

GEV

Gedik Eğitim Vakfı

Kaynak Teknolojisi Eğitim Araştırma ve Muayene Enstitüsü

KAYNAK TEKNİĞİ

EL KİTABI

YÖNTEMLER VE DONANIMLAR

Prof. Dr. Selâhaddin ANIK

ÖNSÖZ

Kaynak tekniğinin son 45 yıl içerisindeki hızlı gelişimi ve çeşitli endüstri dallarındaki uygulaması, konunun öğretim planlarına girmesini teşvik etmiş ve teknik öğretimin her kademe ve türünde daima aranan ortak bir teknik haline getirmiştir. Kaynak tekniğinin öğretimi üç temele dayanmaktadır. Bunlardan biri yöntemler, diğeri kaynak kabiliyeti ve üçüncüsü de tasarımıdır.

Bu eser, bunlardan birincisi olan kaynak yöntemlerini içermektedir. Klasik yöntemler yanında modern yöntemlere de yer verilmiştir. Kitabı hazırlarken mühendislik öğretiminde, İmal Usulleri adı altında verilen Kaynak Tekniği kısmını esas olarak yazmaya çalıştım. Bu kitap Makina Mühendisliği, Uçak Mühendisliği, Gemi Mühendisliği, Sanayi Mühendisliği ve Metalürji Mühendisliği öğrenimi gören öğrencilerin daima faydalanacağı bir eserdir. Ayrıca endüstride çalışan mühendislerimizin de sık sık başvuracağı bir kaynaktır.

Eserin yazılarının yazılmasında, resim ve şekillerinin çizilmesinde ellerinden gelen gayreti gösteren doktora öğrencilerim Y.Müh. Vural Ceyhun ve Y.Müh. Murat Vural'a teşekkür ederim. Teşekkürlerimin en büyüğü ve en içteni, kitabın bastırılmasını üstlenen Gedik Holding ve özellikle Sayın Hakkı Gedik'e olacaktır.

Selâhaddin ANIK

14. Şubat. 1991 Gayrettepe-İstanbul

İÇİNDEKİLER

Önsöz	
0. BÖLÜM: Kaynak Teknolojisi ve Günümüz Endüstrisindeki yeri	1
Literatür	9
I.- BÖLÜM: Kaynağın tarifi, Önemi ve Sınıflandırılması	10
1.- Kaynağın tarifi	10
2.- Kaynağın Önemi	10
3.- Kaynağın sınıflandırılması	11
4.- Kaynağı uygulandığı malzemeye göre sınıflandırma	11
5.- Kaynağı gayesine göre sınıflandırma	12
6.- Kaynağı usulü bakımından sınıflandırma	12
7.- Kaynağı işlemin cinsine göre sınıflandırma	12
8.- Metal kaynağı	13
9.- Plastik malzeme kaynağı	13
10.-Lehimleme	14
11.-Literatür	14
II. BÖLÜM: Kaynak Kabiliyeti	15
1.-Giriş	15
2.- Eritme kaynağında kaynak kabiliyeti	15
3.- Elektrik direnç kaynağında kaynak kabiliyeti	20
4.- Literatür	22
III. BÖLÜM: Gaz Eritme Kaynağı	23
1.- Tarifi ve prensibi	23
2.- Asetilen gazı	24
3.- Asetilen istihsal cihazları	25
4.- Erimiş asetilen	28
5.- Oksijen gazı	29
6.- Kaynak üfleçleri	31
7.- Kaynak alevi	33
8.- Oksi-asetilen kaynağında kullanılan kaynak usulleri	36
9.- Kaynak pozisyon ve bağlantı çeşitleri	37
10.- Kaynak ağızları	38
11.- Literatür	40
IV. BÖLÜM: Elektrik Ark Kaynağı	41
1.- Tarifi ve tarihçesi	41
2.- Kaynak arkı ve arkın elektriksel karakteristikleri	42
3.- Ark üflemesi	45
4.- Elektrik ark kaynağıyla ilgili bazı deyimler	46
5.- Akım membainin karakteristikleri	47
6.- Kaynak makinalarının sınıflandırılması	49
7.- Doğru akım ve alternatif akım ile kaynağın mukayesesi	50
8.- Kaynak elektrotları	51
9.- Kaynak ağızlarının hazırlanması	54
10.- El ile elektrik ark kaynağında elektrot hareketi	58
11.- Literatür	58
V. BÖLÜM: Tozaltı Kaynağı	59
1.- Tanıtımı ve önemi	59
2.- Tozaltı kaynağının karakteristikleri ve el ile yapılan ark kaynağıyla mukayesesi	60

3.- Tozaltı kaynağında kullanılan kaynak telleri	60
4.- Tozaltı kaynağında kullanılan kaynak tozları	61
5.- Kaynak dikişinin formu	63
6.- Tozaltı kaynağında kaynak ağızlarının hazırlanması ve birleştirme şekilleri	65
7.- Tozaltı kaynağında akım ayarı	70
8.- Uygulamada kullanılan diğer tozaltı kaynak usulleri	71
9.- Literatür	73
VI. BÖLÜM: Gazaltı Ark Kaynağı	74
1.- Tarifi ve sınıflandırması	74
2.- Ark atom gazaltı ark kaynağı	74
3.- TIG kaynağı	75
4.- MIG Kaynağı	80
5.- MAG Kaynağı	82
6.- Plazma TIG kaynağı	84
7.- Darbeli TIG-MIG-MAG Kaynağı	86
8.- Literatür	87
VII. BÖLÜM: Termik Kesme Usulleri	88
1.- Oksijenle kesme	88
2.- Oksijenle rendeleme	91
3.- Tozaltında oksijenle kesme	93
4.- Elektrik arkı ile kesme	93
5.- Koruyucu gazla kesme	94
6.- Plazma ile kesme ve oyuk açma	95
7.- Literatür	95
VIII. BÖLÜM: Kaynak Hataları	96
1.-Çatlaklar	96
2.- Boşluklar	98
3.- Kalıntılar	99
4.- Yetersiz erime	99
5.-Nüfuziyet azlığı	100
6.- Dış yüzey hataları	101
7.- Literatür	103
IX. BÖLÜM: Kaynaklı Parçalarda Meydana Gelen Distorsyonlar ve Gerilmeler	104
1.- Gerilme ve distorsyonların esasları	104
2.- Kaynak gerilmelerine ve çarpılmalarına etkiyen faktörler	105
3.- Distorsyon çeşitleri	106
4.- Alın dikişlerinde Distorsyonlar	106
5.- İç köşe birleştirmelerinde distorsyonlar	107
6.- Kaynak gerilmeleri	108
7.-Kendini çekme momenti	109
8.- Distorsyonlara ve gerilmelere engel olmak için alınacak tedbirler	110
9.- Kaynak planı ve kaynak sırası planı	111
10.- Kaynak sıralarına ait misaller	115
11.- Kaynaklı parçalarda distorsyonların düzeltilmesi	115
12.-Literatür	117
X.BÖLÜM: Doldurma Kaynağı	118
1.- Tarifi ve önemi	118

2.- Doldurma malzemelerinin sınıflandırılması	118
3.- Doldurma malzemeleri ve doldurmaya hazırlama	120
4.-TIG usulü ile doldurma	121
5.- MIG usulü ile doldurma	122
6.- Tozaltı kaynağı ile doldurma	122
7.-Püskürtme ile doldurma	123
8.-Literatür	123
XI. BÖLÜM: Elektrik Direnç Kaynağı	124
1.- Prensibi	124
2.- Elektrik direnç kaynağı usulleri	124
3.-Nokta kaynağı	125
4.-Dikiş kaynağı	128
5.- Alın kaynağı	131
6.-Literatür	133
XII. BÖLÜM: Sürtünme Kaynağı	134
1.- Tarifi ve prensibi	134
2.-Sürtünme kaynağının çeşitleri	135
3.- Sürtünme kaynağının uygulanması	136
4.- Literatür	137
XIII. BÖLÜM: Elektron Işını İle Kaynak	138
1.- Prensibi ve önemi	138
2.- Kaynağın yapılması ve kaynak makinaları	141
3.- Elektron ışını ile yapılan kaynağın metalürjik özellikleri	143
4.-Şekillendirmenin esasları	144
5.- Literatür	144
XIV. BÖLÜM: Laser Işını İle Kaynak ve Kesme	145
1.-Önemli ve prensibi	145
2.-Laser ışını ile kaynak işlemi	147
3.-Laser ışını ile kesme	150
4.- Laser ışını ile işleme usulleri	151
5.- Laser ışını ile kaynak ve işlemenin üstünlüğü	151
6.- Literatür	151
XV. BÖLÜM: Sert Lehimleme	152
1.-Tarifi ve prensibi	152
2.- Lehimlemenin sınıflandırılması	154
3.- Lehimleme işleminin karakteristik değerleri	154
4.- Dekapanlar ve lehim alaşımları	157
5.- Lehimleme usulleri	161
6.- Lehimlemede kullanılan birleştirme ve ağız hazırlama şekilleri	161
7.- Literatür	163
XVI. BÖLÜM: Metal Püskürtme	164
1.-Tarifi ve gelişimi	164
2.-Metal püskürtme usulleri	164
3.- Arklı püskürtme	168
4.- Plazma arki ile püskürtme	170
5.- Püskürtülecek yüzeyin hazırlanması	171
6.- Literatür	175
XVII. BÖLÜM: Metal Yapıştırma	176
1.-Giriş	176
2.- Yapıştırma bağlantılarının diğer çözülemeyenbağlantılarla	

karşılaştırılması	176
3.- Metal yapıştırmanın kullanma sınırları	178
4.-Yapıştırmanın esasları	178
5.- Yapıştırıcı çeşitleri ve özellikleri	180
6.- Yapıştırma bağlantılarının mukavemetine etkieden faktörler	182
7.- Metal yapıştırmanın teknolojisi	183
8.- Metal yapıştırma konstrüksiyonlarda dikkat edilecek hususlar	185
9.- Literatür	186
XVIII. BÖLÜM: Diğer Kaynak Yöntemleri	187
1.-Ultrason kaynak	187
2.-Soğuk basınç kaynağı	188
3.-Patlamalı kaynak	189
4.-Difüzyon kaynağı	190
5.- Dar aralık kaynağı	194
6.- Literatür	200
XIX. BÖLÜM: Plastik Malzemelerin Birleştirilmesinde Kullanılan Kaynak Yöntemleri	201
1.- Plastik malzeme özelliklerinin metal malzemelerle karşılaştırılması	201
2.- Termoplastik malzemelere uygulanan kaynak yöntemleri	205
3.-Sonuç	211
4.-Literatür	211
XX. BÖLÜM: Kaynaklı İmalatın (Dizaynın) Esasları	212
XXI. BÖLÜM: Kaynak Tekniğinde İş Güvenliği	216
1.-Giriş	216
2.- Oksi-Asetilen kaynağında iş güvenliği	216
3.- Elektrik ark kaynağında iş güvenliği	218
4.- Kaynak tekniğinde yangın tehlikesi	220
5.- Özel kaynak usullerinde iş güvenliği	221
6.- Literatür	222

0. BÖLÜM

KAYNAK TEKNOLOJİSİ VE GÜNÜMÜZ ENDÜSTRİSİNDEKİ YERİ

Önümüzdeki on yıl içerisinde gezegenimiz bir milyar daha fazla insan taşımak zorunda kalacaktır. Bu yüzyılın sonunda ise, eğer dünya nüfusu aynı hızla artmağa devam ederse, 8 milyarı üzerine çıkacaktır. Onları nasıl barındıracak, nasıl besleyecek, nasıl giydireceğiz? Onları nasıl taşıyacak, nasıl koruyacak ve boş zamanlarını nasıl değerlendireceğiz?

Dünya nüfusundaki artışın, bizim prodüktif kapasitemizi nerelere çıkaracağını bugün tahmin etmek oldukça zordur. İnsanoğlunun zeka ve becerileri prodüktif olanakları sağlayacaktır. Acaba kaynaklarımız yeterli olabilecek midir? Bugün mevcut olanlar kısıtlıdır ve hızla azalmaktadır. Gezegenimizin %70'ini kaplayan deniz ve göller ihtiyacımızı daha birkaç yüzyıl karşılayacak potansiyele sahiptir.

Hem uzay hem de hidrosfer aynı sorunları karşımıza çıkarmaktadır. Çok farklı mesafe ve birbirine ters şartlarda, uzayda milyonlarca mil uzakta, 15.000 ayak denizin altındaki (5000 m) derinliklerde, güvenle kullanılabilir yöntem, işlem ve ürünlerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Örneğin, okyanusun derinliklerinden gökyüzüne yükselen Polariz Füzeleri, çok farklı basınç ve sıcaklıklara maruz kalmaktadır.

Her ne kadar, bugün için hidrosferdeki araştırmalara ayrılan harcamalar, uzay çalışmalarını yanında çok düşük bir seviyede kalmakta ise de, okyanustaki kaynakların tümünü kullanışlı hale getirmek için harcanacak çabalar, önümüzdeki on yıllık uzay harcamalarından fazla olurdu.

Bu sorulara verilecek cevaplar, endüstrinin geleceğini esaslı bir şekilde etkileyecektir. Bunun nedeni, insanoğlunun fiziksel ihtiyaçlarının karşılanmasında metal endüstrinin büyük rol oynaması ve birleştirme (kaynak) teknolojisinin de metal endüstrisinde şimdiye kadar en faydalı bir teknik olarak kullanılmasıdır.

Birleştirme teknolojisinin tarihçesi, gerçekte bir grup insan kütlelerinin tarihidir. Bunların büyük bir kısmı ufak tamircilik yapan, bir kısmı da hayal kuranlardır desek daha uygun olur. Bütün bunların hepsi de kendilerine göre bir katkıda bulunmuştur. Bu insanlar, sık sık kazançlı olmayan araştırmalarla, arkadaşlarının alaylarına bile maruz kalmışlardır. Fakat bütün bunlara rağmen neye inanmışlar ise, onun için savaşan bu insanlar, ufak katkıları ile dünyamıza iyi bir metal birleştirme usulünü armağan etmişlerdir.

Mısır firavunları zamanında yapılan çok güzel metal işlerine, eski el yapısı araçlara ve eski Ahid'de de metal işlerine sık sık rastlanmaktadır. Romalılar zamanında, çeşitli işlemler daha iyi bir şekilde gelişmiştir.

Bunların başlıcaları ise, lehimleme veyahut da demirci kaynağı ile yapılan birleştirmelerdir. Roma medeniyetinde demirciliğin taşıdığı önemi, tanrılardan birine, Ateş Tanrısı Vulcan'a demircilik ve diğer

metal işçiliğine büyük bir önem atfetmelerinden ileri gelir.

Günümüzde demirci kaynağı, pratikte her ne kadar unutulmuş ise de, orijinal bir metal birleştirme işlemi olarak nazari itibara alınabilir. İnsanlar 3.000 yıldan çok önceleri, ilk defa iki metal parçasını sıcak veya soğuk durumda çekiçleyerek birleştirmeyi öğrendi. Bir külçeden döverek elde edilebilecek altın levhasından daha büyük levha elde etmek iste yen ilk sanatkarlardan biri, altın parçalarının dövülerek birleştirilebileceğini bir şans eseri olarak bulmuştur. Demirci kaynağının bu tip örneklerine dünyanın çeşitli müzelerinde, özellikle tarihi orta bronz devrine, yaklaşık olarak Milattan önce 1400-1000 yıllarına kadar uzanan arkeolojik kazılar olarak rastlamak mümkündür.

Gerçekleştirilen ilk kaynak örneklerinin bazıları, o günkü kısıtlı olanaklar açısından değerlendirilebilirse, kıymetleri daha iyi ortaya çıkar. Örneğin, Delhi'de bulunan 18,9 m (62 ayak) uzunluğunda ve 40,6 cm (16 parmak) çapındaki sütunlar, büyük bir ihtimal ile İsa zamanında kaynak edilmiştir. O zamanlardaki en fazla ergitme/dövme kapasitesinin 9072 gr (20 pound) olduğu kabul edilirse, arkeologların bulduğu büyük parçaların dövülerek oluşturulduğu açıkça görülür.

Bugün, bütün ülkelerde, demircinin çekici ile yaptığı basınç kaynağı hemen hemen tarihe karışmıştır. Örs, artık bir koleksiyon eşyası haline gelmiş, yalnız bazı kıyı köşede kalmış demirci atölyelerinde ve yarış hipodromlarının nalbant atölyelerinde görünür hale gelmiştir.

Lehimleme işlemi eski devirlerde dünyanın çeşitli bölgelerinde, bu arada Çin, Japonya, Kuzey ve Güney Avrupa ve Anadolu'da geniş ölçüde kullanılmıştır.

Birinci Dünya Savaşından sonra kaynak teknolojisi ilerlemelerini sağlamlaştırmış ve tamir yöntemi olarak kullanılması yanında, üretim aracı haline de gelmiştir.

Bununla beraber, kaynağın en dinamik ve milletin ilgisini çeken bir uygulaması da, sabote edilen Alman gemilerinin tamirinde yapılmıştı. Denizaltı savaşlarının başladığı tarihe rastlayan 1917 yılının bir Şubatında, Alman askeri otoriteleri Amerikan limanlarında esir alınan Alman gemilerinin yok edilmelerini istemişlerdi. Buna da sebep, bu gemilerin en azından 18 ila 24 aylık süre zarfında tamire ihtiyaç gösterecek şekilde saf dışı bırakılmaları idi. Zira bu gemilerin çoğunda onarılması güç yaralar açılmıştı. Bütün bunlara rağmen, kaynağın hızlı bir şekilde uygulanması ile 8 ay gibi kısa bir zamanda, gemilerin onarılması bitmiş ve bu da Amerika Birleşik Devletlerinde savaş, yük ve yolcu filosuna 500.000 gros tonluk bir kapasite artışı sağlamıştır.

Avrupa'da esen savaş rüzgârları, 1939 yılında Amerikan endüstrisinde geniş ölçüde huzursuzluğa yol açmıştı. Bu durgunluğun, kaynak teknolojisi üzerindeki en önemli etkisi, talep azalmasından dolayı, gelişme hızını yavaşlatması olmuştur. Avrupa'daki trampetlerin gürültüsü arttıkça, Amerikan endüstrisi gelecek günler için hazırlığa girişti. Kaynak endüstrisinde önceleri az, sonraları da daha çok bir talep görünmeye başlandı. 1940 ila 1942 yılları arasında kaynak endüstrisi %350 nispetinde fazla bir kapasiteye erişti. Bu ise, geleceğin ancak bir kısmı idi.

