bu hatanın, bağlantının dayanımı yönünden görünür bir etkisi yoktur. Sıçramayı yok etmek için, kaynak yerini veya esas metali bir keski veya fırça ile temizlemek gerekir.

Dikiş Yüzeyinin Fena Görünüşü

Bu hata, dikişin yüzeyinde gözenek, cüruf kalıntısı, düzgün olmayan tırtıl oluşumu, dikişin tekrar başladığı noktalarda fena birleşme ve kraterler içermesidir.

Düzgün olmayan dikiş yüzeyinin ve yüzey çıkıntılarının oluşması, bazan elektrodların kaynak özelliklerine, bazan da yanlış kaynak tekniklerinin uygulanmasına bağlıdır. Kaynağın, dış görünüşü hakkında bir karara varmadan önce, kaynak pozisyonu değerlendirilerek, birleştirilecek yerlerin daima kaynakçının elektrodu kolayca hareket ettirebileceği bir duruma getirilmesi sağlanmalıdır.

Kaynak dikişinin fena bir görünüşe sahip olması, bağlantının yorulma dayanımına etki eder. Yüzeydeki hatalar bölgesel gerilme alanlarına, bunlar da yorulma çatlaklarının oluşmasına yol açarlar. Statik yüklemde dikişin dış yüzeyindeki hatalar, bağlantının dayanımını pek etkilemezler. Yüzeydeki bu hatalı bölgeler çeşitli yöntemler ile ortadan kaldırılıp, yeniden kaynak yapılarak onarılır,

Kaynak Hatalarını Uluslararası Sınıflandırma Yöntemi

Uluslararası Kaynak Entitüsünün (International Institute of Welding "IIW"), "Kaynağın Muayene ve Kontrolü" adlı V numaralı komisyonu tarafından hazırlanan Doc. V-360-67/OE (ex.Doc.VF-10-67) kodlu dokümanda, kaynak hataları aşağıdaki biçimde bir sınıflandırılmıştır:

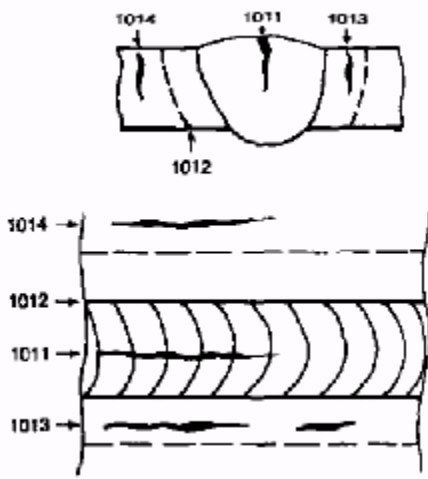
100.- Grup 1.- Çatlaklar (E)

101.- Boylamasına çatlaklar (Ea)

Kaynak eksenine paralel olan bu çatlaklar şu kısımlara ayrılır.

- 1011.- Kaynak metalindeki çatlaklar.
- 1012.- Birleşme bölgesindeki çatlaklar.
- 1013.- Isının tesiri altında kalan bölgedeki çatlaklar.

- 1014.- Esas metaldeki çatlaklar.

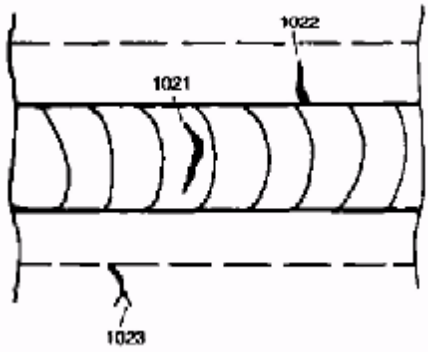


Şekil 14.8.-Boylamasına çatlaklar (şematik).

102.- Enlemesine çatlaklar (Eb)

Kaynak eksenine dik doğrultuda oluşan bu çatlaklar, buldukları yere göre şu biçimde sıralanırlar:

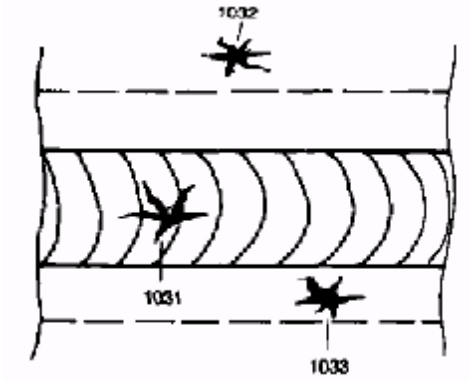
- 1021.- Kaynak metalindeki çatlaklar.
- 1022.- Isının tesiri altında kalan bölgedeki çatlaklar.
- 1023.- Esas metaldeki çatlaklar.



Şekil 14.9.-Enlemesine çatlaklar (şematik).

103.-Yıldız çatlak

- 1031.- Kaynak metalindeki çatlaklar.
- 1032.- Isının tesiri altında kalan bölgedeki çatlaklar.
- 1033.- Esas metaldeki çatlaklar.

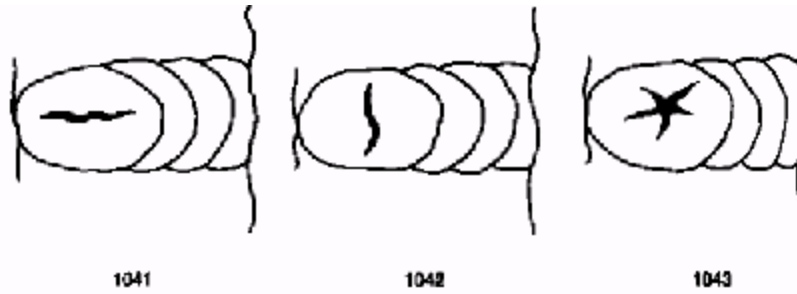


Şekil 14.10.-Yıldız çatlaklar (şematik)

104.-Krater çatlakları (Ec.)

Krater çatlakları üçe ayrılır.

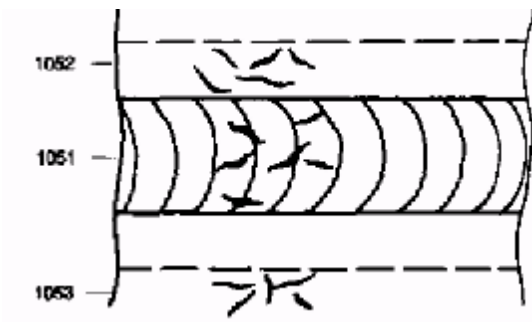
- 1041.- Boylamasına krater çatlakları.
- 1042.- Enlemesine krater çatlakları.
- 1043.- Yıldız krater çatlakları.



Şekil 14.11.-Krater çatlakları (şematik).

105.-Dağınık çatlaklar

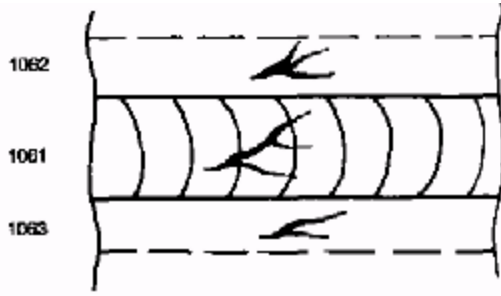
- 1051.- Kaynak metalindeki çatlaklar.
- 1052.- Isının tesiri altında kalan bölgedeki çatlaklar.
- 1053.- Esas metaldeki çatlaklar.



Şekil 14.12.-Dağınık çatlaklar (şematik).

106.-Kollu (Dallı) çatlaklar

- 1061.- Kaynak metalindeki çatlaklar.
- 1062.- Isının tesiri altında kalan bölgedeki çatlaklar.
- 1063.- Esas metaldeki çatlaklar.

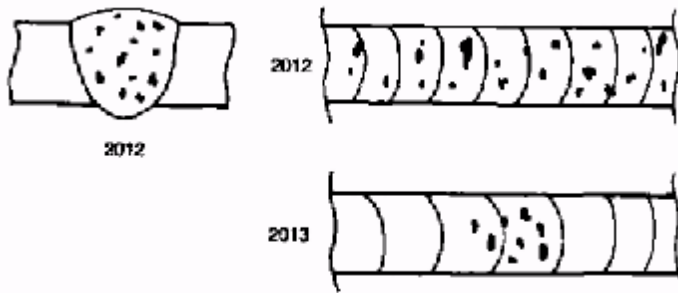


Şekil 14.13.-Dallı çatlaklar (şematik).

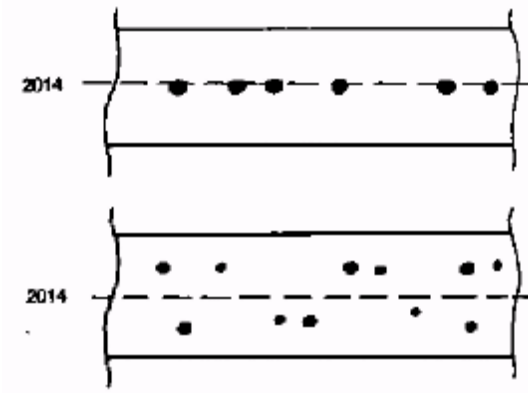
200.- Grup.2.- Boşluklar.

201.- Gaz gözenekleri (A)

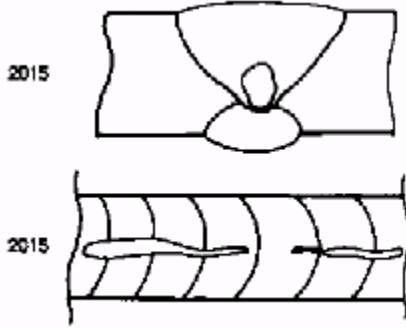
- 2011.- Yuvarlak gözenekler (Aa)
- 2012.- Gayri muntazam dağılmış yuvarlak gözenekler
- 2013.- Lokalize olmuş gözenekler
- 2014.- Lineer olarak dağılmış gözenekler
- 2015.- Boylamasına gözenekler
- 2016.- Gözenek kanalları
- 2017.- Yüzey gözenekleri.



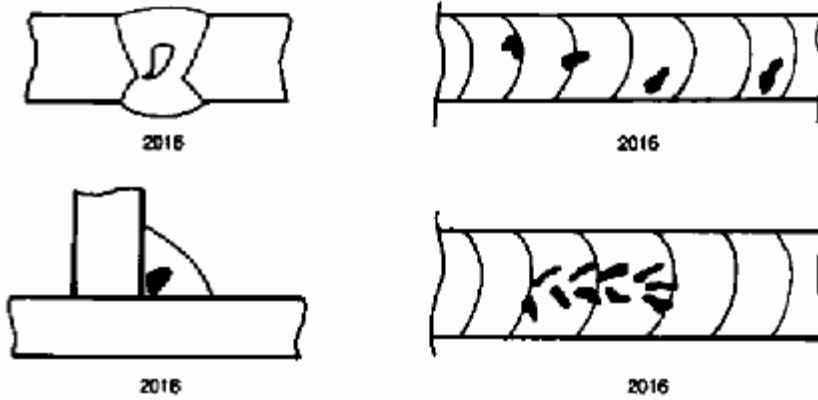
Şekil 14.14.-Yuvarlak gözenekler (şematik).



Şekil 14.15.-Lineer olarak dağılmış gözenekler (şematik).



Şekil 14.16.-Boylamasına gözenekler (şematik).



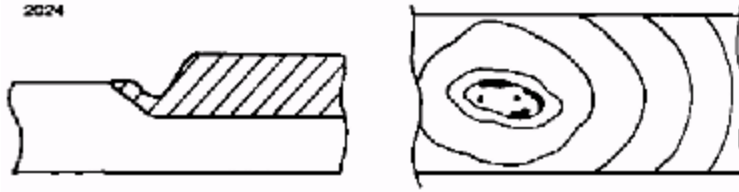
Şekil 14.17.-Gözenek kanalları (şematik).

202.- Kendini çekmeden ötürü oluşan boşluklar.

Bu tip boşluklar, katılma sırasında kendini çekme sonunda ortaya çıkar.

- 2021.- Dendritlerarası kendini çekme boşlukları.
- 2022.- Mikro kendini çekme boşlukları.
- 2023.- Dendritlerarası mikro kendini çekme boşlukları.

- 2024.- Krater boşlukları



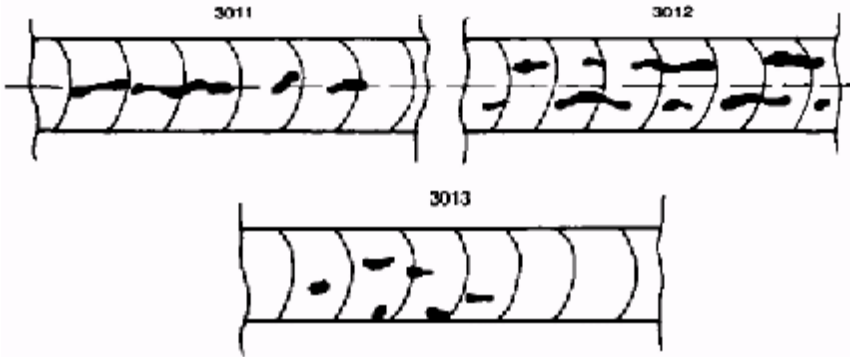
Şekil 14.18.-Krater boşlukları (şematik).

300.- Grup 3: Kalıntılar.

301.- Cüruf kalıntıları (Ba).

Cüruf kalıntıları kaynak metalinde bulunur ve oluşum biçimine göre de üçe ayrılır.

- 3011.- Tek sıralı cüruf kalıntıları.
- 3012.- Çok sıralı cüruf kalıntıları.
- 3013.- Diğer tür cüruf kalıntıları.



Şekil 14.19.-Cüruf kalıntıları (şematik).

302.- Dekapan ve kaynak tozu kalıntıları (G)

Bunlar da cüruf kalıntıları gibi üçe ayrılır:

- 3021.- Tek sıralı kalıntılar.
- 3022.- Çok sıralı kalıntılar.
- 3023.- Diğer tür kalıntılar.

303.- Oksit kalıntılar (S)

Kaynak metalinin katılaşması sırasında dikişte kalan metal oksitleridir.

- 3031.- Yüzey oksitleri: Meselâ, alüminyumun yüzeyine oluşan Al_2O_3 'in kaynak esnasında türbülans dolayısı ile parçalar halinde dikişin içerisinde kalması gibi.

304.- Ağır Metal Kalıntıları (M).

Bunlar, kaynak dikişinde ağır metallerin bıraktığı kalıntılardır. Şöyle ki:

- 3041.- Tungsten kalıntıları.

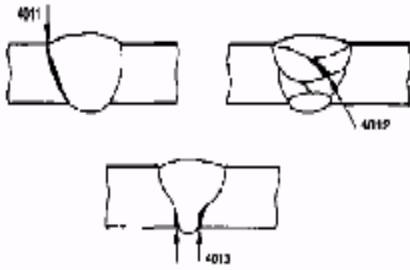
- 3042.- Bakır kalıntıları.
- 3043.- Diğer metallerin kalıntıları.

400.- Grup 4: Yetersiz erime ve nüfuziyet azlığı

401.- Yetersiz erime

Yetersiz erime ya esas metal ile kaynak metali arasında ya da kaynak metalinin pasoları arasında oluşur. Şöyle ki:

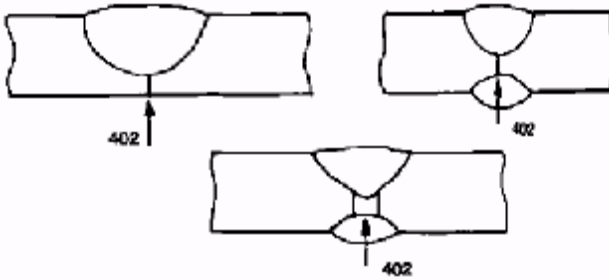
- 4011.- Kaynak metali ile esas metalin yüzeyi arasındaki erime yetersizliği.
- 4012.- Kaynak pasoları arasındaki erime yetersizliği.
- 4013.- Kök pasosu ile esas metal arasındaki yetersiz erime.



Şekil 14.20.-Yetersiz erime (şematik).

402.- Nüfuziyet azlığı (D)

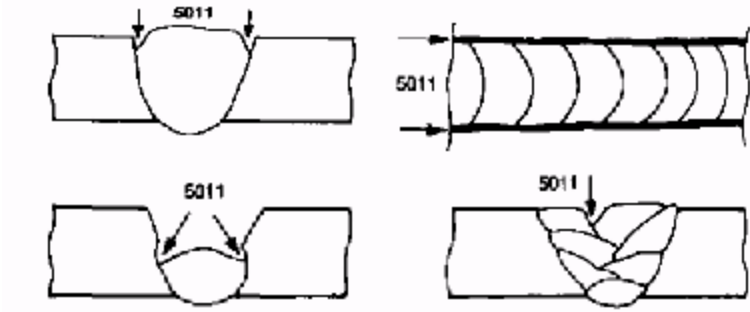
Bu hata, birleştirilecek kesitin kaynak esnasında tam olarak erimemesi sonucunda meydana gelir ve kaynak metalinde çatlamalara neden olur.



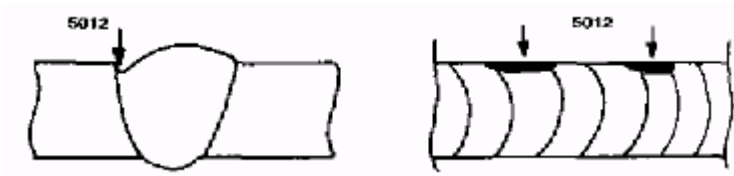
Şekil 14.21 .-Nüfuziyet azlığı (şematik).

500.- Grup 5: Şekil (dış yüzey) hataları

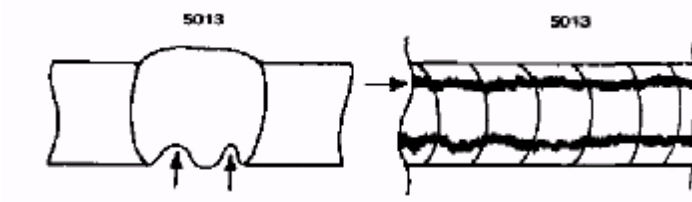
- 5011.- Devamlı yanma olukları veya çentikler
- 5012.-Kesikli yanma olukları
- 5013.- Kökteki yanma olukları



Şekil 14.22.-Devamlı yanma olukları (şematik).



Şekil 14.23.-Kesikli yanma olukları (şematik).



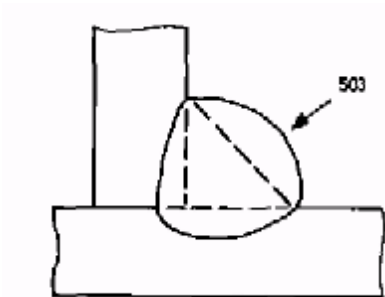
Şekil 14.24.-Kökteki yanma olukları (şematik)

502.-Aşırı metal yığılma



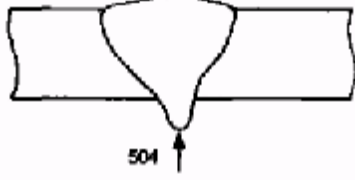
Şekil 14.25.-Normal ve aşırı metal yığılması (şematik).

503.- Fazla dışbükey içköşe dikişi



Şekil 14.26.-Fazla dışbükey içköşe dikişi (şematik).

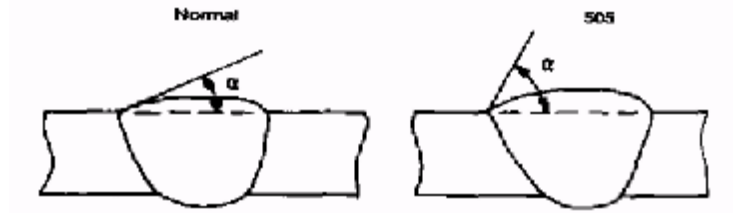
504.- Fazla sarkık (fışkırmış veya sakallı) dikiş



Şekil 14.27.-Fazla sarkık (fışkırmış veya sakallı) dikiş (şematik).

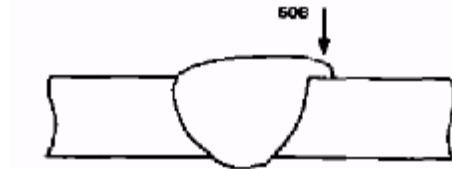
505.- Kaynak dikişinin dış yüzey durumunu belirten açı

Normal bir kaynakta bu açı küçük olup, kaynak metali ile esas metalin birleştiği noktada, kaynak metaline teğet doğru ile parça yüzeyi arasındaki açıdır.



Şekil 14.28,-Kaynak dikişinin dış yüzey durumunu karakterize eden açı (şematik).

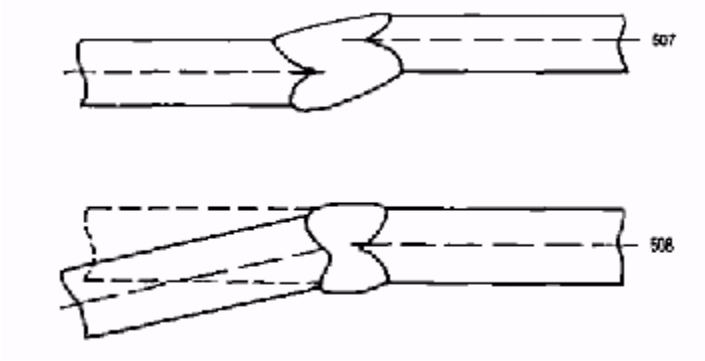
506.- Birleşme olmadan kaynak metalinin esas metal üzerine taşması



Şekil 14.29,-Kaynak metalinin birleşme olmadan taşması hail (şematik).