Artık kaynak en üstün bir birleştirme yöntemi haline gelmişti. Savaş sırasında metalden mamul her şey (gemiler, tanklar, uçaklar ve silahlar) kaynaklı konstrüksiyon olarak yapılıyordu.

Mevcut işlemlerin geliştirilmesi ve yeni yeni geliştirme yöntemlerinin bulunması yolunda yapılan araştırmalar sürmekte ve her geçen yıl bu çabalar daha da büyük bir hız kazanmaktadır. Son 40 yıl içerisinde sayılamayacak sayıda gelişmeler kaydedilmiştir. Bunların kaynağı genellikle uzay programı ve savunma planlarının sonucu doğan istekler olmuştur. Örneğin, İkinci Dünya Savaşının isteklerinden biri olan Magnezyumdan imal edilen uçakların kaynağı için geliştirilen TIG/WIG kaynak yöntemi, endüstride hemen hemen bütün yarı otomatik kaynak yöntemlerinde kullanılabilir hale gelmiştir. Daha sonraları da hem endüstride hem de askeri alanda uygulanan tamamen otomatik sistemler geliştirilmiştir.

Günümüzde 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 problemlerle karşı karşıya kalmaktadır. Örneğin, sacların birleştirilmesinde konstrüktörler, çoğu zaman yapıştırma işlemi ile elektrik direnç nokta kaynağı arasında bir tercih yapmak zorunda kalmaktadır. Bu da yapıştırma ve nokta kaynağından aynı zamanda yararlanmak fikrini doğurmuştur. Bugün her iki yöntemin kombinasyonu ile bu sağlanmaktadır.

Bu teknoloji yani yapıştırma 1950'li yıllarda uçak yapımında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Rusya'da AN 22 ve AN 24 gibi büyük nakliye uçaklarının bölümlerinin birleştirilmesinde ve ayrıca YAK 40 yolcu uçağında kullanıldı. Amerika Birleşik Devletlerinde ise, Lockheed C- 5 askeri uçaklarının bir bölümünde ve Sikorsky - 67'lerin gövdelerinin %10'unda perçinin yerini aldı. Ayrıca uzay taşıtlarının yakıt tankları ve oluklu sacların birleştirilmesi bu yöntem ile gerçekleşmiş ve böylece ağırlık ve taşıma gücünden ekonomi sağlanarak hareket olanakları arttırılmıştır.

Kombine edilen yapıştırma ve nokta kaynağı usulü, üretim tekniği ve konstrüksiyon bakımından önemli avantajlara sahiptir. Nokta kaynağına *nazaran* mukavemet bakımından daha iyidir. Bu özellik dinamik yüklerde daha belirgindir. Korozyon davranışı ve sağlamlığı daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu usulün verimli olduğu yerler, özellikle hafif konstrüksiyonlar olup, uçak ve roket imali, demiryolu ve karayolları taşıtlarının imalidir.

1950'li yıllarda geliştirilen diğer bir kaynak yöntemi de patlamalı (infilak) kaynak yöntemi olup, endüstriye girişi yavaş olmuştur. Her ne kadar patlamalı şekil verme ile ilgili patentler 1900 yıllarında alınmış ise de, patlamalı kaynak yöntemi yeni yeni çeşitli uygulama alanlarına girmiştir. Uzun menzilli roket ağızlarına ve uçak gövdesinin petek yapılarına uygulanan patlamalı şekil verme yöntemi çok iyi sonuçlar vermiştir. Günümüzde patlamalı kaynak yöntemi farklı metallerin birleştirilmesinde geniş çapta kullanılmaktadır.

1950,1i yıllarda gelişen diğer bir yöntemde ultrasonik kaynak yöntemidir. Bu yöntem uçak yapımında nokta kaynağı kalitesini geliştirmek ve nokta kaynağından önce uçak malzemesini temizleme işini kolaylaştırmak gayesini güdüyordu. Bugün yarı iletkenler ve ince alüminyum folilerin birleştirilmesinde geniş bir uygulama alanına sahiptir.

1960 yılının başında elektrocüruf kaynağı, ağır parçaların düşey pozisyonundaki kaynağında

kullanılan yegâne yöntemdi. Elektrocüruf kaynağının ortaya çıkması ile daha ince sacların düşey pozisyonda yapılan kaynak işlemi için yeni bir usule duyulan ihtiyaç hemen kendini göstermiştir. Çeşitli araştırma laboratuvarlarında girilen çalışmalar sonunda elektrocüruf kaynak makinasının adaptasyonu ile koruyucu gaz altında özlü elektrodlar kullanarak yapılan yeni bir usul geliştirildi. Bu usul sayesinde 1/2 inç kalınlığa kadar dikey pozisyondaki kaynağı yapmak mümkün oldu. Düşey pozisyonda yapılan kaynakla ilgili diğer bir gelişme de MIG ve MAG kaynaklarıdır.

Soy gaz ve soy gaz karışımları altında yapılan TIG/WIG kaynak usulü ile bugün bütün metal alaşımlarını kaynak yapmak mümkündür. TIG-Plazma kaynağının gelişmesi, bu tekniğin plazma kesmesi dışında plazma ile metal püskürtmede de geniş çapta kullanılmasına neden olmuştur. Plazma teknolojisi de kaynak, kesme ve metal püskürtmede büyük bir gelişme vaat etmektedir.

Karbondioksit atmosferi altında yapılan MAG kaynak usulü de geniş bir uygulama alanı bulmuş ve tozaltı kaynağına gittikçe büyüyen bir rakip haline gelmiştir. Özlü tel ile yapılan kaynak usulü de MAG veya MIG gibi birçok otomatik ve yarı otomatik usullere rakip olmakta ve el ile yapılan ark kaynağından da birçok iş koparmaktadır.

Tozaltı kaynağında da birden fazla tel ile yapılan paralel, seri ve tandem usullerle kaynağın gücü arttırılmış ve band şeklindeki ilave metallere de doldurma kaynağı (kaplama) konusunda büyük gelişmeler olmuştur.

Belirtildiğinde fayda umulan başka bir yenilik de sürtünme kaynağıdır. Sürtünme kaynağı anlayışı yeni değildir. Bununla ilgili patentlerin tarihi 1900 yılına kadar uzanır. 1959 yılında, sürtünme kaynağı bir bakım işlemi olarak Leningrad'da çeşitli işletmelerde ve bazı makina bakım tesislerinde kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, Çekoslovakya, da matkap, rayba, bıçak ve kalem gibi aletlerin onarımında sürtünme kaynağı kullanılmış ve oldukça büyük bir ekonomi sağlanmıştır.

1961 yılından itibaren Amerikan menşeli sürtünme kaynağı makineleri de piyasada kendini göstermeye başladı. Bugün, geliştirilmiş sürtünme kaynağı makineleri, çok geniş bir imalatçı kütlesi tarafından kullanılmaktadır. Örneğin, Ford Motor Co. bu işlemi Falcon ve Mustang modellerinde ön takımlar ve geri hareket dişlisinde, Chevrolet ise hareket milinin imalinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda bisiklet çatalı, kam, piston, çamaşır makinası orta milli ve yumuşak çelik ile paslanmaz çeliğe kadar değişen çeşitli millerin imalinde kullanılmaktadır.

Son seneler içerisinde gelişen yeni bir kaynak usulü de döner hareketli arklarda yapılan birleştirmelerdir. Bu usulde, parçalar çok kısa bir süre içerisinde alın altına kaynak yapılmaktadır. Sürtünme kaynağına ileride rakip olacağı gözüyle bakılmaktadır.

Katı faz bağlantısı olarak bilinen difüzyon kaynağı son senelerde Amerika Birleşik Devletlerinde ve Sovyet Rusya'da yapılan uzun araştırmaların konusu olmuştur. Difüzyon kaynağının kullanıldığı başlıca iki önemli yer nükleer ve roket endüstrisidir. Uçak endüstrisinin gerek yapı, gerekse konstrüksiyonunda, ısı değiştirgeçlerinde, vakumda yüksek basınca dayanıklı elektronik aletlerin imalinde ve korozyon ile reaktif sıvılara dayanıklı olması gereken valf imalinde difüzyon kaynağı büyük bir önem taşımaktadır.

Yapılan kaynak hacmi bakımından, ilginç işlemlerden en önemlisi, elektron bombardımanı (ışını) ile kaynak metalini tavlama ve eritme fikri olmuştur. Elektron bombardımanı ile metal kaynağını uygulayan ve bunu açık bir şekilde ortaya koyan ilk araştırmacı Fransız Atom Enerjisi Komisyonundan Dr. J.A.Stor olmuştur. Stor, alüminyum kaynağında karşılaştığı güçlükleri yenmek için bu konudaki çalışmalarına devam etti. 0,050 inç kalınlığındaki alüminyum, berilyum ve magnezyum alaşımlarından yapılan akaryakıt varil kapaklarının kaynak edilmesi, Stor'un yaptığı ilk çalışmalar arasındadır. Bu usul, derinliğin enine olan büyük oranından ötürü örneğin, Sovyet Rusya'da "Bacak Kaynağı" olarak tanınır.

Elektron ışını ile yapılan kaynağın ilk pratik uygulaması reaktör tekniği, roket ve uçak inşası gibi, tekniğin yeni açılan alanlarında kendini göstermiştir. Burada kullanılan özel malzemelerin işlenmesi şimdiye kadar alışılmış usullerle tatmin edici bir şekilde yapılamadığından, elektron bombardımanı seçilmiştir.

Elektron bombardımanı ile kaynakta en büyük dezavantaj, kaynak işleminin vakumda yapılmasıdır (10^{-1} ila 10^{-6} Torr). Düşük vakumlu elektron bombardımanı ile kaynak, kısa zamanda daha fazla otomotiv endüstrisi ile diğer imalat alanlarına kaymıştır.

İnsanoğlunun uzayda daha fazla yol alması ve yabancı gezegenlerde bilimsel istasyonlar kurması için (diğer bir deyimle yıldızlara merdiven kurması için) çok daha gelişmiş bir birleştirme yöntem teknolojilerine ihtiyaç vardır. Aynı zamanda uzayda metalleri birleştirme yollarını da geliştirmek gerekmektedir. Şüphesiz elektron bombardımanı ile kaynak, uzay boşluğunda kullanılacak yöntemlerin başında gelir. Uzayda, bir uzay gemisinden enerji sağlayarak çalıştırılmak üzere dizayn edilen bir cihazla, titanyum ile alüminyum, 1/4 inç kalınlığa kadar da diğer metallerin birleştirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Burada TASS ajansının bir haberini birlikte okuyalım: "Tass Ajansının bir haberine göre, Sovyet Uzay Aracı "Solyut 7", "Solyut T-11" ve "Solyut T-12" komplekslerinde bulunan iki bayan, Svetlana Savitzkaya ve Vladimir Yaben Jenibekov uçuş programına uygun olarak araç dışına çıktılar. Svetlana Savitzkaya, tarihte uzay aracı dışına çıkan ilk kadın oldu. 3 saat 55 dakika uzayda kaldılar. Svetlana Savitzkaya, uzayda metal plakaları kesme, kaynak ve lehim yapma ve püskürtme yolu ile kaplama işlemlerini denedi. Vladimir Jenibekov'da çeşitli gözlemler yaptı" denilmektedir.

Bugün uzay çalışmaları hızla ilerlemekte ve sır olan birçok nokta açıklığa kavuşmaktadır. Örneğin, uzay araçlarında ve platformlarda kullanılacak malzemelerin ömürleri bir faktördür. Atmosferimizde bulunan gazların çoğu metallerin yorulma ömrünü azaltmaktadır. Uzayda bir miktar hidrojen hariç, bu gazlar bulunmadığı için, uzayda yapılan ve gerilmeye ilk defa uzayda maruz kalan uzay parçalarının yani araçlarının, ağırlık ve emniyet açısından, belirli avantajları olduğu ortaya çıkar. Yeryüzünde bir yıllık yorulma ömrü olan bir parçanın uzayda 10 ila 20 yıl arasında bir yorulmaya dayanacağı tahmin edilmektedir.

Uzay istasyonlarının yapımı, uzayda güvenli birleştirme yöntemlerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu konudaki elektron bombardımanı ile kaynağa ilaveten Laser ve difüzyon kaynağını da ümit verici yöntemler arasında sayabiliriz. Yapıştırıcıların da uzayda geniş ölçüde kullanılması kaçınılmazdır.

Laser teknolojisinin hızlı gelişimi, laser ışınından metallerde ve plastik malzemelerde birçok imalat problemlerinin çözümü için faydalanma olanağı doğurmuştur. Laser, elektronik ve elektrik endüstrisindeki ince tel veya levha kaynağında, ultrasonik kaynak usulü ile iyice çekişmektedir. .

Acaba kaynak tekniğinde otomatizasyon ve robotların kullanılması hakkında neler söylenebilir?

Kaynak teknolojisi, değişik kullanma alanları nedeniyle, amaca uygun birbirinden farklı kaynak usullerine ve bunun sonucu olarak da farklı otomatizasyon tiplerine 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 prosesini sağlamaktır.

Geçmişte rijit otomatizasyon teknikleri, döküm, dövme, presleme ve kaynak gibi geleneksel imal usullerinde üretkenliği büyük ölçüde arttırmıştır. Gelecek için ise, esnek otomatizasyon tekniklerini geliştirmek ve imalatın çeşitli aşamalarında ortaya konulan değişikliklere kısa bir zaman süresinde uyabilmek için bu teknikleri uygulamak gerekmektedir. Burada temel unsur imalat ve transport donanımlarının bir sistem içerisinde entegrasyonu ve enerji ile malzeme bilgi akışının bu sistem içerisinde nümerik kontrolüdür. Burada örnek olarak otomobil endüstrisini ele alalım.

Otomobil üretiminde binek arabalarının yapımı için 700 preslenmiş ve kesilmiş parça ile 400 adet talaş kaldırılarak işlenmiş parça, civata, perçin, kıvrıma, lehimleme, yapıştırma ve en çok kaynak yoluyla birbirine bağlanmaktadır. Toplam kaynaklar: yaklaşık olarak 5.000 nokta kaynağından, 30 metre ark kaynağından, 1 metre elektron bombardıman kaynağından, 15 adet de sürtünme kaynağından oluşmaktadır.

Nokta ve ark kaynağının otomatizasyonu öncelikle proses parametrelerinin ve proses akışının otomatik olarak kumanda ve ayarına dayanır. Diğer taraftan kaynak donanımı içerisinde iş parçasının ve takımın otomatik olarak kullanılmasının yanısıra, kaynak donanımı arasında iş parçasının otomatik olarak sevk edilmesi de gereklidir. Kaynak, uygulama ve nakliye olmak üzere üç fonksiyonun entegre edilmiş bir imalat sistemi içerisinde birleştirilmesi gerekir.

Otomobil endüstrisinde, alışlagelmiş malzeme ve konstrüksiyonlarda, kaynak prosesi nokta kaynağı ve elektrik ark kaynağında geniş ölçüde korunmaktadır. Dolayısıyla gelişmelerin ağırlık noktası, uygulama ve nakliye fonksiyonlarının otomatizasyonunda ve entegre imalat sisteminin nümerik kontrolünde yatmaktadır. Böylece bir entegre imalat sisteminde kaynak donanımları rijit ve esnek olarak otomatize edilebilir ve bunlar çeşitli taşıma düzenleri ile rijit, esnek veya serbest olarak bağlanabilir.

Bütün ekonomik, teknik ve kalitatif kriterlerin ışığı altında, "Daimler-Benz" firması, karoseri kaba yapısı için bir entegre imalat sistemi geliştirmiştir. Bu sistemde kalite yönünden önem arzeden birleştirmeler için, özel tip makinalar (yani çok nokta kaynağı makinaları) ve diğer kaynak işleri için esnek universal makinalar (yani endüstri robotları) kullanılmıştır.

Kaynak tekniğinde diğer imalat tekniklerinde olduğu gibi, esnek otomatize edilmiş sistemler önem kazanmaktadır. Bugün, kaynak fonksiyonu için esnek otomatize edilmiş sistemler, endüstri robotları

şeklinde hizmet görmektedir. Ancak uygulama ve nakliye fonksiyonları için esnek otomatize edilmiş, ekonomik çözümler henüz eksiktir.

Günümüzde en büyük gelişme imkanı bulan kaynak usulleri MIG/MAG ve tozaltı kaynaklarıdır. Tozaltı kaynağı tam mekanize edilmiş kaynak için tipik bir örnektir. Burada yalnız ilave metal otomatik olarak kaynak yerine gelmemekte, aynı zamanda uygun donanımlar ile kaynak kafası ve iş parçası arasında izafi bir hareket de sağlanmaktadır. Erime gücünün yükseltilmesi ve böylece tozaltı kaynak usulünün ekonomikliğinin ortaya çıkması, çok tel tekniğinin ilavesi, bir ilave sıcak tel verme veya alışılmış normal tellerin yerine band elektrodların kullanılması gibi usullerin uygulanması ile elde edilir ve böylece kalitenin yükseltilmesinde de başarı sağlanmış olur.

Ark kaynağı robotlarının ana kullanma alanı MIG ve MAG kaynak usulleridir. Arkın yüksek frekanslı ateşlemesi, robotun kumanda sistemini bozacağından, yalnızca TIG kaynağında çok az kullanılır.

Eskiden genellikle el ile uygulanan TIG kaynak usulü, aradan geçen zaman zarfında yüksek derecede bir otomatizasyona ulaşmıştır. Kaynak sonuçlarındaki yüksek kalite ve kaynak parametrelerinin ayarlanabilmesi ve programlanabilmesi imkânlarından dolayı, bugün bu usul çok daha yüksek duyarlılık ve doğruluk istenen yerlerde uygulanmaktadır. Örneğin, kimya aletleri ve reaktör inşası gibi impuls tekniği ile duyarlı iş parçalarında veya zor pozisyonlarda dozlanmış ısı verilmesine tam olarak imkan sağlayan bir usul geliştirilmiştir. Bu usul ile çapı 200 mm'nin üzerindeki boruların çevre dikişlerinin kaynağında uzaktan kumanda edilebilen son derece duyarlı bir kaynak uygulanmaktadır.

Diğer taraftan, okyanuslar hakkında da çok az şey bilinmektedir. Fakat sürdürülen ve hızlandırılan araştırmaların değerlerini doğrulayacak kadar bilgi edinilmiştir. Bugünkü araştırmaların çoğunun sınırlandırdığı kıyı operasyonları, elmas, altın, kalay ve mağnetiti ortaya çıkardı. Meksika körfezindeki, Kuzey denizindeki ve Güney Kaliforniya açıklarındaki petrol kuleleri, en önemli bazı su altı buluşlarının işaretidir. Dünya petrol rezervlerinin %50'sinin bulunduğu derin sularda bugüne kadar teşebbüse geçilmemiştir. Böyle bir kuyu açmak için, bugün sahip olduğumuz endüstri ve teknolojiden daha ileri bir teknoloji ve endüstriye sahip olmamız gerekmektedir. Bu yapıldığında, tıpkı kıyılardaki kuyu açma da olduğu gibi, kaynak teknolojisi, bu işlemlerde de önemli bir rol oynayacaktır.

Okyanusların derinliklerinde yatan potansiyel el değmeden durmaktadır. Büyük bir ekonomik değeri haiz bulunan manganez, Pasifik Okyanusunun dibinde durmaktadır.

Özellikle manganez içeren cevherler, demir bakımından zengin olduğu gibi, bakır, kobalt, nikel, molibden, vanadyum, çinko ve zirkonyum da içermektedir. Böyle bir maden yatağı, bütün dünyanın ihtiyaçlarını bugünkü hızla birkaç bin yıl daha karşılayabilir.

Kıtaların kıyıları petrol, yağ ve sülfürce zengin olarak bilinmektedir. Toplam olarak 335 milyon mil küp (1.375 milyon km³) su, 15 milyon ton bakır, 7 trilyon ton bor, 15 milyon ton manganez, 20 milyon ton uranyum, 500 milyon ton gümüş ve 10 milyon ton altını içerdiği tahmin edilmektedir.

Bu kaynakların işletilmesi teknolojide fantastik bir ilerlemeyi gerektirmektedir. Ancak 10 yıl içerisinde denizin 20.000 ayak (6.100 metre) derinliğine ulaşabilecek denizaltı araçlarına sahip olacağız.

Bu ise, okyanusun dibinin %95'i demektir. Muhtemelen 20 yıl içerisinde, su altında 18.000 ayağa (5.500 metre) kadar derinlikte, uzun süre hayatımızı sürdüreceğiz.

Bu ortamda araştırmak, keşfetmek ve yaşamak için yepyeni metallere ve projelere ihtiyaç duyulacak; belki bunları birleştirmek için yepyeni teknolojilerin geliştirilmesi gerekecektir. Örneğin basınca dayanıklı gövdelere sahip her çeşit deniz altı araçlarına ihtiyaç duyulacaktır. Fazla derinlikler için camla kuvvetlendirilmiş kompozit küreler gerekecektir. Çünkü bu tip malzemenin basınca karşı mukavemeti yüksektir.

Bugün için başarılması gereken konu, 12 ila 18.000 ayak (3.650 ila 5.500 metre) derinlikte dolaşabilecek denizaltıların imalidir. Bunların gövdelerinin %50 ila %60'ının silindirik olması ve ayrıca nükleer veya sıvı yakacak kullanan tesislere sahip bulunması gerekir. Bu araçların, yüksek mukavemetli çeliklerden, titanyumdan ve alüminyumdan yapılabileceği görülmektedir. Bu malzemelerin istenmesindeki problemler ve birleştirme teknolojisi, bizleri yine kaynakla karşı karşıya getirecektir.

Okyanusların bir takım başka faydaları da vardır.

Bunlardan biri yiyecek (balık, plankton ve çeşitli bitkiler) diğerleri ise şudur: Okyanusların suyu tasfiye edilerek, dünyanın artan su ihtiyacı karşılanabilir.

Okyanusların geniş alanlarını araştırmak, keşfetmek, madenlerini işletmek ve diplerinde ziraat yapmak için gerekli cihaz ve donanımları düşünmek şu anda olanaksızdır. Fakat bu yapılacaktır. Burada yine metallere dayanarak faydalanacağız. Böylece kaynak teknolojilerinden geniş ölçüde yararlanılacaktır.

Vakum pompaları, kompresörler, uzaktan kumandalı televizyonlar ve diğer iletişim teknolojileri donanımlarında büyük bir artış görülecektir. Deniz altında uzun bir süre yaşanabilecek platformlar ve iş istasyonları, yaşamak için gerekli gaz depoları ve bir sürü deniz altı yaşantısıyla ilgili cihazların imali gerekecektir. Eğer dünyanın artan nüfusunun ortaya çıkardığı talepleri karşılamak durumu ile karşı karşıya isek, birleştirme teknolojilerinde yeni anlayışlara ve reformcu yaklaşımlara gerek duyacağız demektir.

Kısaca Milletlerarası Kaynak Organizasyonundan bahsetmek yerinde olacaktır.

Kaynak tekniğinin özellikle İkinci Dünya Savaşından sonraki hızlı gelişmesi, dünya milletleri arasında 1948 yılında "Milletlerarası Kaynak Enstitüsünün" (International Institute of Welding IIW-Institut International de la Soudure MS) kurulmasına sebep olmuş ve bu verimli sahanın elde ettiği başarılar, çeşitli memleket uzmanlarının birbirleriyle temaslarda bulunmalarını bir ihtiyaç haline getirmiştir.

Milletlerarası bir organizasyonun kurulması fikri, 1947 yılında Utrecht'de toplanan bir sempozyumda Hollandalılar tarafından ileri sürüldü. İlk toplantı aynı sene İngiliz Kaynak Enstitüsü tarafından M.J.L. Adam'ın başkanlığında yapıldı. Geçici bir komite kuruldu ve tasarlanan cemiyetin ilk esaslarını kurma görevi bu komiteye verildi. Fransız Kaynak Enstitüsünün daveti ile Paris'te ve İsviçre Asetilen Cemiyetinin daveti ile de Bale'de toplantılar yapan Komite görevini geliştirdi. 9 Haziran 1948'de Belçika Ekonomi Bakanlığının himayesinde, Belçika Kaynak Enstitüsünün daveti ile Brüksel'de yapılan iki günlük bir milletlerarası temas sonucunda Kuzey Afrika, Avusturya, Danimarka, İspanya, Amerika

Birleşik Devletleri, Fransa, İngiltere, İtalya, Norveç, Hollanda, İsveç ve İsviçre'nin iştirakiyle (13 devlet) Milletlerarası Kaynak Enstitüsü kuruldu.

Milletlerarası Kaynak Enstitüsünün ikinci maddesi: Enstitünün gayesinin tek veya başka bir organizasyonla ortak olarak, kaynağın bütün yöntemleriyle gelişmesini sağlamak, olduğunu belirtmektedir. Bunun için Enstitü, kaynağın gelişmesini sağlamak üzere, hem kaynakta kullanılan ilkel maddelerin hem de kaynak malzemesinin gelişmesine çalışacak, öğrenim ve araştırma için teknik ve bilimsel bilgilerin alışverişiyle uğraşacaktır. Yine Enstitü statüsü: Enstitünün ticari, endüstriyel işler ve ücret fiyat ve mümessillik gibi, faaliyetlerle uğraşmayacağına işaret etmiştir. Ayrıca yeni buluşları destekleyecek, fakat herhangi bir kuruluşun ticari çıkarına alet olmayacaktır. Enstitünün bu noktaları göz önünde tutan iyi bir politikası vardır. Milletlerarası Kaynak Enstitüsü, Milletlerarası Standardizasyon Komitesi ile de işbirliği yaparak kaynak standartlarını hazırlamaktadır.

IW/IIS, çalışmalarını XVI çalışma komisyonu ile yürütmektedir. Bu komisyonlara ait şu örnekleri verebiliriz: Gaz kaynağı (I), Elektrik ark kaynağı (II), Elektrik direnç kaynağı (III), Modern Kaynak Yöntemleri (IV), Kaynağın muayene ve kontrolü (V), Kaynakta iş güvenliği (VIII), Kaynak Kabiliyeti (IX), Tozaltı ve gazaltı kaynağı (XII), Kaynakta Öğretim (XIV), Kaynakta dizayn (XV) ve Plastik malzeme kaynağı (XVI).

31 yıl süre ile Enstitünün çalışmalarına katılan Türkiye, bu arada ilk önce Milletlerarası Kaynak Enstitüsünün hazırladığı, bazısı da 17 dildeki kaynak terim lügatlerinin Türkçesini hazırlamıştır. Ve bunlar her biri 1000'er kelime olmak üzere Milletlerarası Kaynak Enstitüsü tarafından basılmıştır. Türkçenin dahil olduğu ciltleri şöyle verebiliriz: Genel kaynak terimleri, Oksi-Asetilen kaynağı, Elektrik ark kaynağı, Elektrik direnç kaynağı, Termik kesme, Lehimleme, Modern kaynak usulleri, Metal püskürtme gibi.

Sizlere kaynak teknolojisinin gelişmesini ve hedeflerini genel bir çerçevede içerisinde vermeye çalıştım. Bu arada Memleketimizdeki duruma da kısaca bir göz atalım.

Türkiye'de kaynak ilk defa 1920 yılında İstinye ve Gölcük tersanelerinde başlamıştır. 1929'da Makina Kimya Endüstrisinde, 1930'da Sümerbank-Hereke Fabrikasında, 1931'de Karayolları Merkez Atölyesinde, 1933'de Eskişehir Hava İkmal Merkezinde ve 1934'de de Devlet Demir Yolları Eskişehir Fabrikasında kaynağın kullanıldığını görürüz. Türkiye'nin ilk kaynakçıları İbrahim Pekin ve çırağı Ziya Altınışık ustalardır. Bu iki zat, kaynakçılığı memleketimizde ilk uygulayanlardır.

Türkiye'de kaynak konusunda ilk planlı çalışmaya 1937 yılında Devlet Demiryollarında başlanmıştır. Devlet Demiryollarının Eskişehir Fabrikasında, 1934 yılında dağınık durumda birkaç kaynak cihazı mevcuttu. Daha sonraları 1937 yılında özerk bir kaynak bölümü kuruldu ve bütün kaynakçılar buraya bağlandı. Bu iş için Knoch isimli bir Alman kaynak uzmanı getirildi ve mühendis Nüvit Osmay da kendisine yardımcı tayin edildi. 1936 yılının Ağustosunda gelen Knoch, 1937 yılının Ağustosunda geri dönünce, bu teşkilatın başına Nüvit bey getirildi. Nüvit Osmay ayrıca 1936/37 yıllarında Alman Devlet Demiryollarının atölyelerinde ve Wittenbergdeki Demiryol Kaynak Eğitim Enstitüsünde kaynak mühendisliği stajı gördü. 1947 yılına kadar Eskişehir Kaynak Şube Amirliği yapmıştır. Nüvit beyin Türkiye'de kaynak

teknikğine yaptığı hizmetler çoktur ve sayısız kaynakçı yetiştirmiştir. Ayrıca Oksi-Asetilen ve Elektrik Ark kaynakları konusunda da iki ciltlik kitap yazmıştır. Nüvit Beyi, yaptığı bu hizmetlerden dolayı kutlar ve kendisini saygı ile anarım.

Türkiye'de kaynağın gelişmesi 1950'li yılların ortasından itibaren olmuştur. Örneğin Teknik Üniversite öğrenim planına kaynağı 1951'de almıştır. Makina Malzemesi ve İmal Usulleri Enstitüsü endüstriye ilk kaynak kurslarını 1955 yılında açmıştır. Yine aynı Enstitü 1958 yılında Alman Kaynak Tekniği Cemiyetinin esaslarına uygun Kaynak Mühendisliği (Uzmanlığı) kursunu da yapmıştır.

Memleketimize klasik oksi-asetilen ve elektrik ark kaynağının dışında, halen tozaltı ve gazaltı kaynak usullerinin kullanma alanları büyük bir gelişme göstermiştir. Gemi inşaatı, çelik konstrüksiyon, basınçlı kablolar ve büyük makina konstrüksiyonlarında tozaltı kaynağının klasik tek tel ile yapılan usulü geniş çapta kullanılmasına rağmen, çift telle yapılan tan-dem, seri ve paralel usullerle band elektrod uygulaması henüz yoktur.

Gazaltında yapılan MAG kaynağında son on yıl içerisinde, artan nispette, endüstrimizin çeşitli alanlarında örneğin buhar kazanları, gemi inşaatı, çelik konstrüksiyon gibi, kullanılmaktadır. Soygaz atmosferi altında yapılan TIG/WIG ve MIG kaynakları, yüksek alaşımlı çelik ve demir olmayan malzemelerde geniş bir kullanma alanı bulmuştur. Kimya endüstrisi, petrokimya tesisleri, gıda endüstrisi bunların başlıca örnekleri arasındadır. Yine bu yöntemlerin uygulanması ile ilgili olarak Petrokimya tesislerinde ve helikopter imalatında titanyum kaynağı tipik örnekleri teşkil eder.

Laser ve elektron ışınları ile kaynak, Hava Kuvvetlerinde ve özel sektör işletmelerinde de görülmektedir. Örneğin Renault Otomobil fabrikasında elektron ışını ile kaynak yapılmaktadır. Plazma kesmesinin kullanıldığı bir çok endüstri dalı mevcuttur. Sürtünme kaynağı matkap imalatında, Memleketimizde kullanılmaktadır. Çift tabanlı tencereler difüzyon kaynağına ait verilecek örnekler arasında bulunur.

Nümerik kontrollü ve programlı oksijenle kesme makinaları tersanelerimize girmiştir. Memleketimizde kurulmakta olan uçak endüstrisi ister istemez, programlı nokta kaynağı donanımlarını, laser ve elektron bombardımanı ile kaynağı ve yapıştırma tekniklerini daha çok kullanacaktır. Şu anda Ülkemizde yapıştırma tekniklerinin endüstriyel uygulamasına ait belirgin örnek vermek biraz zordur.

Kaynak dikişlerinin muayene ve kontrolü da özellikle 1970'li yıllardan sonra geniş çapta uygulama alanına sokulmuş ve ciddi olarak kendisini hissettirmiştir. Bu arada Türk Standartları Enstitüsü de kaynak standartlarının çıkarılmasına hız vermiştir. Bu da sevindirici bir uygulamadır. Özellikle dış pazarlara açılan memleketimiz endüstrisinde kalitenin temini için, muayene ve kontrolün ciddi olarak yapılmasının önemi büyüktür.

Bugün memleketimizde bilimum elektrodlar, 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, kaynak üfleçleri ve detantörleri, nokta kaynağı makinaları, oksijenle kesme üfleç ve cihazları, kaynak tozları ve lehimleme dekapanları üretilmektedir.

Literatür

(1)-ANIK, Selahaddin

"Günümüz Endüstrisinde Kaynağın Yeri"

Birinci Ulusal Kaynak Sempozyumu, İ.T.Ü. Makina Fakültesi, 13-15 Kasım 1984.

(2)- ANIK, Selahaddin

"Kaynak Teknolojisinin Gelişmesi"

Böhler Kaynak Dünyası, Sayı 10, Ocak 1985.

(3)- ANIK, Selahaddin

"Kaynak Tekniğinde Otomatizasyon"

Böhler Kaynak Dünyası, Sayı 11, Ağustos 1985.

(4)- ANIK, Selahaddin

"Ark kaynağında Endüstri Robotlarının Kullanılması"

Böhler Kaynak Dünyası, Sayı 11, Ağustos 1985.

I.BÖLÜM

KAYNAĞIN TARİFİ, ÖNEMİ VE SINIFLANDIRILMASI

1.- Kaynağın tanımı

Kaynak tatbik edileceği malzemenin cinsine göre, metal kaynağı ve plastik malzeme kaynağı olarak ele alınır.

Metal kaynağı: Metalik malzemeyi ısı veya basınç veya her ikisini birden kullanarak ve aynı cinsten ve erime aralığı aynı veya yaklaşık bir malzeme katarak veya katmadan birleştirmeye "metal kaynağı" adı verilir. İki parçanın birleştirilmesinde ilave bir malzeme kullanılırsa, bu malzemeye "ilave metal" adı verilir.

Plastik malzeme kaynağı: Aynı veya farklı cinsten termoplastik (sertleşmeyen plastik) malzemeyi ısı ve basınç kullanarak ve aynı cinsten bir plastik ilave malzeme katarak veya katmadan birleştirmeye, "plastik malzeme kaynağı" adı verilir.

2.- Kaynağın önemi

Parçaların kaynakla birleştirilmesinin öneminin kavranabilmesi için, diğer imal usulleriyle mukayese edilmesi gerekir. Her ne kadar her usulün üstün olduğu sahalar varsa da, birbirine çok yakın oldukları uygulamalar da vardır.

2.1.- Kaynak ile perçinin mukayesesi

Parçaların birleştirilmesinde eski bir usul olmasına rağmen, kaynağın öneminin bilinebilmesi bakımından perçinle kaynağın karşılaştırılması uygun olacaktır:

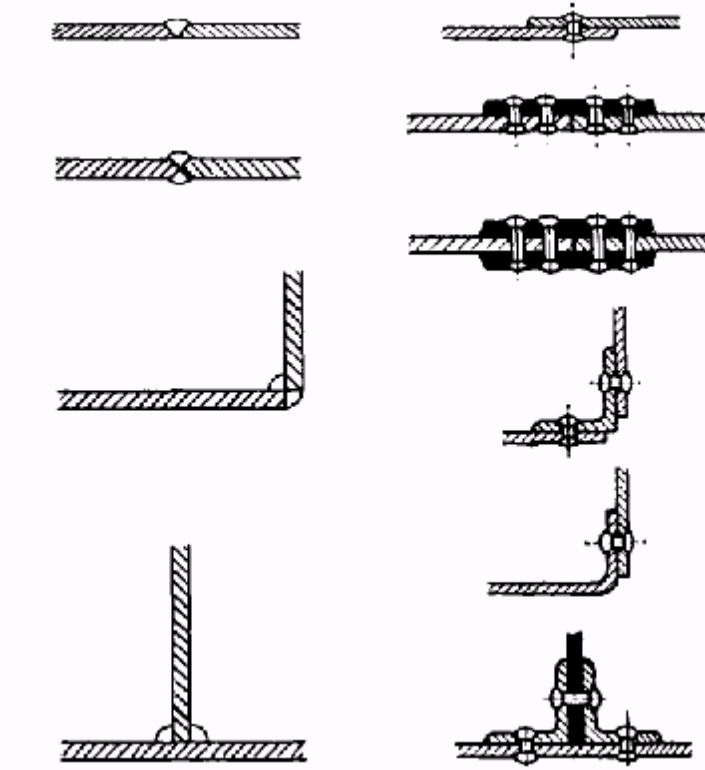
a) Kaynak, ağırlık ve işçilikten tasarruf sağlar. Ağırlıktan sağlanan tasarruf, % 10 ila 30 arasındadır. İşçilikten sağlanan tasarruf ise, % 20–35 civarındadır. Çeşitli bağlantı biçimlerinde kaynak ve perçinin nasıl olduğu, şekil 1.1'de görülmektedir.

b) Kaynak ile, perçine göre daha iyi bir sızdırmazlık elde edilir.

c) Kaynaklı bağlantıların mukavemeti, perçinli birleştirmelerden daha yüksektir. Perçinde esas malzemenin mukavemetine erişilmemesine rağmen, kaynakta %100'üne erişilir.

d) Kaynak ile, perçine göre daha kolay ve ucuz bağlantılar elde edilir.

e) Gemi inşaatlarında kaynaklı birleştirmelerin suya karşı dirençleri daha azdır. Dolayısıyla geminin hızını azaltmazlar.