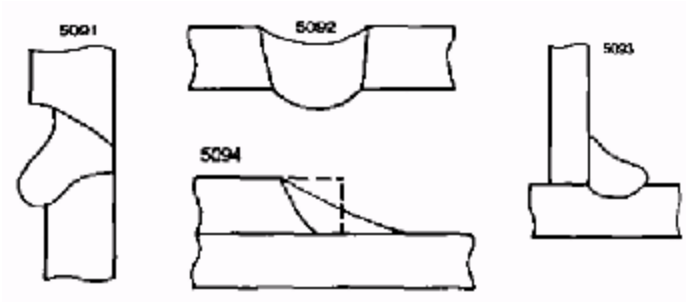
507.- Eksen kayması

508.- Açısal çarpılma



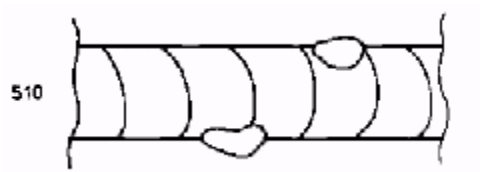
Şekil 14.30,-Eksen kayması ve açısai çarpılma (şematik).

509.- Kaynak dikişinin akması



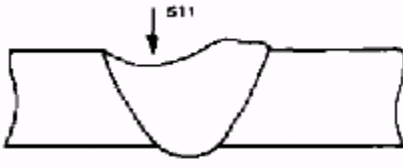
Şekil 14.31 .-Kaynak dikişinin akması (şematik).

510.- Yerel yanma veya taşmalar



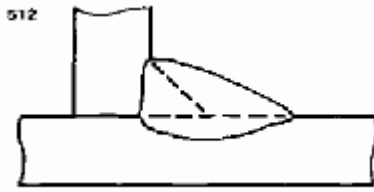
Şekil 14.32.-Yerel yanma veya taşmalar (şematik).

511.- Yetersiz doldurma



Şekil 14.33.-Yetersiz doldurma (şematik).

512.- Simetrik olmayan içköşe dikişi

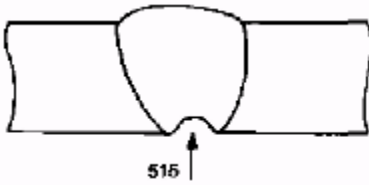


Şekil 14.34.-Simetrik olmayan içköşe dikişi (şematik).

513.- Gayri muntazam genişlik

514.- Gayri muntazam yüzey

515.-Kökün içbükeyliği

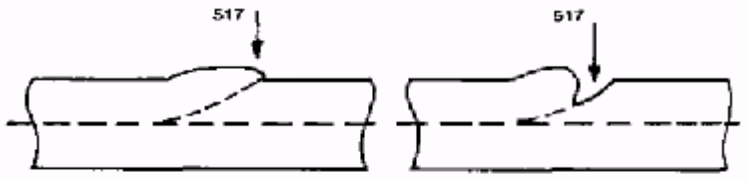


Şekil 14.35.-Kökün içbükeyliği (şematik).

516.- Süngerleşme

Bir kaynak dikişinin kökünde, erimiş metalin katılaşması esnasında sünger gibi delikli bir halin meydana gelmesi.

517.-Yerel yırtıklar veya düzensizlikler



Şekil 14.36.-Yüzeydeki yerel yırtılmalar veya düzensizlikler.

600.- Grup.6: Çeşitli hatalar (E)

Bu hatalar daha önce belirtilen 1 ile 5 gruplarının dışında kalan hataları içeriğine alır.

601.- Parça üzerinde arkın tutuşturulması veya oluşumu

602.- Yüzeydeki sıçramalar

603.-Yüzeydeki yerel yırtılmalar

604.- Yüzeydeki taş yaraları

605.-Yüzeydeki keski ve kalem yaraları

606.- Kalınlığın taşlama suretiyle düşürülmesi

KAYNAK HATALARININ SAPTANMASINDA UYGULANAN MUAYENE YÖNTEMLERİ

Kaynak bağlantıları kendilerinden beklenen işlevleri yerine getirebilmeleri için hata içermemeli ve önceden saptanmış mekanik özellikleri sağlamalıdır. Bu bölümün başında da belirtilmiş olduğu gibi, hataların büyükçe bir kısmı bağlantının içinde bulunduğundan bunların varlığı ancak özel muayene yöntemleri ile belirlenebilmektedir.

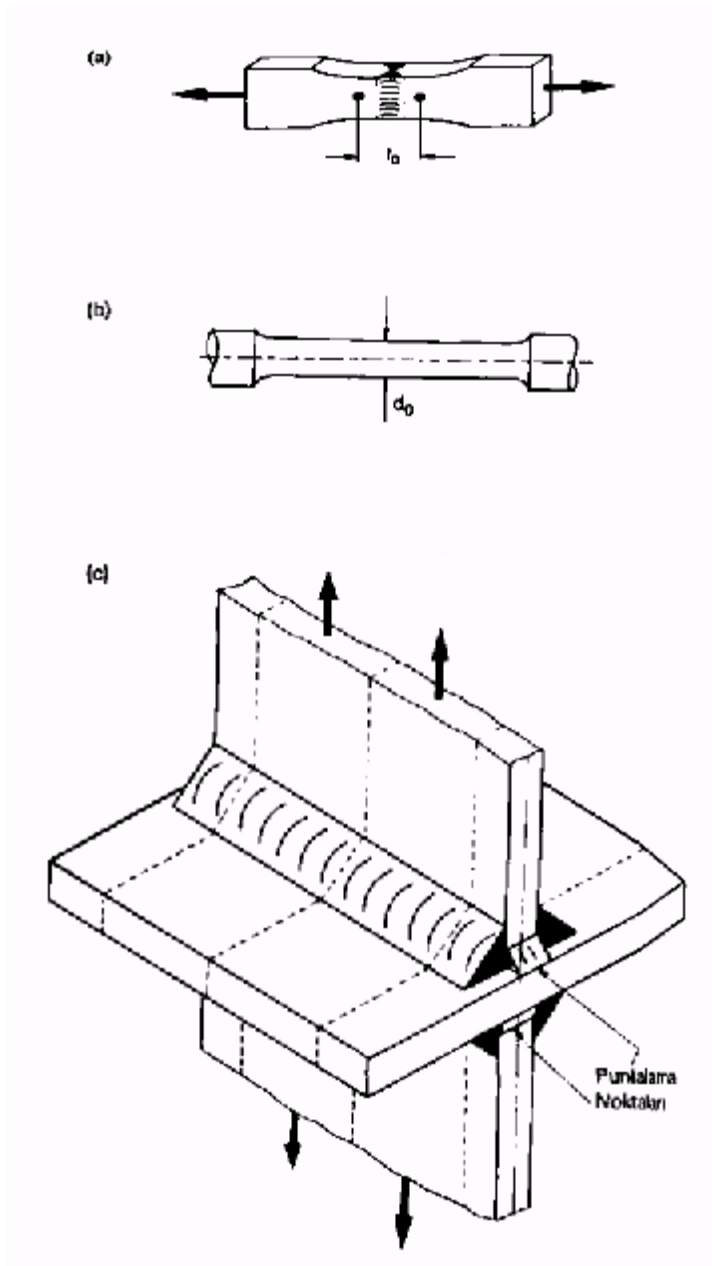
Kaynak bağlantılarının değerlendirilmesinde uygulanan muayene yöntemleri esas olarak tahribatlı ve tahribatsız muayene yöntemleri olmak üzere iki ana grupta toplanır. Birinci gruba giren yöntemler genellikle deney parçası ve çok seyrek olarak da iş parçasına uygulanır ve parça tahrip olduğundan da kullanılamaz duruma gelir.

Kaynak bağlantısının ve kaynak metalinin çekme, akma mukavemetleri, % uzamasının belirlenmesinde başvurulan çekme deneyi bu yöntemlerin en tipik örneğidir. Ayrıca, kaynak bölgesinin (ITAB ve kaynak metali) tokluğunun saptanmasında uygulanan çentik-vurma deneyi, sertliğinin belirlenmesinde uygulanan çeşitli sertlik deneyleri, kaynak bölgesinin çatlama şekil değiştirme özelliğinin saptanması için uygulanan eğme ve katlama deneyi de bu gruba giren muayenelerdir. Bu muayenelerin karakteristik özelliği deney sonucu bir değer sayısının elde edilmesidir. Bu değer sayıları, özellikle tasarımcıya kaynaklı yapıların projelendirilmesinde vazgeçilmez bir kılavuzdur. Bu gruba giren fakat deney sonucunda özgül değer sayıları vermeyen genellikle atölyelerde işlem öncesi yapılan çok sayıda teknolojik muayeneler de vardır. Bunlar arasında bir parça üzerine çekilmiş dikişin keski ile kaldırılması, dikişin kırılarak kırık yüzeyin muayenesi bu tür deneyler grubuna girmektedir.

Tahribatsız muayeneler, muayene edilen parça üzerinde hiçbir tahribat veya iz bırakmazlar; bu bakımdan bu yöntemler genellikle bitmiş parçalara uygulanır ve deney sonucu olarak da parçanın hata içerip içermediği belirlenir. Bu deneyler sonucunda özgül değer sayıları edilmez.