Şekil 1.1.- Çeşitli birleştirme tiplerinde kaynak ile perçinin karşılaştırılması.

22.- Kaynak ile dökümün mukayesesi

Kaynak ile dökümün farkları aşağıdaki biçimde sıralanabilir:

- Kaynakta model masrafı yoktur.
- Cidar kalınlıkları 6 mm'den az olan parçaların dökümü güçlük arz ederken, kaynakla imalatında bir zorluk yoktur.
- Çelik malzemeden dökümle parça yapımında bazı zorluklar ortaya çıkarken, aynı parçanın kaynakla imalatı kolaydır.
- Kaynak, döküme göre ağırlık tasarruf sağlar. Ağırlıktan sağlanan kazanç %30 civarındadır.
- Çok sayıda üretimde, döküm daha üstündür.

3.- Kaynağın sınıflandırılması

Kaynak metotlarını çeşitli bakımlardan sınıflandırmak mümkündür. Temel olarak kaynaklanan malzemenin cinsine, kaynak sırasında tatbik edilen işlemlere ve kaynak işleminin maksadına göre sınıflandırma yapılır.

4.- Kaynağı uygulandığı (esas) malzemeye göre sınıflandırma

Kaynak uygulandığı malzeme cinsine göre "Metal Kaynağı" ve "Plastik Malzeme Kaynağı" olmak üzere ikiye ayrılır.

5.- Kaynağı gayesine göre sınıflandırma

Kaynak yapılış gayesine göre de "Birleştirme Kaynağı" ve "Doldurma Kaynağı" diye ikiye ayrılır.

5.1.- Birleştirme kaynağı; iki veya daha fazla parçayı çözülmüş bir bütün haline getirmek için kaynak yapmaktır.

5.2.- Doldurma kaynağı; bir iş parçasının hacmindeki eksikliği tamamlamak veya hacmini büyütmek, ayrıca korozyona veya aşındırıcı tesirlere karşı korumak maksadıyla üzerine sınırlı bir alan dahilinde malzeme kaynak etmektedir. Mesela; kaplama, zırlama ve tampon tabaka kaplama doldurması gibi.

6.- Kaynağı usulü bakımından sınıflandırma

Kaynak icrası sırasında takip edilen yola göre dörde ayrılır. Bunlar el kaynağı, yarı mekanize kaynak, tam mekanize kaynak ve otomatik kaynaktır. 6.1.- El kaynağı

Kaynak, yalnız el ile sevk edilen bir kaynak aleti vasıtasıyla yapılır. 6.2.- Yarı mekanize kaynak

Kaynak aleti, el yerine kısmen mekanize edilmiş bir vasıta ile sevk edilir. 6.3.- Tam mekanize kaynak

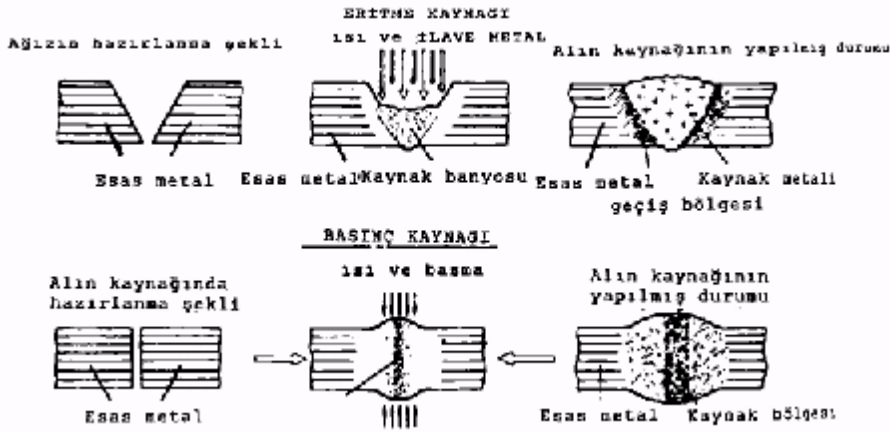
Kaynak aleti, el yerine tamamen mekanize edilmiş bir makina ile sevk edilir. 6.4.- Otomatik kaynak

Gerek kaynak işlemi, gerekse iş parçasının değiştirilmesi gibi bütün ana ve yardımcı işlemler tam olarak mekanize edilmiştir.

7.- Kaynağı işlemin cinsine göre sınıflandırma

7.1.- Eritme kaynağı

Eritme kaynağı; malzemeyi yalnız sıcaklığın tesiri ile bölgesel olarak (sınırlandırılmış bir kısmını) ısıtıp, bir ilave metal katarak veya katmadan birleştirmektedir, (şekil 1.2).



Şekil 1.2.- Eritme ve basınç kaynağının şematik olarak gösterilişi.

7.2.- Basınç Kaynağı

Basınç kaynağı; malzemeyi genellikle ilave metal katmadan basınç altında bölgesel olarak ısıtıp birleştirmektedir (Şekil 1.2).

8.- Metal kaynağı

8.1.- Eritme kaynağı usulleri

Metallerin eritme kaynağında başlıca olarak, aşağıdaki usuller kullanılır.

- 8.1.1.- Döküm eritme kaynağı
- 8.1.2.- Elektrik direnç eritme kaynağı
- 8.1.3.- Gaz eritme kaynağı
- 8.1.4.- Elektrik ark kaynağı
 - 8.1.4.1.- Karbon arki ile kaynak
 - 8.1.4.2.- Metal arki ile kaynak
 - 8.1.4.3.- Koruyucu gazla kaynak (Gazaltı kaynağı)

A.- TIG kaynağı

a.- Normal TIG kaynağı b.- Plazma TIG kaynağı c.- Ark atom kaynağı

B.-MIG kaynağı

- a.- Normal MIG kaynağı b.- Aktif gazla MIG kaynağı
- 8.1.4.4.- Metal koruyucu altında (yalıtılmış elektrod ile) kaynak
- 8.1.4.5.- Tozaltı kaynağı
- 8.1.5.- Elektron bombardımanı ile kaynak
- 8.1.6.- Laser ışını ile kaynak

8.2.- Basınç kaynağı usulleri

Metallerin basınç kaynağında başlıca aşağıdaki usuller kullanılır.

- 8.2.1.- Soğuk basınç kaynağı
- 8.2.2.- Ultrasonik kaynak
- 8.2.3.- Sürtünme kaynağı
- 8.2.4.- Ocak kaynağı
- 8.2.5.- Döküm basınç kaynağı
- 8.2.6.- Gaz basınç kaynağı
- 8.2.7.- Elektrik direnç kaynağı
- 8.2.8.- Elektrik ark basınç kaynağı
- 8.2.9.- Difüzyon kaynağı

9.- Plastik malzeme kaynağı

Plastik malzeme kaynağı; aynı veya farklı cinsten termoplastik, yani sertleşmeyen plastik malzemeyi ısı ve basınç kullanarak aynı cinsten bir plastik malzemeye ilave ederek veya etmeden birleştirmektir.

Kaynak işlemi, kaynak yapılacak malzemelerin birbirine temas eden yüzeylerinin sıcaklığını sıcak plastik hale gelme sıcaklığına yükselttilerek yapılır. Bu esnada sınır yüzeylerindeki serbest hareketli molekül zincirleri birbiri içerisine *akarak* kümeleşirler.

9.1.- Plastik malzeme kaynağı usulleri

9.1.1.- Sıcak gaz kaynağı

9.1.2.- Sıcak eleman kaynağı

A.- Direkt sıcak eleman kaynağı

B.- İndirekt sıcak eleman kaynağı 9.1.3.- Sürtünme kaynağı

9.1.4.- Yüksek frekans kaynağı

9.1.5.- Ultrasonik (ultrason ile) kaynak

10.- Lehimleme

10.11.-Tarif

İki veya daha fazla metalik malzeme, kendileri erimeden erime derecesi daha aşağıda bulunan bir ilave metalin (yani lehim alaşımının) erimesiyle birleşirse, bu işleme "lehimleme" adı verilir. Lehimleme işlemi yapılırken ayrıca bir dekapan kullanılır.

10.2.- Lehimleme usulüne göre sınıflandırma

10.2.1- Alevle lehimleme

10.2.2.- Havya ile lehimleme

10.2.3.- Blokla lehimleme

10.2.4.- Fırında lehimleme

10.2.5.- Tuz banyosunda lehimleme

10.2.6.- Daldırma ile lehimleme

10.2.7.- Hareketli lehim banyosunda lehimleme

10.2.8.- Endüksiyonla lehimleme

10.2.9.- Dirençle lehimleme

10.2.10.- Ekzoterm lehimleme

10.3.- Lehim yerinin formuna göre sınıflandırma

10.3.1.- Kapiler lehimleme

10.3.2.- Lehim kaynağı

10.4.- Lehimleme sıcaklığına göre sınıflandırma

10.4.1.- Yumuşak lehimleme

10.4.2.- Sert lehimleme

10.5.- Lehimin veriliş şekline göre sınıflandırma

10.5.1.- Lehimin, işlem sırasında verilmesi ile yapılan lehimleme

10.5.2.- Lehimin, işlemden önce yerleştirilmesi ile yapılan lehimleme

10.5.3.- Daldırma lehimleme

11.-Literatür

(1) ANIK, Selahaddin "Kaynak Tekniği Cilt I" İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 960, 1970 (1980)

- (2) ANIK, Selahaddin-ANIK, E.Sabri "Soru ve Yanıtları ile Kaynak Tekniği" Birsen Kitabevi, 1980
- (3) ANIK, Selahaddin "Kaynak Teknolojisi El Kitabı" Ergür Matbaası, 1983.

II. BÖLÜM

KAYNAK KABİLİYETİ

1.- Giriş

İmalat tekniğinde gaye, yalnızca malzemelerin birleştirilmesiyle parça elde edilmesi değildir. Aynı zamanda yapılan parçanın çalışma şartlarında bozulmaması ve görevini yerine getirmesi gerekir. Bu sebepten, kaynaklı bağlantılardan da bazı esasları yerine getirmesi istenir. Söz konusu esasların gerçekleşme derecesi, kaynaklanan malzemenin "kaynak kabiliyeti" olarak değerlendirilir.

Kaynak edilen metal ve alaşımlar, uygulamada pek az istisna ile bütün kaynak usullerinde kaynak yerinin erimeye yakın bir sıcaklığa kadar ısıtılmak zorundadır. Burada kaynak tekniğinde kullanılan ısı mabainin, kaynak usulünün de etkili olduğunu unutmamak gerekir. Yüksek sıcaklıklara ısıtılma sebebiyle malzemelerin gerek kaynak bölgelerinde gerekse kaynağa komşu bölgelerinde, kimyasal ve metalurjik pek çok değişme olmaktadır. Örneğin yüksek karbonlu çelik malzemelerin kaynağında, yüksek soğuma hızı sebebiyle kaynağa komşu bölgede çok yüksek sertlikte bir yapı ortaya çıkmaktadır.

Tecrübeli bir kaynakçı, tamamen hatasız bir kaynak yapmanın meselâ her tip çelik için kolay olmadığını gayet iyi bilir. Bazı malzemeler için ise hiçbir güçlük olmamasına rağmen, hatasız tatminkâr bir kaynak kalitesinin sağlanması bakımından özel tedbirlere ihtiyaç vardır. İşte böyle hallerde, kaynak kabiliyetinden bahsedilir.

2.- Eritme kaynağında kaynak kabiliyeti

Kaynak kabiliyeti kesin ve kantitatif olarak ifade edilebilen bir özellik olmayıp, karmaşık bir anlam taşır. Milletlerarası Kaynak Enstitüsünün (IIW-IIS)* IX numaralı "Kaynak Kabiliyeti" Komisyonu, kaynak kabiliyetini şöyle tarif etmektedir:

"Bir metalik malzeme, verilen bir usul ile bir maksat için bir dereceye kadar kaynak yapılabilir diye kabul edilir. Uygun bir usul kullanılarak kaynaklı metalik bağlantı elde edilgi zaman, bağlantı yerel özellikleri ve bunların konstrüksiyona tesirleri bakımından tayin edilmiş bulunan şartları sağlamalıdır."

IIW): International Institute of Welding

IIS) : Institut International de la Soudure

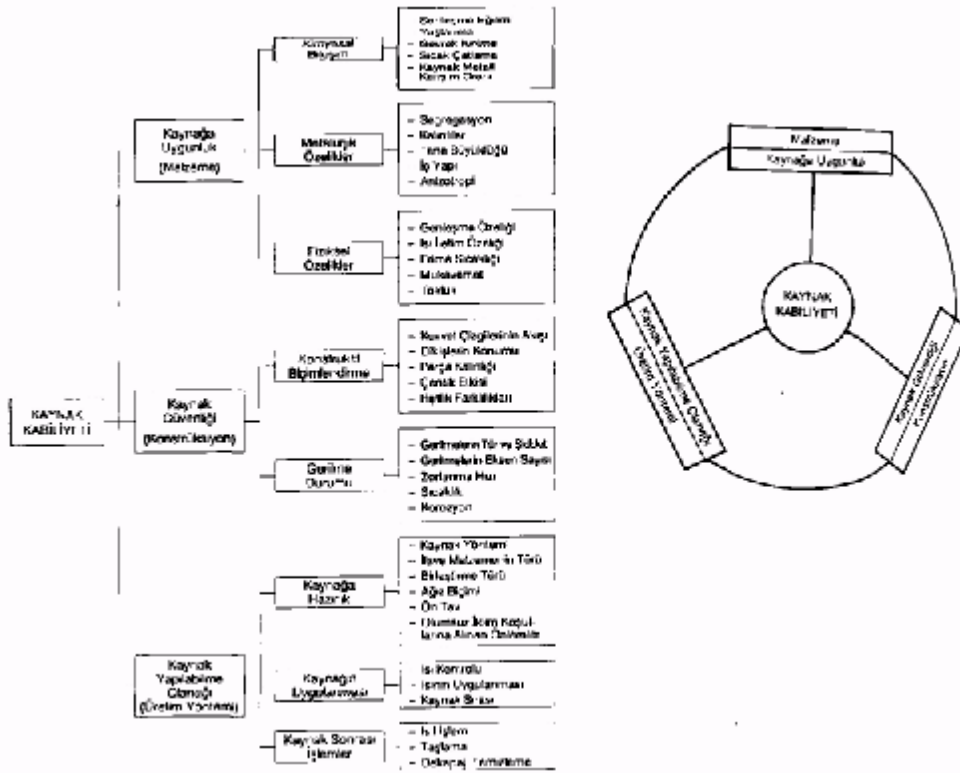
Yukarıdaki tariftten de anlaşılacağı üzere, kaynak kabiliyeti yalnız malzemeye bağlı bir özellik değildir. Aynı zamanda, kaynak usulüne ve kaynaklı konstrüksiyona da bağlıdır. Bir metal veya alaşım, bir kaynak usulünde gayet iyi derecede bir kaynak kabiliyeti göstermesine rağmen, diğer bir usulde çok zayıf bir kaynak kabiliyetine sahip olabilir.

Bir malzemenin yüksek kaynak kabiliyetine sahip olması; kaynak şartları geniş bir aralıkta değişirken hiçbir tedbire gerek kalmadan, tatminkâr bir kaynak kalitesinin elde edilebilmesi demektir.

Düşük derecede kaynak kabiliyeti, tatminkâr bir netice alabilmek için özel tedbirlere ihtiyaç olduğunu ve kaynak şartlarının çok dar limitler arasında tutulmasının gerektiğini ifade eder.

Kaynak kabiliyetinin derecesini belirten özellikler, malzemenin tipine göre değişir. Meselâ; birçok çelik malzemenin kaynağında iyi mekanik özellikler elde etmek istenirken, ostenitik paslanmaz çeliklerde ısının tesiri altındaki bölgenin korozyona dayanıklı olması istenir.

Kaynak kabiliyeti deyimi kaynağa elverişlilik, konstrüksiyonun kaynak emniyeti ve imalâta kaynak yapılabilme kavramlarını içine alır. Bu kavramlarda malzeme, imâl usulü ve konstrüksiyonun etkisi altındadır. (Şekil II.1). Bir malzemenin kaynak kabiliyetinden söz edebilmek için en azından aşağıdaki iki şart gerçekleşmelidir:



Şekil II.1.- Kaynak kabiliyetinin imâl usulü, malzeme ve konstrüksiyon açısından ifadesi

a-) Parçaların belirli bir kaynak usulü ile birleştirilebilmesi mümkün olmalıdır, (kaynağa elverişlilik deyimi).

b-) Kaynak edilen malzeme, maruz kalacağı zorlamalara dayanmalıdır (kaynak emniyeti deyimi).

Bir konstrüksiyonun kendisinden beklenenleri sağlaması malzeme, konstrüksiyon, imâl usulü ve işletme zorlamaları gibi faktörlerin tesiri altındadır. Hatalı bir durum ortaya çıktığı zaman, bütün kusur malzemeye yüklenemez. Diğer faktörler de göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle; kaynak konstrüktörü, malzeme mühendisi ve işletme mühendisi birlikte çalışmak mecburiyetindedir. İyi tasarlanmış bir konstrüksiyon, seçilen malzeme ile bir dereceye kadar gerçekleştirilebilir. Fakat bu konstrüksiyonun

bekleneni tam olarak verebilmesi için, uygun bir imâl usulünün de seçilmesi gerekir.

Pratikte kaynak kabiliyetinin ifadesi olarak "iyi kaynak edilebilir", "kaynak edilebilir" ve "şartlı olarak kaynak edilebilir" deyimleri kullanılır. Bu deyimlerin manaları çelik malzeme için şöyle ifade edilebilir:

a-) İyi kaynak edilebilir: Malzemenin hiçbir ön ve nihai tavlama ihtiyacı olmadan kaynak edilebileceğini ifade eder.

b-) Kaynak edilebilir: Kaynak yapılacak malzemenin kalınlığı arttıkça, bir ön tavlama gerekir. Bu tür malzeme için, kaynak edilebilir deyimi kullanılır.

c-) Şartlı olarak kaynak edilebilir: Bu tür malzemede ya karbon oranı yüksektir veya bileşiminde çeşitli alaşım elemanları vardır. Kaynaklı bağlantının geçiş bölgesinde sertleşme ve çatlama tehlikeleri sebebiyle, özel tedbirler alınmalıdır. Ön tavlama tatbik edilmeli ve soğuma kontrollü olmalıdır.

2.1.- Çeliklerin eritme kaynağında kaynak kabiliyeti

Endüstrideki geniş kullanma alanları sebebiyle çelik malzemelerde kaynak kabiliyetinin incelenmesi gereklidir. Alaşimsız veya hafif alaşımlı yüksek mukavemetli bir çeliğe iyi bir kaynak kabiliyetine sahiptir diyebilmek için, aşağıdaki iki şartın bir arada bulunması gerekir:

a-) Kaynaktan önce ve sonra iyi bir sünekliğe sahip olmalıdır,

b-) Kaynak metali esas metal ile karıştığı zaman, gevrek olmayan bir kimyasal bileşim sağlamalıdır.

Bu iki şartın gerçekleşmesine tesir eden faktörler şöyle sıralanabilir:

A-) Esas metal

- a.- Bileşim
- b.- Kalınlık
- c.- Isıl işlem durumu
- d.- Süneklik
- e.- Sıcaklık
- f.- Saflık derecesi ve homojenlik

B-) İlâve metal

- a.- Bileşim
- b.- Akma sınırı ve süneklik
- c.- Hidrojen muhtevası
- d.- Saflık derecesi ve homojenlik
- e.- Elektrod çapı (kaynak esnasında parçaya verilen ısı yönünden)

C-) Diğer faktörler

- a- Erime derecesi (ağız formu)
- b.- Rijidite
- c.- Form faktörü (geçiş durumu)

d.- Kaynak sırası

e.- Kaynakçının şahsiyeti

Yapı çeliklerinin kaynağında, kaynağın neticesine tesir eden en önemli faktör esas metalin bileşimidir. Bilhassa bileşimindeki karbon ve manganez oranı kaynak kabiliyeti bakımından çok önemli olup, maksimum miktarları sınırlandırılmıştır. Meselâ; gazı alınmış çelikler için İsveç'te maksimum karbon oranı %0,25 olarak tavsiye edilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri bu sınırı % 0.30'a çıkarmış ve daima bir ön tavlama önermiştir. Manganez ve diğer alaşım elemanlarının kaynak kabiliyeti üzerindeki tesirleri, karbon cinsinden ifade edilerek "karbon eşdeğeri" terimi ortaya atılmıştır. Karbon eşdeğeri çeşitli şekillerde ifade edilmiştir. Milletlerarası Kaynak Cemiyetinin karbon eşdeğeri aşağıdaki ifadeyle verilmektedir:

$$\%C_{eq} = \%C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$$

Karbon eşdeğerinden faydalanılarak bir yapı çeliği için gerekli ön tavlama sıcaklığı aşağıdaki tabloda olduğu gibi tavsiye edilmiştir.

<u>Karbon eşdeğeri (%)</u>	<u>Ön tavlama sıcaklığı (°C)</u>
0,45'e kadar	gerek yok
0,45-0,60 arası	100-200
0,60'dan yukarı	200-350

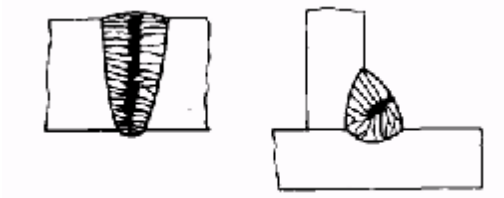
2.2.- Çeliklerin eritme kaynağında bağlantı bölgesi

Kaynak bölgesi genel olarak iki kısıma ayrılır. Bunlar eriyen bölge ve ısının tesiri altındaki bölgedir.

a-) Eriyen bölge

Kaynak banyosunda meydana gelen türbülansın dolayı, katılaşmadan önce iyice birbirine karışmış esas ve kaynak metalinden ibarettir. Bu karışımda esas metalin kaynak metaline oranı, kaynak usulü ve ağız biçimine bağlıdır. Belirli bileşim ve miktarlardaki kaynak metalin karışımından oluşan eriyen bölgenin hesaplanan bileşimi, kimyasal analiz neticeleri ile aynı değildir. Çünkü bazı elemanlar kaynak sırasında yanmakta ve kaybolmaktadır. Bu elemanların yanma derecesi; ısı membaı, kaynak yerini çevreleyen atmosfer ve kaynak usulüne bağlıdır.

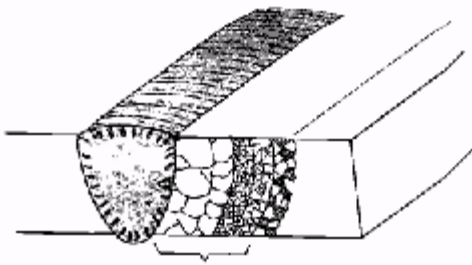
Eriyen bölgenin katılaşması, kendini çevreleyen esas metale ısı iletimi ile olur ve yapısı iri ve uzun tanelidir. Bilhassa kalın parçaların derin nüfuziyetli kaynağında, eriyen bölgenin ortasında segregasyondan dolayı bir boşluk oluşur (Şekil 11.2).



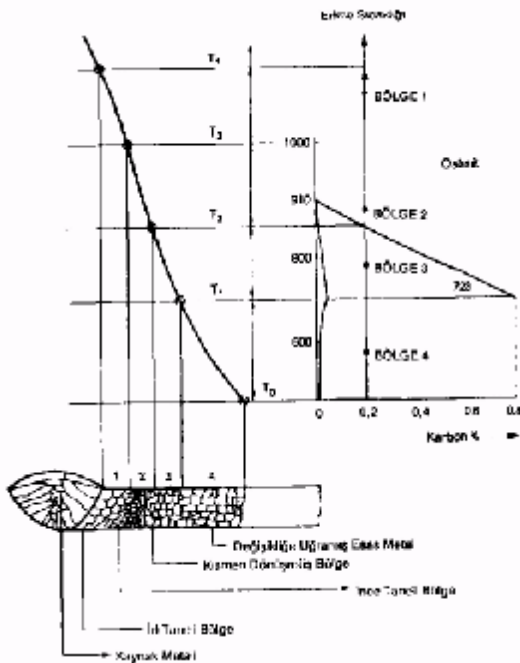
Şekil II.2.- Alın ve köşe birleştirmelerinde segregasyon bölgeler (siyah kısımlar).

b-) Isının tesiri altındaki bölge (ITAB)^{*}

Isının tesiri altındaki bölge, eriyen bölgenin esas metal ile birleştiği kısımdan itibaren takriben 1400 ilâ 700 °C arasında bir sıcaklığın etkisi altındaki bölgedir(Şekil II.3). Bu bölgedeki sıcaklık dağılımı, kaynak şartlarına bağlı olarak değişmektedir (Şekil II.4).



Şekil II.3.- Isının tesiri altındaki bölgedeki (ITAB) tane yapısı değişimi

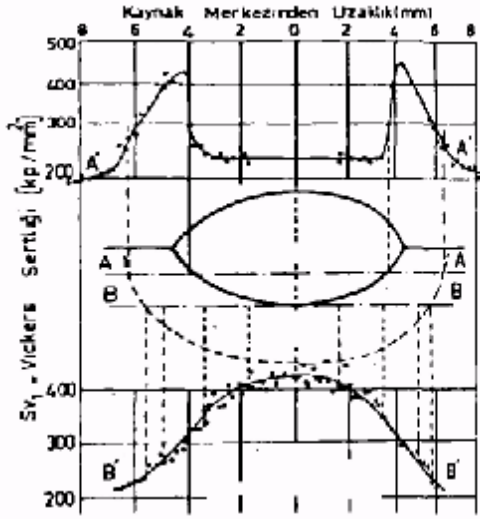


^{*} (ITAB) : Isının Tesiri Altındaki Bölge
(WEZ) : Wärmebeeinflusste Zone

(HAZ) : Heat Affected Zone
(ZTA) : Zone Thermiquement Affectée

Şekil 11.4.- Kaynak sırasında ısının tesiri altındaki bölge (ITAB)

ITAB'daki sıcaklık dağılımı ve soğuma hızının bilinmesi halinde, kaynaktan sonra bu bölgede meydana gelecek iç yapının tespiti mümkün olmaktadır, %0,25'in üzerinde karbon ihtiva eden alaşımsız yapı çelikleri ve yüksek mukavemetli hafif alaşımlı yapı çeliklerinde ısının tesiri altındaki bölgenin 900 °C'nin üzerinde tavlanan kısımlarında çok sert bir yapı meydana gelir. Bu yapı gevrek kırılmalara çok uygun bir yapıdır. ITAB'de çatlak oluşumunu önlemek için Milletlerarası Kaynak Enstitüsünün kaynak Kabiliyeti komisyonu bu bölgenin maksimum sertliğinin 350 Vickers değerini aşmamasını tavsiye etmiştir. Bir alın kaynağında ITAB'daki sertlik dağılımı Şekil 11.5'de görüldüğü gibidir.



Şekil 11.5.- Yüksek mukavemetli bir çeliğin kaynağında ITAB'de sertlik dağılımı.

3.- Elektrik direnç kaynağında kaynak kabiliyeti

Elektrik direnç kaynağında, birleştirilecek parça malzemenin cinsine göre elektrik akımının geçişine büyük bir direnç gösterir. Bunun sonucu olarak, parçalar ısınır. Ohm kanununa göre ısıya dönüşen elektrik enerjisi aşağıdaki ifadeyle belirlenir:

$$N_s = I^2 \cdot R$$

Burada; N_s : Isı enerjisine dönüşen elektrik enerjisi

L : Kaynak yapılan parçadan geçen akım şiddeti (kaynak akım şiddeti)

R : Kaynak yapılan parçanın elektrik direnci

Yukarıdaki ifadeden, elektrik direnç kaynağında kaynak kabiliyetinin malzemenin cinsine bağlı olduğu ortaya çıkmaktadır. Elektrik direncinin düşük olması; ortaya çıkan ısı miktarını azaltacağından, kaynak yapılması güçleşir. O halde; elektrik iletkenliği yüksek bir malzemenin kaynak kabiliyeti, elektrik iletkenliği düşük malzemeye göre daha kötüdür. Elektrik direnç kaynağında kaynak kabiliyetinin tarif

edilmesinde malzemenin ısı iletkenliğinin ve erime noktasının da göz önüne alınması gerekmektedir.

Isı iletkenliğinin yüksek olması, kaynak için gerekli ısı yoğunlaşmasını zorlaştırmaktadır. Bu sebepten ısı iletkenliği yüksek bir malzemenin elektrik direnç kaynağında kaynak kabiliyeti düşük olmaktadır. Diğer taraftan erime noktasının yüksek olması, kaynak için gerekli ısı miktarını artırmaktadır.

Yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı malzemenin elektrik iletkenliği, ısı iletkenliği ve erime noktası

$$S = \frac{10^4}{\alpha \cdot \lambda \cdot t_e}$$

göz önüne alınarak elektrik direnç kaynağında kaynak kabiliyeti aşağıdaki ifadeyle verilebilir:

Burada; S : Kaynak kabiliyeti faktörü

α : Elektrik iletkenliği (m/n.mm²)

λ : Isı iletkenliği (cal/cm.sn.°C)

t_e : Erime noktası (°C)'ni gösterir.

Yukarıdaki ifade ile bulunan kaynak kabiliyeti faktörlerine göre elektrik direnç kaynağında kaynak kabiliyeti aşağıdaki biçimde değerlendirilir:

<u>Kaynak kabiliyeti faktörü</u>	<u>Kaynak kabiliyetinin durumu</u>
0,25'e kadar	Kötü
0,25-0,75 arası	Yeterli
0,75-2,0 arası	iyi
2,0'den yukarı	çok iyi

Tablo II.1'de bazı metallerin fiziksel özellikleri ile kaynak kabiliyeti faktörleri, Tablo II.2'de ise bazı alaşımların fiziksel özellikleri ve kaynak kabiliyeti faktörleri verilmiştir. Bu tabloların incelenmesinden meselâ; saf bakırın kaynak kabiliyeti çok kötü iken (S =0,18), bakır alaşımı olan pirincin kaynak kabiliyeti çok iyidir (S =3,2).

Tablo II. 1.- Bazı metallerin fiziksel özellikleri ile kaynak kabiliyeti faktörleri

Metaller	Elek.ilet. a(m/2 mm)	Isı ilet. (cal/cm. s.°C)	Erime nok. t_e (°C)	Kaynak Kab.Fak. S	Kaynak Kabiliyeti durumu
Alüminyum	36	0,53	659	0,79	İyi
Demir	10	0,16	1530	4,1	Çok iyi
Altın	45	0,74	1063	0,28	Yeterli
Kobalt	11	0,17	1490	3,6	Çok iyi
Bakır	56	0,94	1083	0,18	Kötü
Magnezyum	22	0,41	650	1,7	İyi
Molibden	21	0,33	2620	0,55	Yeterli
Nikel	11	0,21	1453	3,0	Çok iyi
Platin	9	0,17	1770	3,7	Çok iyi
Gümüş	62	1,1	960	0,15	Kötü
Tantal	6,5	0,13	2850	4,1	Çok iyi
Titan	1,85	0,041	1660	79,0	Çok iyi
Tungsten	18	0,40	3380	0,41	Yeterli

Tablo II. 2.- Bazı alaşımların fiziksel özellikleri ile kaynak kabiliyeti faktörleri.

Alaşımlar	Elek.ilet. a(m/9 mm)	Isı ilet. (cal/cm. s.°C)	Erime nok. t ₀ (°C)	Kaynak Kab.Fak. S	Kaynak Kabiliyeti durumu
Karbonlu					
Çelik	6,0		0,12 1490	9,3	Çokiyi
Östenit	3,5	0,05	1420	40,0	Çokiyi
Mağnezyum					
Alaşımları	16,0	0,28	620	3,6	Çokiyi
Al Mg3	20,0	0,37	625	2,2	Çokiyi
Al Mg5	16,5	0,28	605	3,6	Çokiyi
Al Mn	25,0	0,41	645	1,5	İyi
Al Mg Mn	22,0	0,35	630	2,1	Çokiyi
Al Mg Cu	27,5	0,37	590	1,7	İyi
Al Mg Si	31,0	0,42	620	1,2	İyi
Çinko	17,0	0,25	400	5,9	Çokiyi
Alaşımları					
Pirinç	12,0	0,28	925	3,2	Çokiyi
Alüminyum					
Alaşımları	22,0	0,37	610	2,0	İyi

4.- Literatür

(1) ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Tekniği Cilt III"

İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 1030, 1975

(2)- ANtK, Selâhaddin- TÜLBENTÇİ, Kutsal (Baggerud)

"Kaynak Metalürjisi"

İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 670, 1966

(3)-) LINNERT, G.E.

"Welding Metallurgy (Iron and Steel)"

Amerikan Welding Society, 1967

(4)- ANIK, Selâhaddin

"Metal ve alaşımlarda kaynak kabiliyeti"

Sakarya D.M.M.A. Dergisi, sayı MMA-3, 197

(5)- SEFERIAN, D.-CHEVENARD, P.

"Metallurgie de la Soudure"

Dunod, Paris, 1965

(6)- ANIK, Selâhaddin- DİKİCİOĞLU, Adnan

"Yapı Çeliklerinin Kaynak Kabiliyeti"

Gemi Mühendisliği Dergisi, Sayı 100, Nisan 1986

(7)- RUGE, J.

"Handbuch der Schweisstechnik- Band I: Werkstoffe"

Springer- Verlag Berlin- Heidelberg- New York, 1980

(8)- ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Teknolojisi El Kitabı"

Ergür Matbaası, 1983

III. BÖLÜM

GAZ ERİTME KAYNAĞI

1.- Tarifi ve prensibi

Kaynak için gerekli ısının biri yanıcı, diğeri yakıcı olan gazların yakılmasıyla oluşan alevden faydalanılarak yapılan kaynağa "gaz eritme kaynağı" adı verilir. Yakıcı gaz olarak büyük ekseriyetle oksijen kullanılır. Yanıcı gaz olarak ise aşağıdaki gazlar kullanılmaktadır:

- Asetilen (C_2H_2)
- Hidrojen (H_2)
- Metan (CH_4)
- Propan (C_3H_8)
- Bütan (C_4H_{10})
- Propan- Bütan karışımı ($C_3H_8 - C_4H_{10}$)
- Havagazı
- Benzin ve benzol buharı

Yukarıdaki yanıcı gazlardan bazılarının fiziksel özellikleri tablo III.1'de görülmektedir. Tablo III.1'deki yanıcı gazların fiziksel özelliklerinin incelenmesinden, çok farklı değerlere sahip oldukları görülür.

Tablo III. 1.- Yanıcı gazların fiziksel özellikleri.

Gazlar Özellikler	Asetil en C_2H_2	Hidro jen (H_2)	Prop an	Büta n (C_3H_{10})	H avagazı
Isıl değeri (kcal/m ³)	1360 0	2580	2170 0	2830 0	4 200
Alev sıcak. (°C)	3120	2280	2780	2500	2 000
Tutuşma hızı (cm/sn)	1350	890	450	450	7 05

Gaz eritme kaynağında kullanılacak gazın seçiminde aşağıdaki şartlar göz önüne alınır:

- a-) Yüksek bir ısıl değer,
- b-) Yüksek bir alev sıcaklığı
- c-) Yüksek bir tutuşma hızı,
- d-) Kaynak banyosunu havaya karşı koruma,
- e-) Artıksız bir yanma,

f-) Ucuz ve kolay üretilebilme.