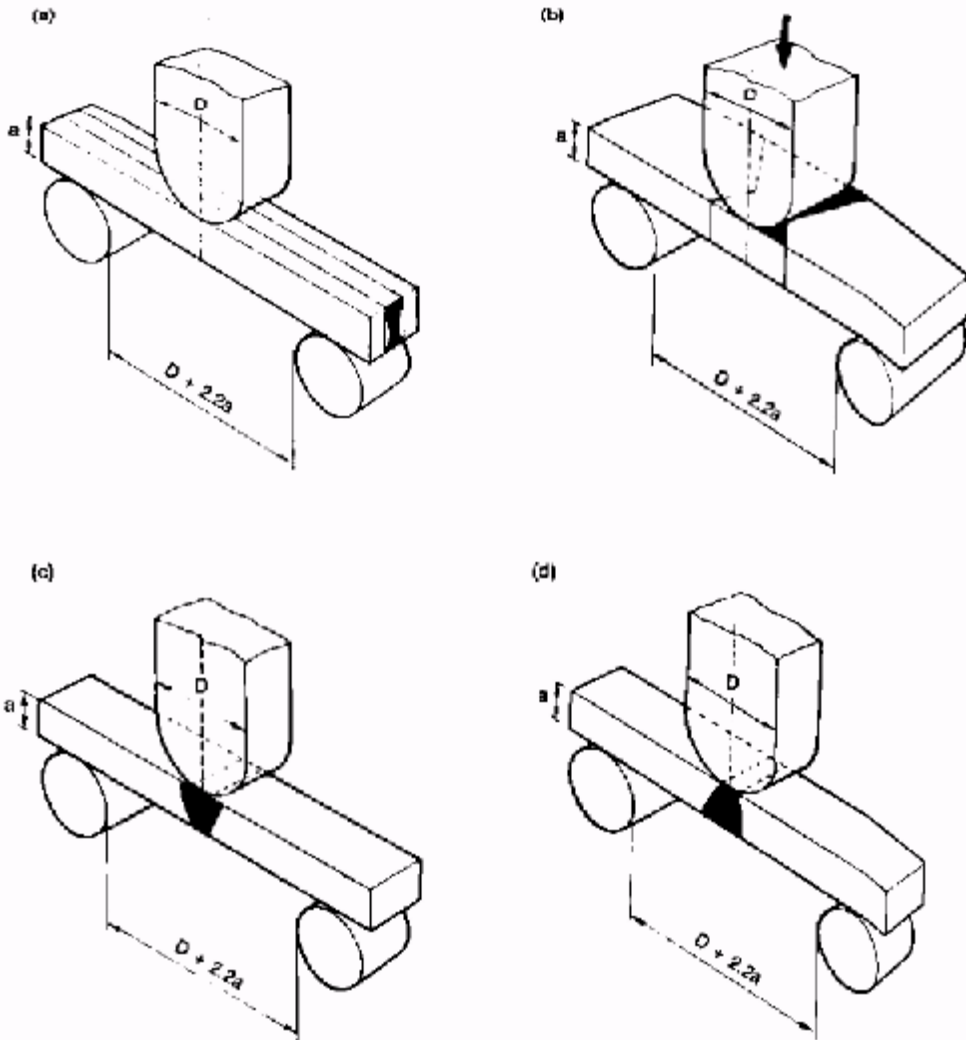
Kaynak bağlantılarının kontrolünde en çok başvurulan muayene yöntemleri tahribatsız muayenelerdir. Bugün uygulamada sık karşılaşılan bu yöntemler şu şekilde sıralanabilir:

- Göz ile muayene,
- Sıvı emdirme (penetran sıvı) yöntemi ile muayene,



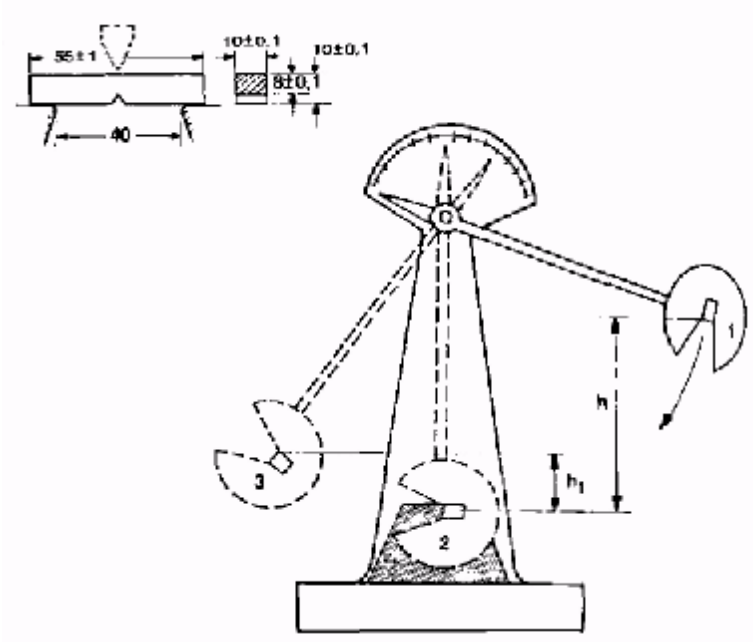
Şekil 14.37.- Kaynaklı bağlantılar için çeşitli çekme deney parçaları

- (a) Kaynak bağlantılı sac levhadan alınmış deney parçası
 - (b) Kaynak yassı metalinden çıkarılmış silindirik çekme deney parçası
 - (c) Haç biçimli çekme deney parçası
- Manyetik parçacık yöntemi ile muayene,
 - Radyografi (x ve γ - ışınları) ile muayene,
 - Ultrasonik titreşimler yardımı ile muayene.

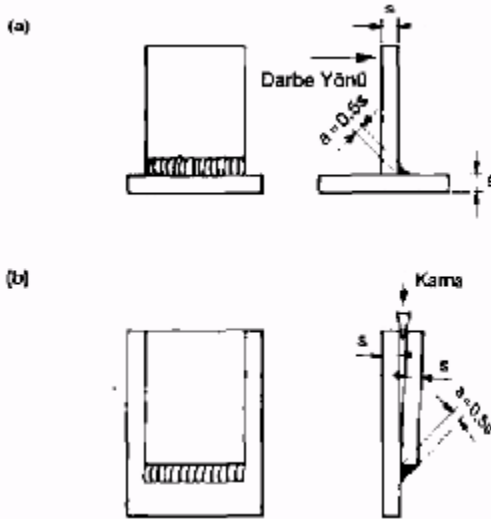


Şekil 14.38.- Kaynaklı parçalara uygulanan eğme deneyleri

- (a) Uzunlamasına eğme,
- (b) Yan eğme,
- (c) Düz eğme,
- (d) Kök eğme.



Şekil 14.39.- Çentik-vurma deneyi ve deney parçası.



Şekil 14.40.- Kaynak dikiş mukavemetinin saptanması için atölyede yapılan deneyler

(a) İç köşe kırma deneyi

(b) Kama deneyi

Göz ile muayene

Çıplak göz ve bir büyüteç yardımı ile kaynak bağlantıları üzerinde birçok hata kolaylıkla görülebilir. Hatta bu konuda tecrübeli bir kişi kaynak hızı, akım şiddeti, ark boyu ve elektrod çapının uygun seçilip seçilmediğini dahi böyle bir muayene sonucunda söyleyebilir. Gözle muayene sonucunda aşağıdaki hatalar kolaylıkla belirlenebilir.

- Yanma olukları,
- Uygun olmayan kaynak dikiş boyutları,
- İçköşe dikişlerinin asimetrisi,
- Yüzey çatlakları,
- Yüze çıkmış gözenekler,
- Uygun olmayan dikiş tırtılları,
- Kraterler,
- Yeniden başlama noktaları,
- Kök pasalarda nüfuziyet azlığı veya fazlalığı,

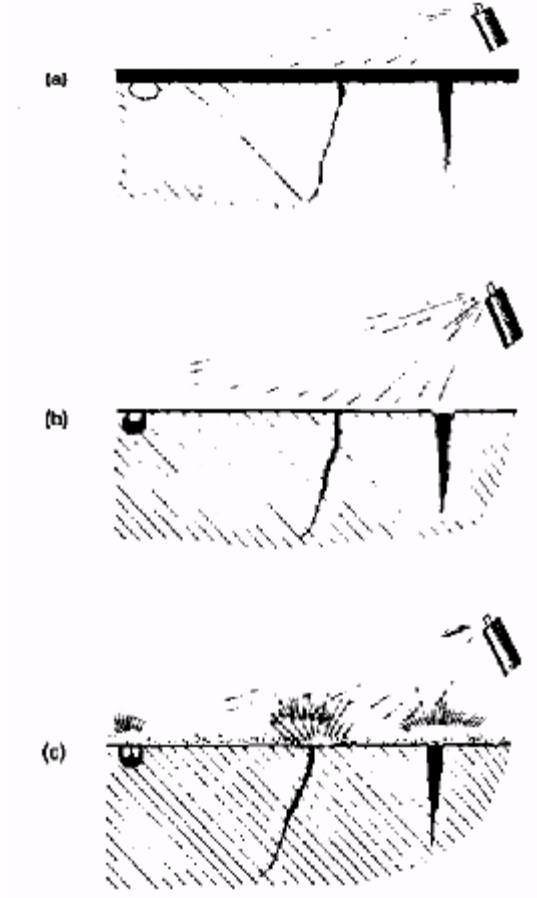
Doğal olarak göz muayenesi ile sadece bağlantının gözle görülebilen yüzeylerindeki hataları saptanabilir ve yöntemin etkinlik derecesi de kişiden kişiye farklılıklar gösterir.

Sıvı Emdirme Yöntemi ile Muayene

Yüzey çatlaklarının bir kısmının gözle görülmesi ve yerlerinin belirlenmesi olası değildir. Buna karşın bu görülme olanağı olmayan çatlaklar dahi kapiler etki ile yüzeylerini ıslatma özeliğine sahip sıvıları emerler. Sıvı yüzeyden temizlenerek uzaklaştırıldığında bile çatlakların içinde artıkları kalır. Bu artıklarla reaksiyona girebilecek ikinci bir sıvının veya tozun yüzeye sürülmesi sonucunda çatlakların bulunduğu yerlerde renkli izler oluşturur. Bazı tür penetran sıvılar ultraviyole ışığı altında floresans etki yaparak çatlakların daha kolay belirlenmesine olanak sağlarlar. Sıvı emdirme yöntemi her tür malzemede yüzey çatlaklarının saptanması için uygulanabilir. Yüzeylerin boya veya poröz tufal tabakalarıyla kaplı malzemelere bu yöntem uygulanmadan önce yüzey çok iyi bir şekilde temizlenmelidir

Manyetik parçacık testi

Manyetik parçacık testi, manyetik (mıknatıslanabilir) malzemelerden yapılmış parçaların yüzeyinde veya yüzeye yakın bir yerde bulunan çatlak, boşluk, katmer, damar veya metalsel olmayan yabancı madde topluluklarının belirlenmesin de uygulanan bir tahribatsız muayene yöntemidir. Bu yöntem mıknatıslanmış parça içinde, manyetik akı çizgilerinin hata önünde distorsiyona uğrama esasına dayanır.



Şekil 14.41.- Penetran sıvı yöntemi ile yüzey çatlaklarının belirlenmesi

- (a) Yüzeze penetran sıvının püskürtülmesi
- (b) Yüzeyin temizlenmesi
- (c) Toz veya sıvı geliştiricinin yüzeze püskürtülmesi

Muayene edilecek parça önce özel bir düzenek yardımı ile mıknatıslandırılır ve sonra yüzeyine için toz halinde manyetik malzeme püskürtülür veya içinde emulsifiye edilmiş demir tozu bulunan yağ ve parça üzerine akıtılır; manyetik akının kuvvet çizgileri boyunca demir tozları sıralanır; eğer malzemede bir hata varsa manyetik tozlar hatanın bulunduğu yerde kümelenir.

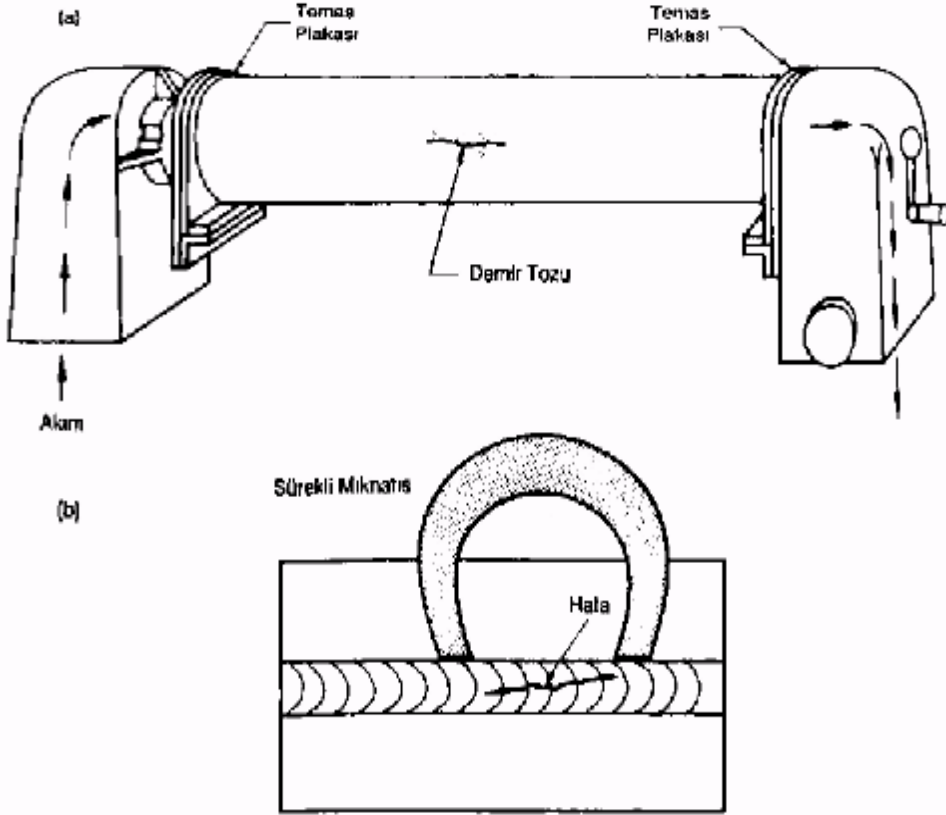
Hata parça yüzeyine açıksa manyetik tozların kümelenmesi şiddetlidir; hata yüzeye açık olmadığı zaman, yüzeyin altındaki hatalarda kümelenme zayıftır; hata daha derine indikçe kümelenme görülemez hale gelir.

Bu yöntem özellikle yüzey çatlaklarının varlıklarının ve yerlerinin belirlenmesinde çok iyi sonuçlar verir. Yuvarlak küresel hatalar manyetik akıyı şiddetli distorsiyona uğratmadıklarından tozların görülebilecek biçimde kümelenmesine neden olamazlar.

Parça tüm veya bölgesel olarak manyetikleştirilebilir. Çatlağın manyetik akının çizgilerine paralel

olması halinde çatlakları görmek mümkün değildir. Bu nedenle parça hiç değilse birbirlerine dik iki doğrultuda muayene edilmelidir.

Bu yöntemde alternatif veya doğru akım kullanılabilir gibi, sürekli mıknatıslar da kullanılabilir, yalnız sürekli mıknatıs kullanılması durumunda sadece yüzey çatlakları belirlenebilir.



Şekil 14.42.- Manyetik parçacık deneyinin uygulama biçimleri

- (a) Deney cihazı ile
- (b) Sürekli mıknatıslar yardımı ile.

Ultrasonik titreşimler yardımı ile muayene

Kaynak dikişlerinin ultrasonik yöntem ile tahribatsız muayenesinde ses dalgalarını andıran mekanik titreşimler kullanılır. Titreştirilen bir piezoelektrik kristal tarafından muayene edilecek parçanın yüzeyine ultrasonik enerji uygulanır. Ses dalgası halinde çok az bir kayıpla denenen parçayı kateden bu titreşim dalgası parçanın arka yüzeyden yansıma yolu ile titreşimin uygulandığı yüzden de bir piezoelektrik kristal yardımı ile algılanabilir. Piezoelektrik kristaller kendilerine uygulanan akım frekansına uygun bir biçimde bir titreşim hareketi oluşturdukları gibi kendilerine bir mekanik titreşim uygulandığında bunu da titreşimin frekansına uygun bir elektrik enerjisine dönüştürme özeliğine sahiptirler. Günümüzde piezoelektrik kristal olarak yüksek verimleri nedeni ile baryumtitanat veya kurşun zirkonat titanatlar tercih edilmektedir.

Ultrasonik muayenede algılanan ve elektriğe dönüştürülen titreşimler bir katod ışınları tüpünün ekranında dalgalar (pikler) halinde rahatlıkla görülebilir.

Malzemeye uygulanan ultrasonik titreşimler malzemeden geçerken herhangi bir çatlak, boşluk, katmer, gözenek, cüruf kalıntısı gibi herhangi bir süreksizlikle karşılaştığında titreşimin bir kısmı bunlardan yansıyarak algılayıcı proba gider ve bu şekilde ekran üzerinde uygulanan ve yansıyan titreşimleri gösteren iki dalga (pik) arasında üçüncü bir dalgada görülür. Bu şekilde parça içinde bir süreksizliğin varlığı görülmüş olur.

İki dalga (darbe-pik) arasında görülen bu yansıma dalgasının analizi ile hatanın yüzeyden uzaklığı ve büyüklüğü belirlenebilir. Bu muayene yönteminin diğer tahribatsız muayene yöntemlerine nazaran üstünlükleri şunlardır:

Çok kalın kesitlerde dahi ses dalgalarının iyi girici karakteristiği nedeni ile iç süreksizliklerin belirlenmesine olanak sağlar.

- Küçük hatalarda oldukça hassas bir şekilde belirlenebilir.
- İç hatanın konumu, boyutu ve şekli belirlenebilir.
- Muayene, parçanın bir tarafından yapılabilir.
- Portatif donanımlar ile büyük parçalar yerinde muayene edilebilir.
- Çalışma esnasında gerek personele ve diğer donanımlara bir tehlike yaratmaz.

Bu avantajlarına karşın bu yöntemin de bazı sınırlamaları vardır.

Muayene için çok iyi yetişmiş, tecrübeli personele gereksinim vardır.

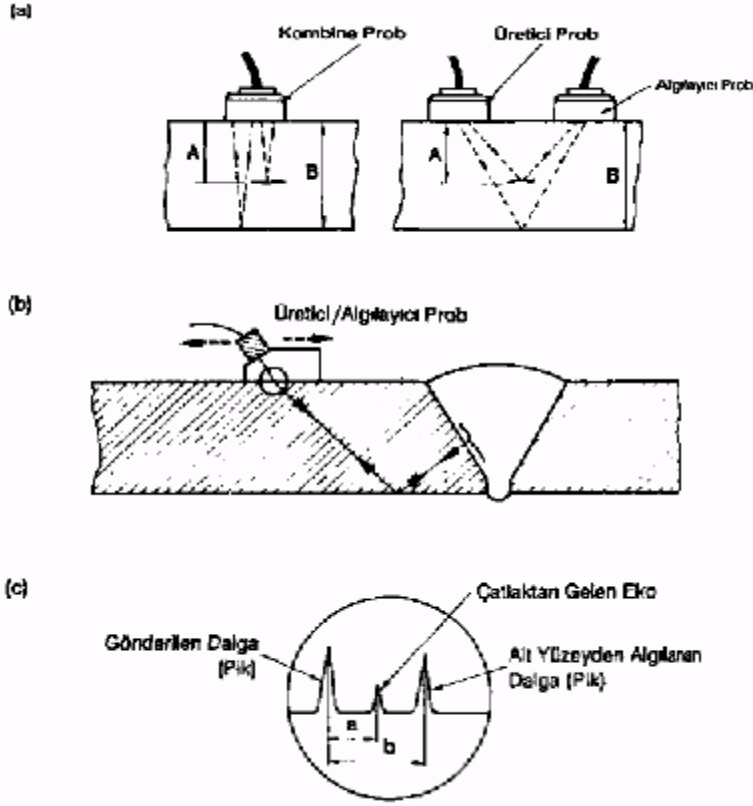
Yüzeyi çok pürüzlü, düzgün olmayan biçimli kaynak bağlantılarının muayenesinde zorluk vardır.

Örneğin; iç köşe dikişleri,

Bu yöntemde, yüzey hataları görülemeyebilir.

İş parçası ile prob arasına ultrasonik titreşimleri iletebilmek için yağ gibi bir tabakaya gerek vardır.

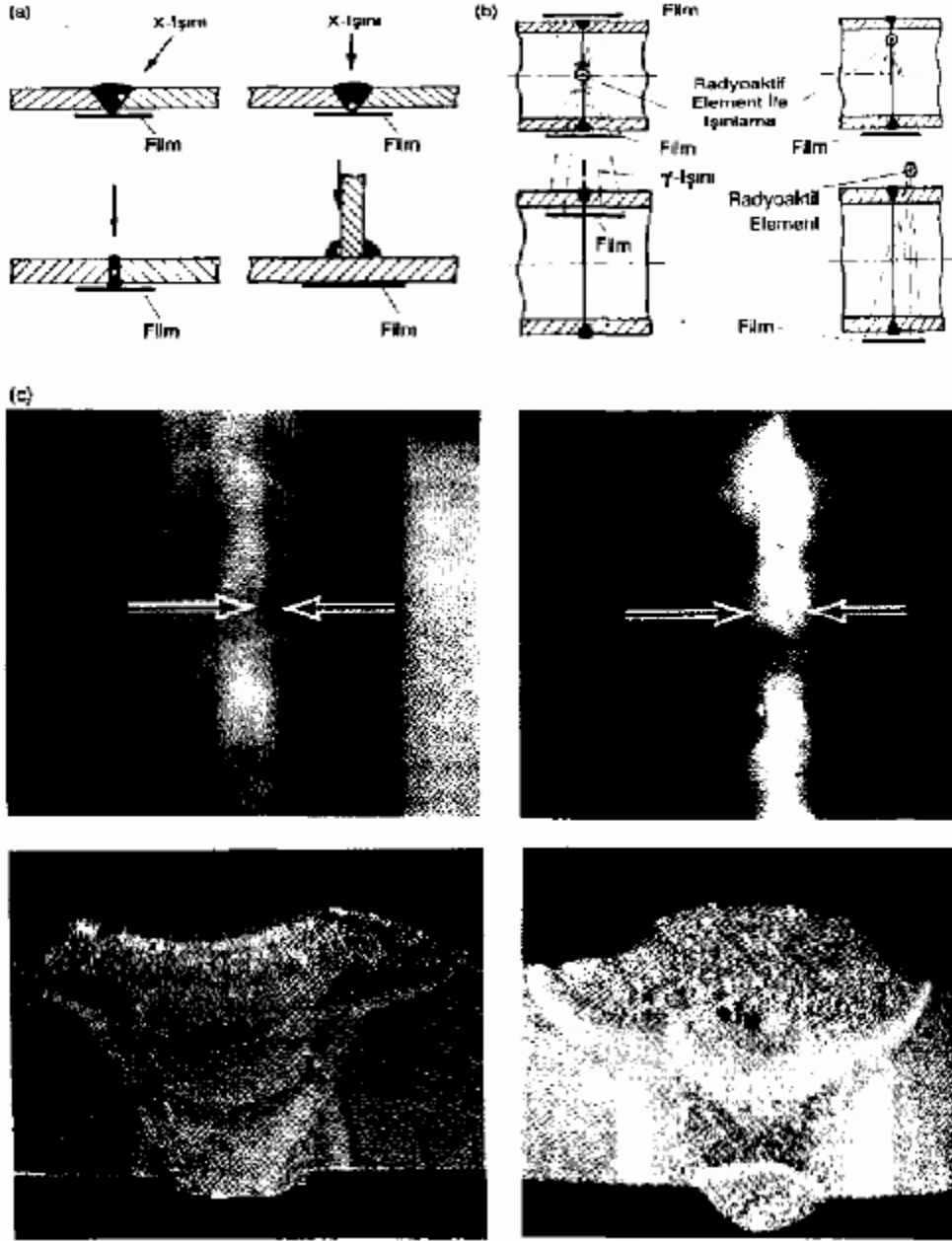
Aleti kalibre edebilmek ve hata büyüklüğünü değerlendirebilmek için referans standartlarına gerek vardır.