Yukarıdaki şartları en iyi şekilde yerine getiren gaz, asetilendir. Bu sebepten ekseriyetle gaz eritme kaynağında asetilen gazı kullanılır ve gaz eritme kaynağına "oksi-asetilen" kaynağı da denir.

2.- Asetilen gazı

Karpitin su ile teması sonucunda elde edilen bir gazdır. 760mm cıva basıncı ve "C'de özgül ağırlığı 1,17 kg/m³ olup, havadan hafiftir. Bir kilogramı 760 mm cıva basıncında ve 0 "C'de 854 litredir. Asetilen, içerisindeki fosforlu hidrojen sebebiyle sarımsağimsi bir kokuya sahiptir. Asetilen atmosferik basınçta 80 °C'de sıvı ve -83 "C'de katı hale geçer.

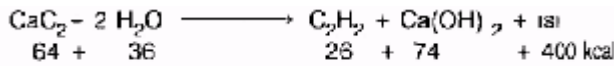
Asetilen hava ve oksijenle çok tehlikeli karışımlar meydana getirir ve bu karışımların patlaması, büyük zararlara yol açar. Asetilenin hava ve oksijenle yaptığı patlayıcı gaz karışımları aşağıdaki oranlardadır:

Oksijen ile %2,3 ilâ %93 nispetinde asetilen

Hava ile %1,5 ilâ %82 nispetinde asetilen

Asetilen kararsız bir karbonlu hidrojen olduğu için, ayrışma meyli fazladır. 1,5 atmosferden daha yüksek bir basınçla sıkıştırıldığı ve sıcaklığı da arttığı zaman, kendisini oluşturan karbon ve hidrojene ayrılır. Bu esnada tutuşma ve yanma olmadan, 11 misli bir basınç artışıyla infilak eder. Bu sebepten asetilen cihazlarında 1,5 atmosferden yüksek basınçlara izin verilmez. Basınç 2 atmosferi aştığı zaman özel emniyet tedbirleri alınmadığı takdirde, bir noktadan başlayan ayrışma bütün gaz kütesine yayılır. Diğer taraftan sıcaklığında fazla yükselmesine izin verilmemelidir. Basınç ve sıcaklık için kabul edilen sınırlar, 1,5 atmosferde 60 "C'dir.

Asetilen üretimi sırasında aşağıdaki reaksiyon meydana gelir:



Yukarıdaki kimyasal reaksiyon incelenirse 1 kg karpit için;

$$\frac{36}{64} = 0,562 \text{ kg suya ihtiyaç vardır.}$$

$$\text{Bu reaksiyon neticesinde } \frac{74}{64} = 1,15 \text{ kg Ca(OH)}_2 \text{ ve } \frac{26}{64} = 0,406 \text{ kg (350 lt) Asetilen}$$

elde edilir. Bu değerler teorik değerlerdir. Pratikte 1 kg karpitin 250 litre asetilen verdiği kabul edilir. Reaksiyon neticesinde meydana gelen 400 kcal'lık ısı ile, 10 litre su 40 °C ısıtılabilir.

Asetilen üretiminde kullanılan karpit (CaC₂) ark fırınlarında kireç taşı ile kok kömürünün arasındaki reaksiyon sonucunda elde edilir. Bu üretimde bir ton karpit için, 3000 ilâ 3500 Kwh'lik elektrik enerjisine ihtiyaç vardır. Karpit genel olarak tane büyüklüğüne göre sınıflandırılır. Meselâ DIN 53922'ye göre bu sınıflandırma aşağıdaki biçimdedir:

2-4 mm]	ince taneli karpit
4-7 mm		
7-15 mm]	Orta taneli karpit
15-25 mm		
25-50 mm]	İri taneli karpit
50-80 mm		

Karpitin tane büyüklüğüne bağlı olarak 1 kg'ından elde edilecek asetilen miktarı değişmektedir. Kimyasal olarak saf karpitin bir kilogram'ından 760 mm cıva basıncında ve 0 °C'de 350 litre, yine aynı basınç ve 15 °C'de 372 litre asetilen elde edilmektedir. Uygulamada kullanılan karpitin verdiği asetilen miktarı ise tane büyüklüğüne bağlı olarak aşağıdaki gibidir:

Tane büyüklüğü (mm)	1 kg teknik karpitin verdiği asetilen (litre)
4 - 15	260
15 - 25	280
25 - 80	300

Ayrıca karpitin su ile temas ederek asetilen haline dönüşme hızı da tane büyüklüğüne bağlıdır. Tane büyüklüğüne bağlı olarak 1 kg teknik karpitin asetilen haline geçme süresi aşağıda tablo halinde

Tane büyüklüğü (mm)	1 kg teknik karpitin gaz haline geçiş süresi haline geçiş süresi (dak)
2 - 4	3
4 - 7	10
7 - 15	13
15 - 25	14
25 - 50	15
50 - 80	24

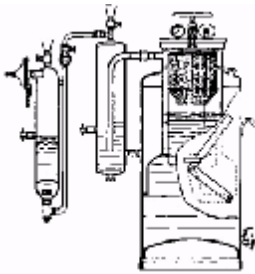
verilmiştir:

3.-Asetilen istihsal (üretim) cihazları

Karpitin su ile temasını sağlayarak asetilen elde edilmesinde kullanılan vasıtalara, "asetilen istihsal cihazları" veya "karpit kazanları" adı verilir. Asetilen istihsal cihazları çeşitli biçimlerde sınıflandırılır. Bu sınıflandırmalar aşağıda verilmiştir.

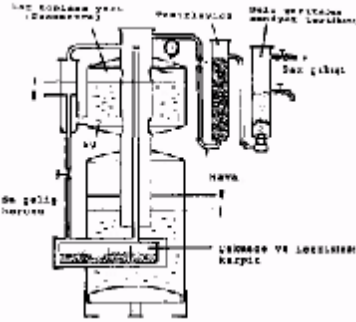
A-) Karpitin su ile temas şekline göre

a.- Daldırma sistemli (sepetli) cihazlar: Bu tip cihazlar metal bir sepet içerisine konan iri taneli karpitin, sepetle beraber suya daldırılmasıyla çalışır (Şekil III.1).



Şekil III. 1.- Daldırma sistemli istihsal cihazı

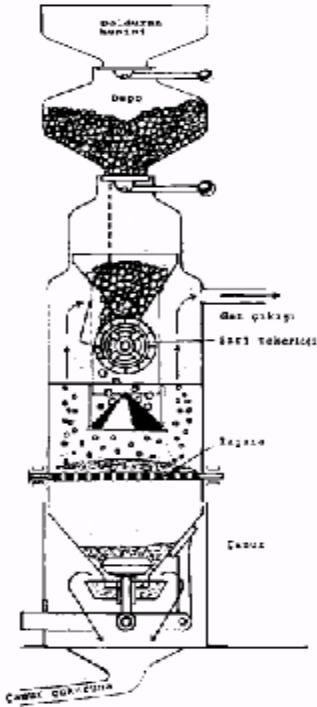
b.- Akıtma sistemli (çekmeceli) cihazlar: Metalden yapılmış ve bölmelere sahip çekmecelerde bulunan karpit üzerine suyun akıtılmasıyla çalışır (Şekil III.2).



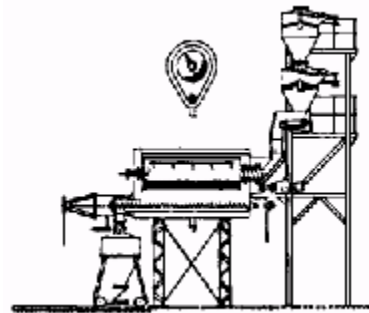
Şekil III.2.- Akıtma sistemli istihsal cihazı.

c- Düşürme sistemli cihazlar: Karpitin suya düşmesiyle çalışır (Şekil III.3).

d.- Püskürtme sistemli cihazlar: Suyun karpit üzerine püskürtülmesiyle çalışır (Şekil III.4).



Şekil III. 3. Şekil III.3- Düşürme sistemli istihsal cihazı



Şekil III.4.- Püskürtme sistemli cihazlar

Yukarıdaki istihsal cihazlarından ilk üç tanesinde üretim sonunda meydana gelen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ çamur halindedir. Püskürtmeli sistemde ise, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ toz halinde olup; bu tür cihazlara çamursuz asetilen cihazları da denir. Asetilen üretiminde artan çamurun atılmasında çok itina gösterilmelidir, çöp bidonlarına atılmamalıdır. Aksi halde çamurdan çıkabilecek asetilen, patlayıcı karışımlar meydana getirebilir. Karpit çamuru, açılan özel çukurlara doldurulmalıdır.

B-) Karpit kapasitesine göre

a.- Montaj tipi istihsal cihazları: Bu tür kazanlar en çok 2,5 kg'a kadar karpit alırlar ve montaj işlerinde kullanılırlar.

b.- Atölye tipi istihsal cihazları: 2 ilâ 20 kg arasında karpit alabilirler ve genellikle atölyelerde kullanılırlar. Bu tip bir cihaz için atölyede en az 20 m²'lik alan ve 60 m³'lük bir hacim gereklidir.

c.- Sabit tip istihsal cihazları: 20 kg'dan fazla karpit alabilen bu cihazlar için özel kazan dairelerine ihtiyaç vardır. Asetilen kullanma yerlerine, boru şebekeleri ile dağıtılır. Kazan daireleri ve içleri, belirli kaidelere göre tertiplenmelidir.

C-) İstihsal edilen gazın basıncına göre

a.- Alçak basınçlı istihsal cihazları: Elde edilen asetilenin basıncı en fazla 0,03 atmosferdir.

b.- Orta basınçlı istihsal cihazları: Üretilen gazın maksimum basıncının 0,2 atmosfer olduğu cihaz cinsidir.

c.- Yüksek basınçlı istihsal cihazları: Maksimum gaz basıncının 1,5 atmosfer olduğu cihazlardır.

D-) Kullanılan karpitin cins ve büyüklüğüne göre

a.- Toz karpit cihazları: Çok az kullanılan bir cihaz tipidir ve yalnız sabit tesislerde bulunur.

b.- İnce taneli karpit cihazları: 2-7 mm arasında tane büyüklüğünde karpit kullanılan cihazlardır.

c.- Külçe karpit kullanan istihsal cihazları: İri taneli külçe karpitlerin (25-80 mm) kullanıldığı cihazlardır.

d.- Biriket karpit kullanan istihsal cihazları: Toz karpitin bir yapıştırıcı ile preslenmesi neticesinde elde edilen biriketlerin kullanıldığı cihazlardır.

3.1.-Asetilen istihsal cihazının kısımları

İstihsal cihazlarının üzerinde ölçmeler ve emniyet için bazı sistemler vardır. Bunlardan önemlileri aşağıda ele alınacaktır.

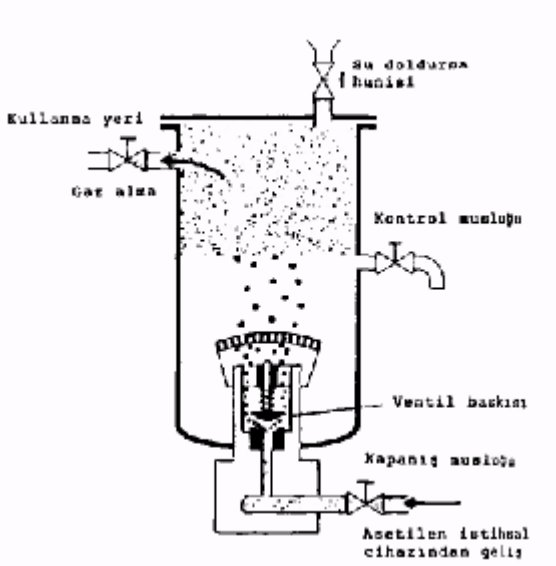
A-) Sulu geri tepme emniyet tertibatı: Karpit kapasitesinin 1 kg'ı aştığı cihazlarda bulunan bir emniyet tertibatıdır (Şekil III.5). Sulu geri tepme tertibatı genel olarak, patlayıcı karışımların meydana gelmesini önler. Bu görevi aşağıdaki tarzlarda gerçekleştirir:

a-) Üfleçten geri tepen oksijenin kazana veya boru şebekesine geçmesini önler,

b-) Geri tepen alevi söndürür,

c-) Alçak ve orta basınçlı cihazlarda, havanın emilerek *kazana* girmesini önler.

Her kullanma yerinde bir emniyet tertibatı olmalıdır ve bir sulu geri tepme cihazına genel olarak birden fazla üfleç bağlanmamalıdır.



Şekil III. 5.- Sulu geri tepme emniyet tertibatının görünüşü.

B-) Emniyet ventili ve manometresi: Yüksek basınç istihsal cihazlarında, basıncın 1,5 atmosferi geçmesi halinde, otomatik olarak açılan ve basıncı düşüren tertibattır. Bunun yanında kazan içerisindeki basıncı gösteren bir manometre vardır. Bu manometre üzerinde 1,5 atmosferin yeri kırmızı olarak işaretlenmiştir.

C-) Basınç regülatörü: Alevin sağladığı üflece gelen asetilen gazı basıncının mümkün olduğu kadar sabit olması istenir. Tüplerden sağlanan asetilenin kullanılmasında bu şart, basınç düşürme manometreleriyle sağlanır. Asetilenin cihazdan elde edilerek kullanıldığı hallerde basıncın sabit tutulması, cihaz ile sulu geri tepme emniyet tertibatı arasına konan bir basınç düşürme regülatörüyle temin edilir.

4.- Erimiş asetilen

Asetilen, istihsal cihazından elde edildikten sonra gaz halinde hemen kullanılabilir gibi; tüplere doldurularak, daha sonra ve başka mahallerde kullanılması da mümkündür. Böylece büyük kolaylıklar elde edilmektedir.

Asetilenin tüplere doldurulmasında bazı zorluklar ortaya çıkmaktadır. 1,5 atmosferlik sınıra uyularak yapılacak tüp doldurmalar ekonomik değildir. Yüksek basınçlarda ve fazla miktarlarda asetilenin doldurulması gerekir. Asetilenin yüksek ayrışma meyli bunun gerçekleştirilmesini zorlaştırmaktadır. Bir yerden başlayan ayrışma bütün kütleye yayılmakta ve bir yanma olmadan, basınç 11 kat artmaktadır. Bu ayrışmanın ve ayrışan kısımların yayılmasını önlemek için aşağıdaki tedbirler ele alınabilir:

- a-) Ayrışmanın bütün kütleye geçmemesi için, gazın serin tutulmasına çalışılır,
- b-) Gaz, gözenekli (poröz) maddelere iyice yayılmalıdır.
- c-) Gaz, aseton gibi sıvılarda eritilmelidir.

Gazların serin tutulmasına bilhassa doldurma sırasında önem verilir ve doldurmada tatbik edilen basınç (15 atmosfer), üç kademeye ayrılır. Kademeler arasında basıncın meydana getirdiği ısı, soğutucu spirallerle alınır. Asetilen tüplerinde gözenekli madde olarak, %25 yer işgal eden poröz madde bulunur. Tüplerde geri kalan hacmin %38'ini aseton kaplar ve aseton gözenekli madde tarafından emilir. Tüplerde son %8'lik hacim ise, emniyet olarak bırakılır.

Normal endüstriyel tüplerde 15 litre aseton bulunur ve 15 atmosfer basınçta 1 litre asetonda 400 litre asetilen erir. Buna göre 15 atmosferlik basınçta doldurulan bir asetilen tüpü, $15 \times 400 = 6000$ litre asetilen ihtiva eder. Bu asetilen erimiş haldedir.

6000 litre erimiş asetilen ihtiva eden normal tüpler 40 litreliktir. Son zamanlarda geliştirilen tüpler, 10000 litreye kadar asetilen ihtiva edebilmektedir. Bu tüplerin hacmi 50 litredir. Böylece bu ağırlık 1/11'den 1/6'ya düşürülmüş olur.

Tüplerden asetilen kullanılırken bazı kaidelere uymak gerekir. Normal bir tüpten kısa bir süre için saatte en çok 1000 litre ve sürekli kullanma halinde ise en çok 600 litre asetilen çekilebilir. Bu değerlerden fazla alınması halinde, tüpteki asetonun da dışarı çıkma tehlikesi vardır. Bu değerlerin üzerine çıkılması gerekirse, birden fazla tüpün müştereken kullanılması gerekir. Bunlar tüp bataryaları olarak adlandırılır.

Tüp asetileninin biraz pahalı olmasının yanında, istihsal cihazından elde edilene göre pek çok üstün tarafı da vardır. Bu üstünlükleri şöyle sıralanabilir:

- a-) Tüp asetileni temizdir.
- b-) Tüp asetileni her türlü hava şartlarında ve her yerde kullanılabilir.
- c-) Tüp asetileni kısa bir süre kullanılacak bile olsa, gazın alınması kolaydır. Yani inkıtalı kullanmaya uygundur,
- d-) Tüp asetileni kolayca taşınabilir,
- e-) Tüp asetileni kazalara karşı geniş ölçüde emniyetlidir.
- f-) Kireç çamuru gibi artıkların atılması meselesi, tüp asetilende söz konusu değildir.
- g-) Tüp asetileni, istihsal cihazından elde edilen asetilene göre biraz daha pahalıdır.

5.- Oksijen gazı

Kaynak tekniğinde kullanılan oksijen günümüzde havadan elde edilmektedir. Başlangıçta C.V. Linde usulüyle üretilmekte olan oksijen %99 saflıkta idi. Yaklaşık 50 yıl önce kaynak tekniğinde kullanılmak üzere gaz halinde nakledilirdi. Daha sonraları oksijenin nakliye ve depolanmasında ekonomi sağlamak üzere, sıvı hale getirilmesi uygun olmuştur. 1 litre sıvı oksijenden 875 litre gaz oksijen meydana gelirken, gaz halinde 1 litre hacme 150 litre oksijen depolanabilir.

Gaz oksijen kokusuz, tatsız ve renksiz olup; kendisi yanmaz. Fakat bütün yanmalarda mutlaka bulunması gerekir. Sıvı oksijen mavimsi renkte olup, -183 °C'de buharlaşır. Bir tehlike olmaksızın oksijen istenen basınca sıkıştırılabilir. Kaynak tekniğinde 150 °C'de sıkıştırılmış 40 litrelik tüplerde bulunur. Boyle-Maryot kanununa göre 40 litrelik tüpteki oksijen miktarı:

$$P.V. = 150 \times 40 = 6000 \text{ litre} = 6 \text{ m}^3$$

Oksijenin daha yüksek basınçlarda sıkıştırılmasını, tüp malzemesinin mukavemeti etkilemektedir. Son zamanlarda özel çelikten imâl edilen tüplerde 200 atmosferlik basınç değerlerine çıkılarak, 50 m³lük tüplerde 10 m³ oksijenin depolanması mümkün olmuştur. Böylece birim gaz miktarı (1/9 yerine 1/5 veya 1/4) başına taşınan tüp ağırlığı azaltılmış olmaktadır. Oksijenin depolama ve taşınmasını daha ekonomik hale getirmek için, sıvı hale getirilmesi gerekmektedir. Böylece %20 kadar bir hacim tasarrufu temin edilmektedir.

Fakat sıvı oksijenin depolama ve nakliyesinde kullanılacak tank ve tankerlerin çok iyi izole edilmesi gerekir. Çünkü sıvı oksijenin normal atmosferik basınçta sıcaklığı -183 °C'dir. Kullanma yerlerine getirilen sıvı oksijen, gazlayıcılar içerisinde bulundurulur.

5.1.- Oksijen tüplerinde basınç ayarı ve oksijen sarfiyatının hesaplanması

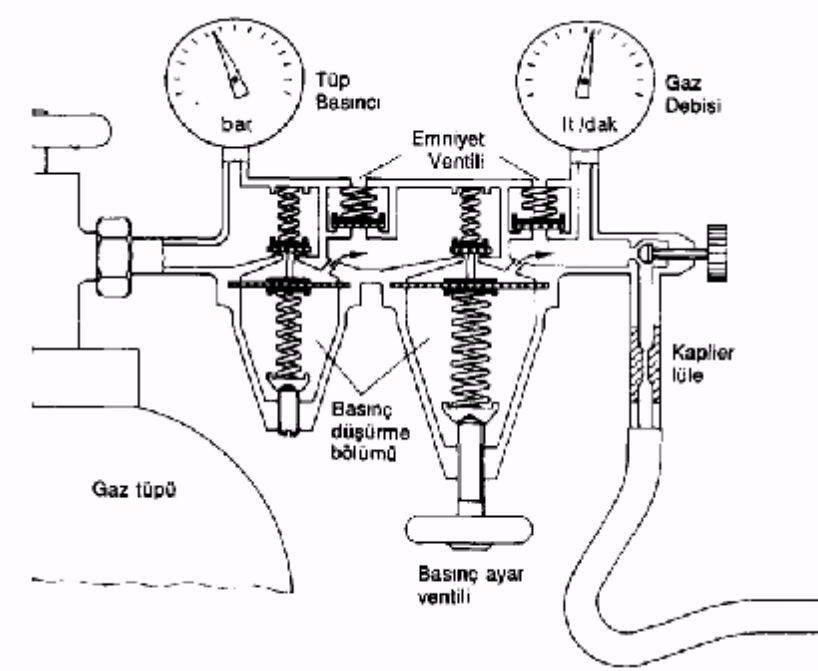
Tüpün basıncının (150 veya 200 atmosfer) kaynak için gerekli alevin meydana getirildiği üfleçteki kullanma basıncına düşürülmesinde "basınç düşürme manometrelerinden " faydalanılır. Manometreler tek veya iki kademeli olabilir. İki kademeli manometrelerde basınç önce 20 atmosfere, daha sonra da kullanma basıncına düşer (Şekil III.6).

Basınç düşürme manometreleri üzerinde iki tane manometre bulunur. Bunlardan tüpe yakın olan tüpün basıncını, ikincisi ise üfleçteki kullanma basıncını gösterir.

Bir kaynak işlemi yapılırken, ne kadar oksijen kullanılacağıının bilinmesi gerekir. Oksijen sarfiyatı kaynak işlemine başlamadan önce ve kaynak işleminden sonra tüp basıncının ölçülmesiyle hesaplanmaktadır. Meselâ; 40 litrelik standart bir oksijen tüpünün kaynaktan önceki basıncı 120 atmosfer ve kaynaktan sonraki basıncı 90 atmosfer ise, basınçtaki 120 - 90 = 30 atmosferlik azalma neticesinde harcanan oksijen miktarı:

$$40 \times 30 = 1200 \text{ litre (1,2 m}^3\text{)}$$

olur. Yapılan bu hesaplama yaklaşıktır, sıcaklığa bağlı olarak değişir. Sıcaklığa bağlı olarak hesaplamada bir düzeltme faktörü kullanılır. Meselâ; 120 atmosfer basınçtaki bir tüpte 40 x 120= 4800 litre gaz olması gerekirken, 40 x 120 x 0,94 litre gaz vardır.



Şekil III.6.- İki kademeli bir basınç düşürme manometresi (oksijen için)

5.2.- Oksijen tüplerinin muayenesi

Oksijen tüplerinin her beş sene bir hidrolik muayeneye tabi tutulması gerekir. Muayene basıncı, normal doldurma basıncının 1,5 katıdır. 150 atmosferde doldurulmuş bir tüpün muayene basıncı 225 atmosferdir. Bu muayeneden sonra tüpün boğazına muayene basıncı, muayene tarihi ve muayeneyi yapan müessesenin adı yazılır. Bundan başka her tüpün üzerinde aşağıdaki bilgilerin de bulunması gerekir:

- a-) Tüpü imâl eden müessesenin adı
- b-) Tüpün imâlat numarası
- c-) Doldurulan gazın adı
- d-) Tüpün boş ağırlığı
- e-) Tüpün litre olarak hacmi
- f-) Tüpün dolu ağırlığı
- g-) Doldurma basıncı

6.- Kaynak üfleçleri

Kaynak üfleçleri; yakıcı ve yanıcı gazların karıştırılarak, kaynak alevini meydana getirmeye yarayan gereçlerdir. Üfleçler üzerindeki vanalar yardımıyla, gaz karışım oranları ve hızlarının ayarlanmaları mümkün olmaktadır.

Bir üflecin litre cinsinden bir saatte verdiği asetilen miktarı, o üflecin gücü olarak ele alınmaktadır.

Her üflecin gücü yazılıdır. Pratikte oksii-asetilen kaynağında $O_2/C_2^{H_2}$ oranı üflecin gücüne göre 1,1

ilâ 1,3 arasında değişmektedir.

Normal kaynak üfleçleri tek alevlidir. Ayrıca çift alevli üfleçler de vardır. Çift alevli üflecin öndeki alevi parçayı ön tavlama tabi tutar, arkadaki alevi ise kaynak yapma işleminde kullanılır. Gaz karışımının oluşturulma biçimine göre 4 tip kaynak üfleci vardır:

a-) Enjektörlü (emme tipli) kaynak üfleçleri: Bu tür üfleçlerde yüksek basınç altında gelen oksijen gazı (2,5 atm.), asetilen gazını emer. Enjektörlü üfleçler, alçak ve yüksek basınçlı asetilen işlemlerinde kullanılır. Kaynak yapılacak levha kalınlığına göre kullanılacak üfleç değişir. Hangi levha kalınlığında, hangi üflecin kullanılacağı üfleç üzerindeki numaralardan belirlenir. Standart tip bir enjektörlü üflecin bek numaraları ve kaynak edilebilecek sac kalınlıkları aşağıdaki gibidir:

<u>Sac Kalınlığı</u>	<u>Üfleç Bek Numarası</u>
0,3-0,5 mm	1
0,5-1 mm	2
1-2 mm	3
2-4 mm	4
4-6 mm	5
6-9 mm	5
9-14 mm	7
14-20 mm	8
20-30 mm	9

Kaynak sırasında harcanan asetilen miktarının üfleç bek numaralarından faydalanılarak hesaplanması mümkündür. Meselâ 9 +14'lük bir kaynak beki kullanılması halinde harcanan asetilen miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\text{Asetilen sarfıyatı} = \frac{9+14}{2} \cdot 100 = 1150 \text{ litre/saat}$$

Şekil III. 7'de bir enjektörlü üflecin kısımları görülmektedir.



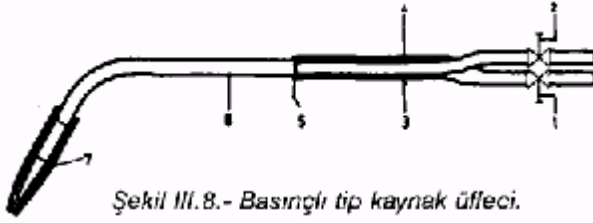
Şekil III. 7.- Enjektörlü (emme tipi) kaynak üfleci.

- 1.- Oksijen ventili
- 2.- Yanıcı gaz (asetilen) ventili
- 3.- Oksijen kanalı
- 4.- Asetilen kanalı

- 5.- Oksijen basınç memesi
- 6.- Karışım memesi
- 7.- Karışım borusu
- 8.-Ağız parçası (üflecin ucu).

b-) Enjektörsüz (basınçlı tip) kaynak üfleçleri:

Oksijen ve asetilenin, tablolarda veya işletmelerde verilen çeşitli basınçlarda üflece sevk edildiği üfleç tipidir. Bu tip üfleçlerde emme yoktur ve yüksek basınç işletmelerinde kullanılırlar. Şekil III.8'de enjektörsüz bir üflecin kısımları görülmektedir.

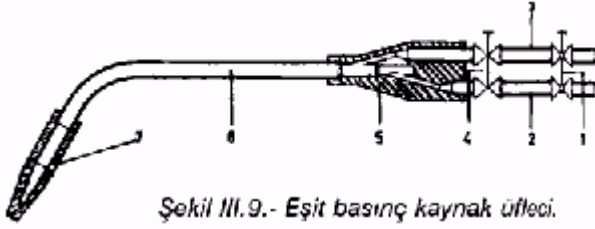


Şekil III.8.- Basınçlı tip kaynak üfleci.

- 1.- Oksijen ventili
- 2.- Yanıcı gaz (asetilen) ventili
- 3.- Oksijen kanalı
- 4.- Asetilen kanalı
- 5.- Karışımın başladığı kısım
- 6.- Karışım borusu
- 7.- Ağız parçası (üflecin ucu).

c-) Eşit basınçlı kaynak üfleçleri: Asetilen ve oksijenin basıncının üfleç hortumuna gelmeden önce özel bir basınç düşürücü tarafından eşit basınca düşürüldüğü üfleçlerdir. Bunlarda da bir emme yoktur ve yüksek basınç işlemlerinde kullanılırlar. Eşit basınçlı bir üflecin kısımları şekil III.9'da görülmektedir.

d-) Dış karışimli kaynak üfleçleri: Bu tür üfleçlerde asetilen ve oksijen, üflecin ağzından çıktıktan sonra karışır. Bu sebepten üflecin ucunda, serbest olarak dalgalanan bir alev meydana gelir. Dış karışimli üfleçler yalnız, tavlama üfleci olarak kullanılır.



Şekil III.9.- Eşit basınç kaynak üfleci.

- 1.- Oksijen-yanıcı gaz (asetilen) ayar ventilleri
- 2.- Oksijen borusu
- 3.-Asetilen borusu
- 4.- Oksijen-asetilen kapama ventilleri
- 5.- Karışım borusu
- 7.- Ağız parçası (üflecin ucu).

Üfleçler gayet hassas aletler olduğundan, kullanılmalarında dikkatli olmak lazımdır. Üfleç ağızlarının takılıp çıkarılmasında, ara somunlarının zedelenmemelerine dikkat edilmelidir. Isınan üfleçleri suya batırarak soğutmalı, kirlenen ağızlar tahta parçası üzerine sürülerek temizlenmelidir. Enjektörlü üfleçlerin gazı iyi emip, emmediği daima kontrol edilmelidir. Hortum bağlantılarının sızdırmazlığı, sık sık kontrol edilmelidir.

Yanıcı ve yakıcı gazın üflece sevkedilmesinde özel hortumlar kullanılır. Kalın cidarlı olan bu hortumlardan oksijen hortumları 40 ve asetilen hortumları ise 20 atmosferlik basınçlarla kontrol edilirler.

7.- Kaynak alevi

Gaz eritme kaynağında meydana gelen kaynak alevi incelenirken, oksijen-asetilen alevinin incelenmesi uygun olacaktır. Çünkü en çok kullanılan alev türüdür. Kaynak alevinin incelenmesinde ısı, kimyasal, endüstriyel ve ekonomik karakteristiklerinin incelenmesi gerekir. Böylece bizim için en uygun gaz karışımının tesbiti mümkün olur.

a-) Kaynak alevinin ısı karakteristiği: Kaynak yapılırken malzemenin bölgesel olarak eritilmesini sağlayan, kaynak alevinin ısı karakteristiğidir. Bu sebepten bir kaynak alevinin alev sıcaklığının mümkün olduğu kadar yüksek ve aynı zamanda, ısı değerinin de yüksek olması lazımdır. Isı karakteristik içerisine kaynak alevindeki sıcaklık dağılımı da girer.

b-) Kaynak alevinin kimyasal karakteristiği: Kaynak yapılacak malzemenin cinsine göre nötr, oksitleyici veya karbürleyici alev gerekebilir. Bu sebepten kaynak alevi istenen karakteri alabilmelidir.

c-) Kaynak alevinin endüstriyel karakteristiği:

Bu karakteristik, alevin kararlılık ve ayarlanabilme karakterini ifade eder. Alevin kararlılığı, yanma hızı ve yanıcı gaz ile oksijenin karışım oranına bağlıdır. Alevin ayarlanabilirliği, gaz karışımının alevlenebilme kabiliyeti sınırlarına bağlıdır.

d-) kaynak alevinin ekonomik karakteristiği: Bir alevin ekonomik karakteristiği denilince kaynağın yapılma hızı, yanma için gerekli oksijen miktarı akla gelir. Kaynağın hızı, alev sıcaklığına bağlıdır.

Oksijen miktarının artması, maliyeti artırır.

7.1.- Oksi-asetilen alevi

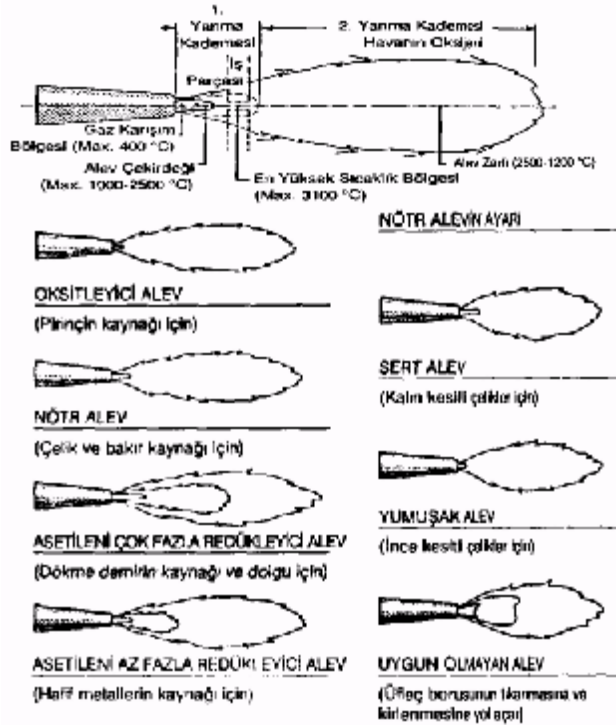
Yanma alevi teorik olarak, bir hacim asetilen ile bir hacim oksijenin yanmasıyla meydana gelir. Gerçekte ise 1 m³ asetilenin tam olarak yanabilmesi için, 2,5 m³ oksijene ihtiyaç vardır. Kaynak üflecine gelen 1 m³ asetilen için, oksijen tüpünden 1 m³ oksijen çekilir. Geriye kalan 1,5 m³ oksijende havadan temin edilir. Bu şekilde meydana getirilen aleve, nötr veya normal alev denir. Normal bir alev mızrak bölgesi, redükleyici bölge ve yelpaze bölgesi olmak üzere üç bölgeden meydana gelir. Bu bölgelerin özellikleri ve bölgelerdeki reaksiyonlar aşağıdaki şekildedir.

a-) Mızrak (çekirdek) bölgesi: Bu bölgede hiçbir reaksiyon meydana gelmez. Asetilen-oksijen karışımı, alevlenme sıcaklığının altında bulunur.

b-) Redükleyici bölge: Redükleyici gazların bulunduğu ve sınırları belirli bir şekilde olan mavimsi bölgedir. Stasyoner yanmanın meydana geldiği bölgedir. Gaz karışımının molekülleri bu bölgeyi çok hızlı olarak geçer ve sıcaklığın birdenbire yükselmesiyle, birinci kademe yanma adı verilen aşağıdaki reaksiyon meydana gelir:

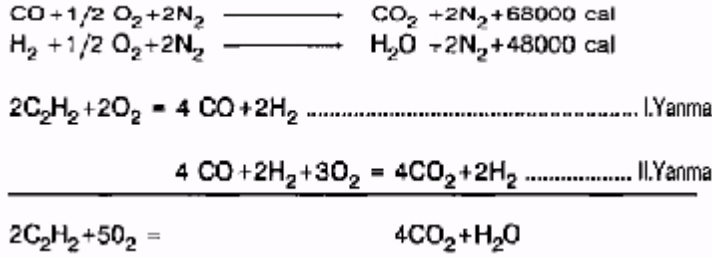


En yüksek sıcaklık, mızrak bölgesinin (yani çekirdeğin) ucundan itibaren 2-3 mm uzakta teşekkül eder. Bu uzaklık üflecın büyüklüğüne (gücüne) göre biraz değişebilir Redükleyici bölgede yalnız CO ve H₂ gazları vardır (Şekil III.10).