Şekil 14.43.- Ultrasonik titreşimler yardımı ile hataların saptanması

- 1- Malzeme içinde,
- 2- Kaynak dikişinde,
- 3- Hatanın ekranda görünüşü

Son yıllarda sadece malzeme muayenesinde değil tıptaki uygulamaları ile de gelişme gösteren bu yöntem ülkemizde de kaynak dikişlerinin muayenesinde en yaygın biçimde uygulanan yöntemlerden bir tanesidir.



Sekti 14.44.- Radyografik muayeneler yardımı ile kaynak dikişindeki hataların saptanması

- (a) Röntgen (x- ışınları) ile,
- (b) Radyoaktif element yardımı ile
- (c) Dikişlerdeki hataların film üzerinde görünümü

Radyografik Muayene

Radyografi, x veya γ ışınlarını malzemenin içinin muayenesinde kullanan bir tahribatsız deney yöntemidir. Radyografik muayene, hataların kalıcı olarak film üzerinde görülmesi ve normal koşullarda kolayca açıklanabilmesi nedeni ile yavaş ve pahalı bir yöntem olmasına rağmen özellikle gözenek, kalıntı,

çatlak ve boşlukların saptanmasında çok yaygın bir biçimde uygulanmaktadır.

Bu yöntemde kullanılan x - ışınları, elektronik bir cihaz tarafından; γ ışınları ise, radyoaktif bir element tarafından üretilir. Bu ışınlar, malzemedan geçerken malzemenin kalınlığına ve yoğunluğuna bağlı olarak bir kısmı absorbe edilir. Malzeme tarafından absorbe edilmeyen enerji, film üzerine etkir, film üzerinde görülen koyu renkler o bölgeye çok fazla enerjinin gittiğini gösterir. Malzeme içinde gözenek, çatlak, boşluk gibi süreksizlikler o noktada malzeme kalınlığının azalmasına neden olduklarından film üzerinde koyu şekiller halinde görülür. Buna karşın malzeme içinde tungsten gibi ağır metal kalıntısının bulunması ise film üzerinde beyaz olarak görülür.

Bu yöntem çok ufak yüzeyli çatlakların kolaylıkla belirlenememesine ayrıca işlem esnasında uygulanan ışınların insan sağlığı için çok tehlikeli olmasına, muayenenin maliyetinin pahalı ve süresinin uzun olmasına karşın özellikle pipe-line ve basınçlı kaplardaki, akaryakıt depolarındaki, gemilerdeki kaynak dikişlerinin muayenesinde çok yaygın bir uygulama alanına sahiptir. Hataların biçimlerinin film üzerinde görülebilmesi ve filmlerin daha ilerideki muayeneler için doküman olarak saklanabilmesi yöntemin en önemli avantajlarıdır.

15

İŞ GÜVENLİĞİ VE SAĞLIK

Ülkemizde yaygın bir kullanım alanına sahip olan elektrik ark kaynağı, uygun bir düzen içinde uygulandığı zaman gayet güvenli, kaza olasılığı çok az olan bir kaynak yöntemidir. İyi düzenlenmiş, iyi aydınlatılmış ve iyi havalandırılmış bir atölye, bakımlı ve hatasız kaynak makina ve donanımı, iyi eğitilmiş personel güvenli çalışmanın başlıca unsurlarıdır. Dikkatsizlik, bozuk aletler kullanma ve uygun olmayan koşullarda çalışma sonucunda olabilecek kazalar, zamanla oluşabilecek organ bozuklukları ve hastalıklar ile bunlardan korunma yolları aşağıda kısaca belirtilmiştir.

Elektrik Şoku (Elektrik Çarpması)

Elektrik ark kaynağında, elektrik çarpması, özellikle zor koşullar altında kaynak yapılması durumlarında tehlikelidir. Bilindiği gibi, kaynak yaparken ark gerilimi 20-30 V olup tehlikeli değildir. Makinaların boşta çalışma gerilimi 65-100 V arasında olup; bu da normal koşullarda tehlikesizdir denilebilir; ancak, kazan, küçük tanklar, gemi bölmeleri gibi dar ve sıcak yerlerde veya çelik konstrüksiyonlarda, yüksek iskele üzerinde, kaynak yaparken elektrik çarpması çok ciddi sonuçlar doğurabilir. Elektrik ark kaynağında, elektrik çarpmasına engel olmak için şu önlemleri almak gerekir.

•Elektrik iletmeyen bir maddeden yapılmış kaynak eldiveni kullanılmalı ve kaynağa başlarken bu eldivenlerin kuru olmasına dikkat edilmelidir.

İzoleli kaynak pensesi kullanılmalıdır.

Kaynak donanımı iyi bir biçimde topraklanmalıdır. İki veya daha fazla kaynak makinasının aynı parça üzerinde kullanıldığı veya aynı iş üzerinde diğer elektrikli aletlerin kullanılması durumunda topraklama donanımı ehliyetli bir elektrikçi tarafından kontrol edilmelidir.

Kaynak kablolarının izolasyonlarında herhangi bir sakat yer bulunmamalıdır.

Gemi kabinleri, kazan ve tankların iç kısımları gibi dar yerlerdeki kaynak işlerinde yalnız doğru akım kullanılmalı ve boşta çalışma gerilimini sınırlayan "boşta çalışma alçak gerilim cihazları" kullanılmalıdır.

Dar yerlerde yapılan kaynak işlerinde kaynakçının vücudunun metalik kısımlara değmesini önleyecek koruyucu giysi ve altlıklar kullanılmalıdır.

Makina boşta çalışırken, verilen molalarda veya cüruf temizlerken elektrod pensesi koltuk altına sıkıştırılmamalı, elektriği iletmeyen bir levha üzerine konulmalıdır.

Gözlerde Oluşan Bozukluklar ve Gözlerin Korunması

Açık kaynak arkının toplam enerjisinin % 15'inin ışın halinde çevreye yayıldığı öteden beri bilinmektedir. Bu enerjinin % 10'u ultraviyole, % 30'u parlak veya görünen ışınlar geri kalanı ise enfraruj ışınlarıdır.

Parlak veya görünen ışınlar gözleri kamaştırarak geçici görme bozukluklarına neden olurlar, bu olayın

sürekli tekrarı ise doğal olarak gözün görme kabiliyetinin azalmasına neden olur.

Ultraviyole ve enfraruj ışınları insan gözü tarafından görülmediklerinden, bu ışınlar yalnız olarak etkilediklerinde insan refleksi ile göz kapağını kapatıp koruma yoluna gitmez. Ultraviyole ışınları göz tarafından absorbe edildiğinde, gözlerde bir yanma, sulanma, ışığa karşı aşırı bir duyarlılık şeklinde ortaya çıkan bir rahatsızlığa neden olur; gözler 4 ilâ 8 saat sonra kanlanır, gerekli tedavi uygulanırsa 24 saatte iyileşme başlar ve kalıcı bir kusurun oluşması önlenmiş olur; bu olayın da sık sık tekrarı kalıcı görme bozukluklarının ortaya çıkmasına neden olur. Gözleri görünen ışıklardan koruyan renkli maske camlarının kaliteli türleri gözleri bu ışıklardan da korur.

Enfraruj ışınları dalga boylarına göre gözün ön ve arka kısımlarında tahribat yapar. Kısa dalga boylu enfraruj ışınları gözde ağ tabakasının yanmasına neden olur ve bu da sonuçta körlüğe kadar gider. Uzun dalga boylu enfraruj ışınları ise göz merceğinin saydamlığını yitirmesine ve sonuçta da katarakt diye adlandırılan bir göz hastalığının gelişmesine neden olur. Bu hastalık ameliyat ile tedavi edilebilirse de kişinin görme yeteneğinin büyük bir kısmını yitirmesine neden olur.

Gözlerin korunması için kaynağa renkli koruyucu camlarla bakmak zorunludur. Kaliteli koruyucu camlar, gözleri görünen ışıklardan koruduğu gibi hemen hemen bütün ultraviyole ışınları da emer. Ancak, bu camlar daha önce iyi kontrol edilmelidir. Kaynakçı, önüne çıkan her camı kullanmamalı ve bu camları ciddi bir şekilde garanti eden kuruluşlardan satın almalıdır.

DIN 4647'de elektrik ark kaynağında kullanılacak koruyucu maske camları, akım şiddetine bağlı olarak şu şekilde Önerilmektedir.

Kaynak akım şiddeti (Amper)	Maske camı koruma derecesi (DIN)
40-80	10
80-175	11
175-300	12
300-500	13

Yanıklar

Kaynakta ortaya çıkan ışınlar gözler için olduğu gibi cilt için de tehlikelidir. Enfraruj ışınları ciltte yanma hissi yapar, aşırı biçimde bu ışıklara maruz kalındığında ciltte ateş yanığına benzer yanıklar oluşur. Ultraviyole ışınları ise ciltte güneş yanığını andıran oldukça ızdırap verici yüzeysel yanıkların oluşmasına neden olur. Bazı hallerde, kaynak atölyesinde direkt olarak kaynak yapmayan kişiler sıvalı kollar ile çalışırlar, böyle durumlarda hemen bunların kolları yanar; birden fazla kaynakçının birbirleri ile sırt sırta çalışması halinde kaynakçı el maskesi kullanırsa ensesinde yanıklar ortaya çıkar. Açık ark ile kaynak yapılması halinde kaynakçılar muhakkak miğfer giymelidirler; el maskesi sadece puntalama için uygundur.

Ultraviyole ışınları tüm organik maddelerde tahribata neden olur, özellikle normal elbiseler kaynak

yapılan yerlerde kısa bir süre sonunda sertleşir ve parçalanır, bu bakımdan kaynakçılar deri elbise giymelidirler.

Kaynak edilmiş büyük parçalara da, sıcak halde iken diğer personelin bunlara dokunmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Yangın Tehlikesi

Arktan sıçrayan kıvılcıklar (kızgın metal zerrecikleri) ve kaynak işleminin sıcaklığı çevrede yanıcı maddeler varsa yangına neden olabilirler. Kaynak yapılan yerlerde aşağıda belirtilmiş olan önlemler yardım ile yangın tehlikesi minimum düzeye indirilmiş olur;

Kaynak yapılan yerin zemini beton gibi yanmayan türden yapılmış olmalıdır; ahşap zeminler asbest levhalar gibi yanmayan türden bir malzeme ile kaplanmalıdır. Saclar ve ıslak kum elektrik iletkenlikleri dolayısı ile zemin malzemesi olarak önerilemez.

Kaynak işlemi hiçbir zaman yanıcı ve parlayıcı maddelere yakın yerlerde yapılmamalıdır. Eğer çok özel hallerde böyle bir işlem gerekirse ancak ilgili kişilere haber verilerek, gerekli bütün önlemler alındıktan sonra kaynak işlemine başlanmalıdır.

Kaynak kabloları ve elektrik bağlantıları maksimum akım şiddetinde dahi aşırı derecede ısınmayacak bir kesitte seçilmelidir. Eski, izolasyonları aşınmış veya zedelenmiş kabloların herhangi bir kısa devre veya yangına neden olmamaları için kullanılmamalıdır.

Önceden içerisinde alkol, benzin, aseton, katran ve yağ gibi ateşle teması sonucunda tehlike yaratan sıvıların bulunduğu boş kabloların kaynağında çok dikkatli davranmak gereklidir. Bu kablarda daima patlayıcı gaz karışımı oluşturabilecek kadar bir artış vardır. Bu gibi kablolar diğer bütün kaynak yöntemlerinde olduğu gibi, gerekli temizleme işlemi yapıp, içleri su ile doldurulduktan sonra kaynak edilmelidirler.

Özellikle yerinde yapılmış tamir işlerinde kaynak bitiminden 30 dakika sonraya kadar kaynak yapılan yer gözetim altında tutulmalıdır.

Kaynak atölyelerinde ve diğer yerlerde gereken miktarda yangın söndürme aleti bulundurulmalıdır.

Toz ve Duman Tehlikesi

Kaynak yaparken oluşan gaz, duman ve buharlardan solunum sisteminin korunması İnsan sağlığı açısından en önemli hususlardan bir tanesidir. Kaynakçılar gerek yüzey hazırlama ve gerekse kaynak sırasında toz, duman ve buharların etkisinde kalırlar. Günümüzde üretilmekte olan ark kaynağı elektrodlarının yanması ile oluşan dumanların zehirleyici bir etkileri yoktur. Ancak, belirli bir konsantrasyonun üzerinde insan sağlığı açısından tehlikeli olabilirler. Dolayısı ile duman miktarının 20 mg/m³'ü aşmamasına gereken özen gösterilmelidir.

Kaynak yapılırken oluşan tehlikeli toz ve dumanların solunan havada bulunmalarının sağlığa zararlı olmayan azami miktarlar tablo 15.1'de gösterilmiştir.

Kaynak yapılan yerlerdeki havanın sağlığa zararlı olup olmadığını gösteren çok sayıda gaz analiz cihazları geliştirilmiştir. Bunlarla, zararlı konsantrasyonların saptanması olanağı vardır

yerleştirilmiş davlumbazlardan emilerek uzaklaştırılır. Günümüzde, bu davlumbazların portatif olanları da yapılmıştır. Ayrıca geliştirilmiş filtreler yardımı ile emilen hava içindeki zararlı maddeler ayrılabilidiğinden, dış atmosferlerle bağlantı gerektirmeyen türleri de vardır. Havalandırmada deneyim isteyen konulardan bir tanesi de kazan içleri vs. gibi dar ve kapalı yerlerde yapılan kaynak işleridir. Zira buralarda az bir miktar duman dahi atmosferin nefes alınamaz hale gelmesine neden olmaktadır; bu neden ile özel emici düzenden başka, emiş anında içeriye taze hava gönderecek bir düzene de gereksinim duyulur.

Yukarıda belirtilmiş olduğu gibi elektrik ark kaynağında karşılaşılabilecek olan tehlikeler alınacak bir takım önlemler ile kolaylıkla önlenbilir türdendir, Gerek kaynakçının can güvenliği, gerek işin emniyeti bakımından yukarıda belirtilmiş olan hususlara dikkat edildiği ve gereken önlemler alındığı takdirde elektrik ark kaynağı en güvenli işlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

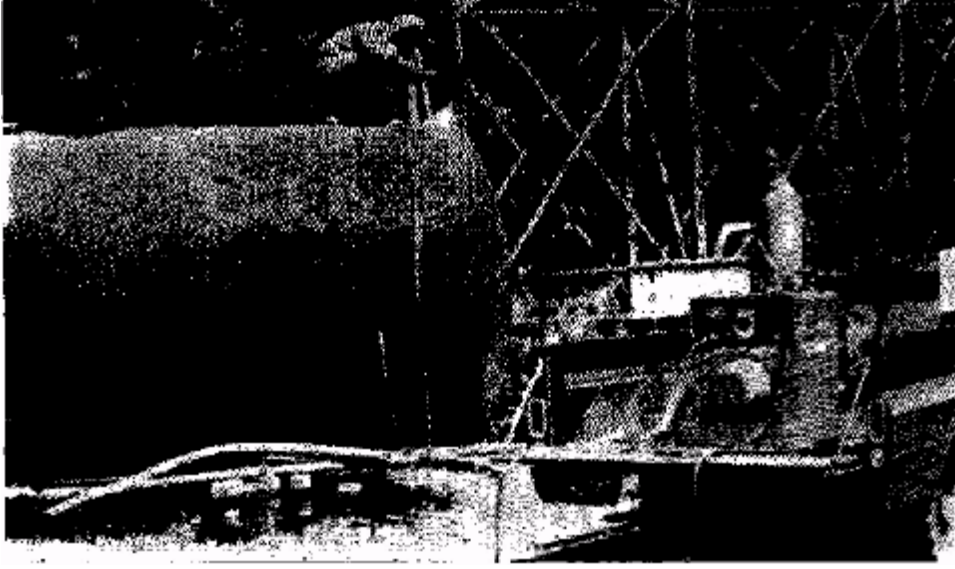
16

ÖRTÜLÜ ELEKTROD İLE ARK KAYNAĞININ ENDÜSTRİYEL UYGULAMA ALANLARI

Örtülü elektrod ile ark kaynağı donanımının ucuzluğu, basitliği ve endüstride kutlanılan metalsel malzemelerin büyük bir bölümüne kolaylıkla uygulanabilirliği nedeni ile günümüzde en yaygın biçimde kullanılan kaynak yöntemlerinden birisidir. Üretimin yanı sıra tamir ve bakım işlerinde kırılmış parçaların birleştirilmesi, aşınmış parçaların çeşitli özellikteki kaynak metalleri ile doldurulması işlemlerinde de çok yaygın bir uygulama alanına sahiptir.

Diğer otomatik veya yarı otomatik yöntemler ile kaynatılacak parçaların puntalanmasında bu yöntem tercih edilir. Bu yöntemin önemli özelliklerinden bir tanesi de kaynak yapılacak yere, akım üreticini taşımaya gerek yoktur, uygun çaptaki kablolar yardımı ile kaynak akımı iletilebilmektedir; bunun yanı sıra uygun elektrod ile her pozisyonda kaynak yapabilme olanağı özellikle şantiyelerde, montaj işlerinde ve gemi yapım endüstrisinde büyük kolaylık sağlamaktadır; yerinde inşa edilen sıvı depolama tankları, köprü, çatı, gökdelen gibi çelik konstrüksiyonların montajında, gemilerde özellikle uygun olmayan pozisyonlardaki kaynaklarda, boru hatlarının döşenmesinde, basınçlı kaplara ataşmanların kaynatılmasında, özellikle ağır teçhizat endüstrisinde, diğer yöntemler ile ulaşılamayan yerlerde örtülü elektrod ile ark kaynağı rakipsizdir.

Son yıllarda geliştirilmiş özel aşınmaya dayanıklı dolgu alaşımları ile aşınan parçaların doldurulmasında örtülü elektrodlar çok geniş bir kullanım alanına sahip olmuşlardır.



Şekil 16.1 .-Örtülü elektrodlar ile bir akaryakıt tankının şantiyede çevre kaynağı.



Şekil16.2.- örtülü elektrodlar ile bir buhar santralinin boru donatımının kaynağı.



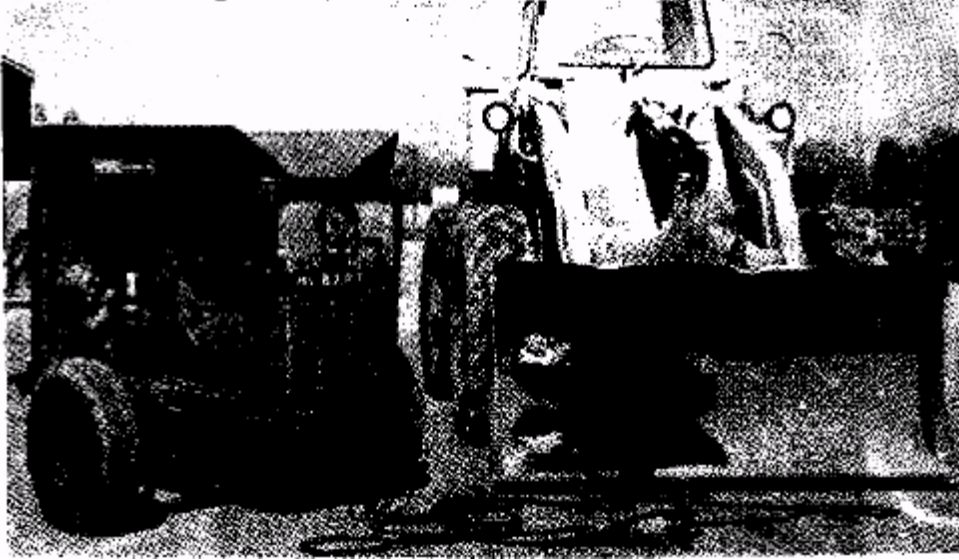
Şekil 16.3.- Örtülü elektrodlar ile bir çelik konstrüksiyon iskeleti gökdelen inşaatında kolonların kaynağı.



Şekil 16.4.- Örtülü elektrodlar ile bir stadyum tribününün taşıyıcı iskeletinin kaynağı.



Şekil 16.5.- Örtülü elektrodlar ile yüksek basınçlı bir boruya flanşın kaynatılması.



Seki 1 e.6.- Bir loder kepçesinin aşınan kısımlarının örtülü elektrodlar ile doldurularak tamiri.

Ayrıca çelik dökümhanelerinde hatalı parçaların uygun bileşimde örtülü elektrodlar ile doldurularak onarılması; bir dökme demirden kırılmış parçaların ön-tavlama yapmadan nikel esaslı elektrodlar ile birleştirilmesi bu kaynak yönteminin rakipsiz olduğu kullanım alanlarındandır.

KAYNAKÇA

- [1] ANIK, S., "Geçmişten Uzay Çağına Kadar Kaynak Teknolojisi, Günümüz Endüstrisindeki Yeri", 3. Denizli Malzeme Sempozyumu, 29-30-31 Mart 1989, Denizli, s. 386-399.
- [2] ANIK, S., "Kaynak Teknolojisi ve Günümüz Endüstrisindeki Yeri", 2. Ulusal Kaynak Sempozyumu Bildiri Kitabı, 13-14-15 Kasım 1989, İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi, İstanbul, s. 1-15.
- [3] TÜLBENTÇİ, K., KALUÇ, E., "Ülkemizde Kaynak Mühendisliği Eğitiminin Önemi", 3. Denizli Malzeme Sempozyumu, 29-30-31 Mart 1989, Denizli, s. 335-338.
- [4] TÜLBENTÇİ, K., "Özlü Tel Elektrod ile Kaynak", Gedik Holding Kaynak Dünyası, Haziran 1989, 1989/2, İstanbul, s. 5-9.
- [5] ANIK, S., "Kaynak Tekniği-Oksi-Asetilen ve Elektrik Ark Kaynağı - Cilt 1", İTÜ Yayını, Sayı: 960, İstanbul 1973.
- [6] ANIK, S., "Kaynak Tekniği - Tozaltı ve Koruyucu Gaz Kaynak Usulleri - Cilt 2", İTÜ Yayını, Sayı: 883, İstanbul 1972.
- [7] ANIK, S., "Kaynak Teknolojisi El Kitabı", Ergör Matbaası, İstanbul 1983.
- [8] ANIK, S., GEDİK, H., "Elektrik Ark Kaynakçısı", Marfels'den çeviri, Böhler A.Ş. Yayını, İstanbul 1971.
- [9] ANIK, S., TÜLBENTÇİ, K., ÖZGÖKTUG, T., "Soru ve Cevaplarla Kaynak Teknolojisi", Eğitim Yayınları, İstanbul 1976.
- [10] ANIK, S., TÜLBENTÇİ, K., "Elektrik Ark Kaynağı", Böhler A.Ş. Yayını, İstanbul 1982.
- [11] ANIK, S., TÜLBENTÇİ, K., KALUÇ, E., "Ark Kaynakçısının El Kitabı", Böhler A.Ş. Yayını, İstanbul 1987.
- [12] ANIK, S., TÜLBENTÇİ, K., "Elektrik Ark Kaynağı", Gedik Holding Yayını, İstanbul 1989.
- [13] KALUÇ, E., "Plazma Arkı ile Kesme ve Kaynak İşleri", Endüstride Bizim Dünyamız, İstanbul 1986, s. 5-9.
- [14] KALUÇ, E., "Elektron Işın Kaynağı", Gedik Holding Kaynak Dünyası, Ocak 1988, 1988/1, İstanbul, s. 26-29.
- [15] KALUÇ, E., "Laser Işını ile Kaynak ve İşleme Yöntemleri", Gedik Holding Kaynak Dünyası, Haziran 1988, 1988/2, İstanbul, s. 2529.
- [16] N.N., "Hobart Welding Gülde", Hobart School of Welding Technology", USA 1980.
- [17] N.N., "Technical Guide for Shielded Metal Arc Welding", Hobart Brothers Company, USA 1978.
- [18] KENYON, W., "Welding and Fabrication Technology", Pitman Books Ltd., UK 1982.
- [19] URAL, B., URAL, A., "Genel Elektrik Bilgisi", İTÜ M.M.F. Yayın No: 98, Özarkadaş Matbaası, İstanbul 1973.

- [20] OĞUZ, B., "Ark Kaynağı", İstanbul 1986.
- [21] GÜLTEKİN, N., "Kaynak Tekniği", YÜ Yayını, Sayı: 184, İstanbul 1983.
- [22] SACKS, R.J., "Welding: Principles and Practices", Chas. A. Bennett Co., Inc., USA 1976.
- [23] N.N., "Welding Handbook - Volume 2 - Weld. Processes/Arc and Gas Welding and Cutting, Brazing and Soldering", Seventh Edition, AWS, USA 1978.
- [24] N.N., "Metals Handbook - Volume 6 - Welding, Brazing and Soldering", Ninth Edition, ASM, USA 1983.
- [25] N.N., "Welding Handbook - Volume 5 - Engineering, Costs, Quality and Safety", Seventh Edition, AWS, USA 1984.
- [26] DUCROS, L., "Le Soudage Manuel à L'arc Electrique", France - Paris 1971.
- [27] MENDEL, L., "Manuel Pratique de Soudage a L'arc", Paris 1970.
- [28] TÜLBENTÇİ, K., "Elektrik Ark Kaynağında Cürufun Etüdü ve Cürufun Kalkmasına Tesir Eden Çeşitli Faktörlerin İncelenmesi", Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul 1971.
- [29] BAGGERUD, A., "Kaynak Metalürjisi", Çev. S. Anık, K.Tülbentçi, İTÜ Makina Fakültesi, No: 970, İstanbul 1966.
- [30] TÜLBENTÇİ, K., "Bazık Karakterli Örtülü Elektrodlar", Bönler Kaynak Dünyası, İstanbul 1982.
- [31] TÜLBENTÇİ, K., "Kaynak Teknikleri", SEGEM Seminer Notlan, 31 Mayıs - 6 Haziran 1982, Kayseri.
- [32] YILDIZ, R., "Projelerde Kaynak Dikişlerinin Belirtilmesinde Kullanılan Sembollerin Önemi", 3. Denizli Malzeme Sempozyumu, 2930-31 Mart 1989, Denizli, s. 356-365.
- [33] RUGE, J., "Handbuch der Schweisstechnik", Band 1-2, Springer-Verlag, Berlin 1980.
- [34] BARGEL, H.-J., SCHULZE, G., "Malzeme Bilgisi" Çev. Ş. Güleç, A. Aran, Tubitak MBEAE, İstanbul 1987.
- [35] KEEL, G.G., "Lehrbuch der Schweisstechnik Lichtbogen Scremeissverfahren", Birkhauser Verlag 1966.
- [36] BAKKER, F.J., HOVEST - REIJDT, A.J.W., "Lichtbogenschweißtechnik, Philips Technische Bibliothek, 1966.
- [37] KARLIC, H., "Leitfaden für Lichtbogen - Schweiß", Braunschweig 1964.
- [38] KOCH, H., "Handbuch der Schweisstechnologie Lichtbogen ,Schweissen", DVS, Düsseldorf 1961.
- [39] N.N., "Fügeteshnik - Schweisstechnik", DVS, Düsseldorf 1987.
- [40] NEUMANN, H., "Schweissen mit Stabelektroden", LexihaVerlag Grafenau - DÖffingen 1973.
- [41] HASE, C., REITZE, W., "Fachkunde des Lichtbogenschweißen", Verlag W. Girardet, Essen 1964.
- [42] N.N., "The Procedure Handbook of Arc Welding", Twest Edition, The Lincoln Electric Co., USA

1973.

[43] CARY, H.B., "Modern Welding Technology", Prentice Hall, Inc. USA 1979.

[44] N.N., "Welding Handbook - Volume 4 - Metals and Their Weldability", Seventh Edition, AWS, USA 1982.

[45] EASTERLING, K., "Introduction to the Physical Metallurgy of Welding", Butterworth\$, UK 1983.

[46] SMITH, D., "Welding Skills and Technology", Mc Graw Hill, Singapur 1986.

[47] N.N., "Elektrik Ark Kaynağı", ABB, Çev. Hüseyin Koç, MEB Mesleki ve Teknik Eğitim İnsangücü Eğitimi Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.

[48] N.N., "Elektrik Ark Kaynağı Kursu İş Yaprakları I, II, III.", ARDEGE, Ankara 1970.

[49] EMINKAHYAGIL, O., "Konstrüksiyon El Kitabı", Ankara Yük. Tek. Öğr. Okulu Basımevi, Ankara 1981.

[50] ALTAN, E., "Kaynak Dikişlerinin Sembolik Gösterilişinde Kaynak Sembolleri ve Diğer Yardımcı Elemanlar ve Kullanılmaları", YO Kaynak Tekniği Yaz Okulu, 10-14 Haziran 1985, İstanbul, s. 118-125.

[51] BRUMBAUGH, J.E., "Welders Güldü", Audel, Ninth Printing, USA 1980.

[52] TÜLBENTÇİ, K., "Malzemelerin Kaynak Kabiliyeti", Gedik Holding Kaynak Dünyası, Kasım 1989, 1989/3, İstanbul, s. 7-10.

[53] ANIK, S., "Kaynak Tekniği - Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti • Cilt 3", İTÜ Yayını, Sayı: 1030, İstanbul 1975.

[54] TÜLBENTÇİ, K., "Karbonlu ve Az Alaşımlı Çeliklerin Kaynağı", Bönler Yayını, İstanbul 1987.

[55] TÜLBENTÇİ, K., "Alüminyum ve Alaşımlarının Kaynağı", YÜ Yazokulu, İstanbul 1987.

[56] TÜLBENTÇİ, K., "Ostenitik Sert Manganeli Çeliklerin Kaynağı", Gedik Holding Kaynak Dünyası, Ocak 1990, 1990/1, İstanbul, s. 9-11.

[57] KALUÇ, E., "Martenzitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı", Gedik Holding Kaynak Dünyası, 1989/2, İstanbul, s. 16-19.

[58] KALUÇ, E., "Ferritik Kromlu Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı", Gedik Holding Kaynak Dünyası, 1989/3, İstanbul, s. 11-14.

[59] KALUÇ, E., "Ostenitik Krom-Nikelli Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı", Gedik Holding Kaynak Dünyası, 1990/2, İstanbul, s. 1521.

[60] TÜLBENTÇİ, K., "TS 563/Eylül 1989'a göre Örtülü Elektrodların İşaretlenmesi", Gedik Holding Kaynak Dünyası, 1990/2, İstanbul, s. 1012.

[61] KARADENİZ, S., "Kaynak Makinaları", SEGEM Yayını, No: 108, Ankara 1985.

[62] ADSAN, K., "Kaynak Teknolojisi", Yük. Tek. Öğr. Okulu, Yayın No. 33, Ankara 1981.

[63] RYBAKOV, V., "Arc and Gas Welding", Mir Publishers, USSR-Moskow 1986.

[64] KHANAPETOV, M., "Welding and Cutting of Metals", Mir Publishers, USSR-Moskow 1979.

[65] NIKOLAEV, G., OLHANSKY, N., *"Advanced Welding Processes"*, Mir Publishers, USSR-Moskow 1977.