Şekil III.10.- Oksi-asetilen alevinde ulaşılan sıcaklıklar, değişik karakterli alevlerin şematik görünüşleri.

c-) Yelpaze bölgesi: Bundan önceki bölgelerin en dışında bulunan ve redükleyici bölge ürünleriyle havanın oksijeni arasında yanmanın meydana geldiği dış bölgedir. Alevin bu bölgesi her zaman oksitleyicidir ve bol miktarda azot ihtiva eder. Yelpaze bölgesinde çevredeki havanın oksijeni ile CO ve H₂ gazları arasında ikinci kademe yanma meydana gelir ve aşağıdaki reaksiyonlar oluşur:



Oksi-asetilen alevinin ısı karakteri ele alınacak olursa, en yüksek sıcaklığın mızrak bölgesinin ucundan itibaren 5 mm uzakta teşekkül ettiği görülmüştür. Mızrak bölgesinden yelpaze bölgesine doğru gittikçe sıcaklık hızla düşmektedir (Şekil III.10).

Oksi-Asetilen ana reaksiyonu yalnız CO ve H₂ redükleyici gazlarını verir (alevin kimyasal karakteristiği). 3000 °C'de diatomik hidrojen molekülü (H₂) dissosiasyona uğrayarak, hidrojen atomlarına (H) ayrılır, maksimum sıcaklık olan 3100 =°C'de alevdeki bileşenlerin oranları hacimsel olarak aşağıdaki gibidir:

CO : %61, H₂ : %22, H : %17

Diğer alev türlerinde yanma ürünleri Tablo III.1'de verilmiştir.

Tablo III. 1.- Kaynak alevlerinde yanma ürünleri.

Oksijenle Yakılan Gaz	Redükleyici Ürünler			Oksitleyici Ürünler		Nötr Ürünler
	H	H ₂	CO	H ₂ O	CO ₂	N ₂
Asetilen	17	22	61	-	-	-
Havagazı	7	28	20	38	5	2
Propan Bütan	5	29	36	25	5	-
Hidrojen	7	45	-	48	-	-

Asetilen ile Oksijen arasındaki karışım kabiliyeti ele alınırsa, oksi-asetilen alevinin endüstriyel karakteri incelenmiş olur. Asetilen ile oksijen arasındaki karışım oranlarının değiştirilmesiyle üç tip alev elde edilmektedir:

a-) Karbonlayıcı (redükleyici) alev: Asetilen miktarının fazla, yani O_2/C_2H_2 oranının 1'-den küçük olduğu alev türüdür. Asetilen miktarı arttıkça serbest karbon teşekkül eder ve alevin sıcaklığı düşer. Meselâ O_2/C_2 oranının 0,75 olması halinde sıcaklık 2929 °C olur ve %20 karbon teşekkül eder. Karbonlayıcı alev, dökme demir ve alüminyum-alüminyum alaşımlarının kaynağında kullanılır.

b-) Oksitleyici alev: Oksijen miktarının fazla olduğu, yani $O_2/C_2H_2 = 1,30...2,50$ arasında olan alev türüdür. Bu oranın 2,50 olması halinde alev sıcaklığı 3000 °C'ye düşer. Bunun sonucu olarak, CO_2 ve H_2O oksitlenme ürünlerinin oranı %50'yi bulur. Oksitleyici alev alevle doğrultma, tavlama ve sertleştirme, pirinç malzeme kaynağında kullanılır.

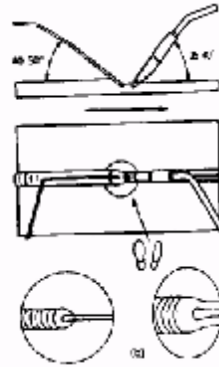
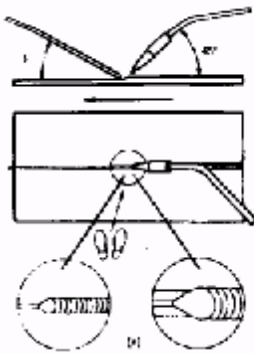
c-) Nötr (normal) alev: Asetilen ve oksijen miktarlarının eşit olduğu alev türüdür. Bu alev türü kendi içinde yumuşak ve sert normal alev olarak ikiye ayrılır. Yumuşak normal alev, ince cidarlı çeliklerin ve sacların kaynağında; sert normal alev ise, kalın cidarlı çelik ve levhaların kaynağında kullanılır.

8.- Oksi-asetilen kaynağında kullanılan kaynak usulleri

Üfleç ve kaynak telinin kaynak esnasında hareketi ve kaynağın yapılış yönüne göre, oksi-asetilen kaynağında iki temel usul vardır:

a- Sola kaynak usulü: İleri kaynak usulü olarak da adlandırılan bu usulde; kaynakçı kaynağa sağdan başlar ve sola doğru devam eder (Şekil III.11). Bu sırada üflece sağa-sola doğru hareket verilir ve kaynak teli (çubuğu) da alevin önünde çok hafif zikzaklar çizerek ilerler. Solak kimselerde bu yön terstir. Sola kaynak usulü genellikle ince saclara (4 mm'ye kadar) tatbik edilir ve kaynak dikişi kalitesi düşüktür. Nüfuziyeti ve kaynağın dış görünüşü ise, sağa kaynağa nazaran daha iyidir.

b-) Sağa kaynak usulü: Kaynak işlemine soldan başlanarak, sağa doğru devam edilir ve kaynak banyosu soldan sağa doğru akar (Şekil III.12). Solak kimselerde yine bu yön terstir. Üfleç imkân nispetinde sakın tutulur ve kaynak teli, alevin arkasından dairesel hareketler yaparak ilerler.



Şekil III. 11.- Sola kaynak usulü (şematik). Şekil III. 12.- Sağa kaynak usulü (şematik).

Böylece kaynak banyosu işlem esnasında karışarak, iyi bir nüfuziyet sağlar. Bu usul genellikle 3 mm'den kalın sacların kaynağında ekonomik olur. Kaynak dikişinin yavaş soğuması sebebiyle, dikişin

kalitesi (bilhassa uzama kabiliyeti) yüksektir. Sağa kaynak usulünde levha kalınlığına bağlı olarak gerekli değerler Tablo III.2'de görülmektedir.

Tablo III.2.- Sağa kaynak usulünde bazı karakteristik değerler.

Sac kalınlığı (mm)	Kaynak teli çapı (mm)	Lifletin gücü lt/sa	1 m dikişin süresi (dak)	1 m dikişte asetilen sarf. (litre)
2	1,5	200	8-10	35
3	2	300	9-12	60
6	3,25	600	18-24	220
8	4	800	24-36	400
10	5	1000	30-45	665
12	6	1200	36-54	960

9.- Kaynak pozisyon ve bağlantı çeşitleri

Oksi-asetilen kaynağında kullanılan kaynak pozisyonları aşağıdaki gibi tasnif edilebilir

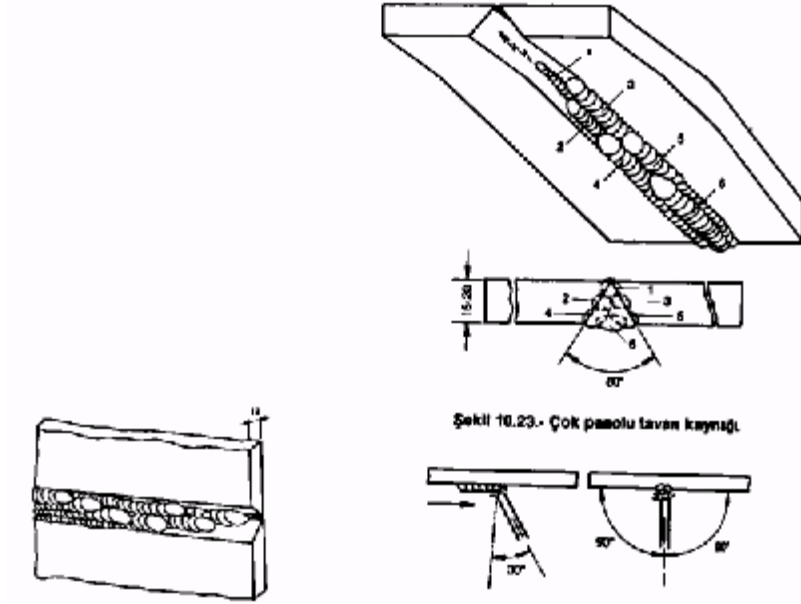
A-) Alın kaynakları: Birleştirilecek parçaların alın altına getirilmesiyle yapılan kaynak türüdür.

Parçaların buldukları pozisyonlara göre şu alt sınıflandırmaya tabi tutulabilir:

a-) Yatay pozisyonda alın kaynağı

b-) Dikey pozisyonda, yatay alın kaynağı (korniş pozisyonu). Şekil III.13'de şematik olarak görülmektedir.

c-) Tavan alın kaynağı (Şekil 111.14).



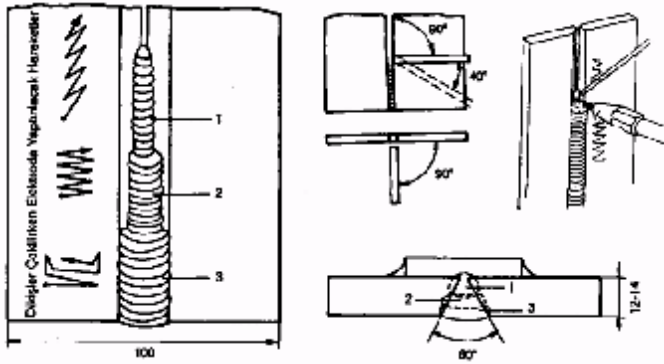
Şekil 10.23.- Çok pasolu tavan kaynağı.

Şekil III. 13.- Dikey pozisyonda alın kaynağı

Şekil III. 14.- Tavan alın kaynağı

d-) Dikey pozisyonda, dikey alın kaynağı (Şekil III.15)

e-) Eğik (meyilli) alın kaynağı (Şekil III.16)



Şekil III. 15.- Dikey pozisyonda, dikey alın kaynağı.

B-) İç köşe kaynakları

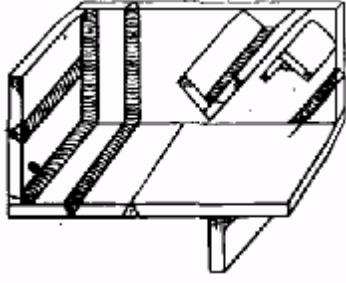
a-) Yatay pozisyonda iç köşe kaynağı

b-) Oluk pozisyonda iç köşe kaynağı (Şekil III.16)

c-) Dikey pozisyonda iç köşe kaynağı (Şekil III.16)

d-) Tavan pozisyonunda iç köşe kaynağı (Şekil III.16)

e-) Tavandaki oluk pozisyonundaki iç köşe kaynağı (Şekil III.16)



Şekil III. 16.- Kaynak pozisyonlarının şematik olarak gösterilişi.

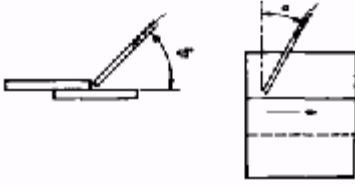
C-) Bindirme kaynakları

- a-) Yatay pozisyonda bindirme kaynağı (Şekil III. 17)
- b-) Korniş pozisyonunda bindirme kaynağı
- c-) Dikey pozisyonda bindirme kaynağı

D-) Dış köşe kaynakları

10.- Kaynak ağızları

Oksi-asetilen kaynağında kullanılan kaynak ağızı biçimleri Tablo III.18'de görülmektedir.



Şekil III. 17.- Yatay pozisyonda bindirme kaynağı

Tablo III. 3.- Oksi-asetilen kaynağında kaynak ağızı biçimleri

Dikiş şekli	Adlandırma	İşaret	Gösteriş			
			Resimde		İşaretle	
			Kesit	Görünüş	Kesit	Görünüş
Alın dikişleri (tam kaynaklı kesitleri)	Kıvrık dikiş	JL				
	I - Dikiş	II				
	V - Dikiş	V				
	Dik kenar dikiş	VV				
	X - Dikiş	X				
	Y - Dikiş	Y				
	Çift - Y dikiş	X				
	U - Dikiş	Y				
	Çift - U dikiş	X				
	HV Dikiş	V				
	K - Dikiş	K				
	HY Dikiş	Y				
	Sığ - K dikiş	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					

11.-Literatür

(1)-ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Tekniği - Cilt 1"

İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 960, 1973

(2)- ANIK, Selâhaddin - GÜLKILIK, İhsan

"Oksi-asetilen Kaynağı"

Türk Kaynak Cemiyeti Yayını, No 14, 1963

(3)- "Welding Handbook" (Section 2)

American Welding Society, 1973

(4)- KEEL, C.F. und KEEL, C.G.

"Der praktische Autogen-Schweisser"

Verlag Schweiz. Verein für Schweißtechnik,

Basel, 1961

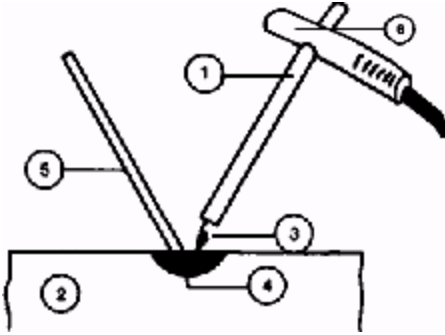
IV.BÖLÜM

ELEKTRİK ARK KAYNAĞI

1.- Tarifi ve tarihçesi

Kaynaklı bağlantı için gerekli ısının elektrotlar arasında oluşturulduğu ve ark vasıtasıyla sağlandığı eritme kaynağı türüne "elektrik ark kaynağı" adı verilir.

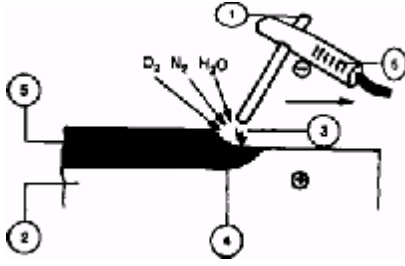
Elektrik ark kaynağının ilk uygulaması, bir karbon elektrot ile iş parçası arasında ark meydana getirilmesi biçiminde olmuştur (Şekil IV.1). Bernardos usulü olarak bilinen bu uygulamada, bir de ilâve metal kullanılmıştır (1885). Daha sonra 1889 senesinde Zereker kaynak arkını, iki karbon elektrot arasında meydana getirmiş ve arkın parçaya üflenmesini magnetik bir bobin vasıtasıyla sağlamıştır. Yine 1889 yılında Slavianoff çıplak metalik bir elektrot ile iş parçası arasında arki teşekkül ettirerek, bugünkü ark kaynağının esasını bulmuştur (Şekil IV.2). Eriyen elektrot, kaynak ağzının doldurulmasını sağlamıştır.



Şekil IV.1.- Bernardos kaynak Yöntemi

- 1.- Karbon elektrot
- 2.- Esas metal
- 3.- Elektrik arki
- 4.- Kaynak banyosu
- 5.- Tel elektrot
- 6.- Hamlaç

Yukarıda anlatılan ark kaynağının ilk uygulamalarında, erimiş haldeki metali havanın zararlı tesirlerinden korumak mümkün olmamaktadır. 1904 yılında İsveçli Oscar Kjellberg, metalik çubuk üzerine bir örtü kaplayarak bu mahzuru ortadan kaldırmıştır (örtülü elektrot ile ark kaynağı).



Şekil IV. 2.- Slavianoff Kaynak Yöntemi

- 1.- Eriyen elektrod 3.- Elektrik arki 5.- Kaynak dikişi
2.- Esas metal 4.- Kaynak banyosu 6.- Hamlaç

2.- Kaynak arki ve arkın elektriksel karakteristikleri

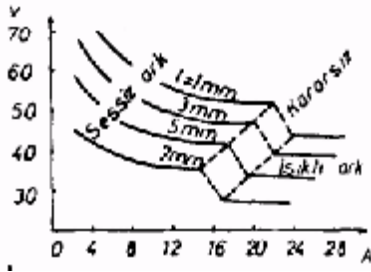
Ark; kızgın bir katottan yayman elektronların, yüksek bir hızla anodu bombardıman etmesi neticesinde oluşur. Bu bombardıman çarpma sonunda nötr moleküllerin iyonize olmasına sebep olduğundan, kuvvetli bir sıcaklık yükselmesi meydana gelir. Ortaya çıkan toplam enerjinin %85'i ısı ve %15'i de ışık enerjisine dönüşmektedir.

Pratikte kaynak arkının gücü, 0,3 ilâ 160 kw ve ısı eşdeğeri de 70 ilâ 40.000 cal/sn arasında değişir. Ark demeti, katodik leke (elektrodun negatif ucu) ve anodik krater (elektrodun pozitif ucu) arasında dağılır. Katodik leke ve anodik kraterde meydana gelen sıcaklıklar, kullanılan elektrot malzemesi ve arkın meydana getirildiği çevreye bağlı olarak değişmektedir (Tablo IV.1).

Tablo IV.1.- Katodik leke ve anodik kraterdeki sıcaklıklar.

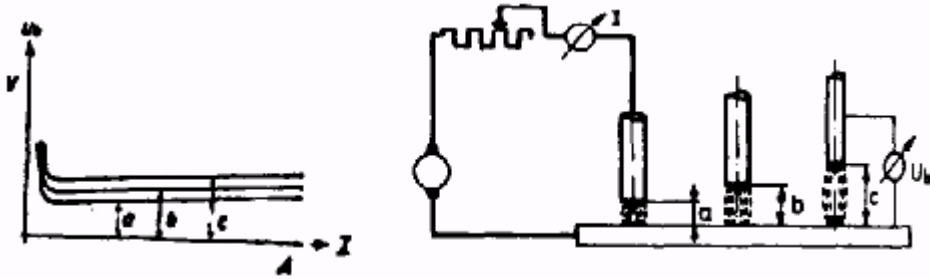
Elektrodlar	Gaz	Anodik kraterin sıcaklığı (°C)	Katodik lekenin sıcaklığı (°C)
Karbon	Hava	3900	3200
	Azot	2300	2100
Bakır	Hava	2150	1900
	Azot	2150	1900
Alüminyum	Hava	3100	3100
Tungsten	Hava	3950	2700
Nikel	Hava	2180	2100
	Azot	2180	2100

Kaynak esnasında elektrodun ve iş parçasının erimeleri, yukarıdaki tabloda görülen yüksek sıcaklıklar sebebiyle olur.



Şekil IV.3.-Metalsel bir arkın elektrik rejimi

Arkın uçları arasındaki gerilim ve arkta geçen akım şiddeti, Ohm kanununa göre değişmez. Akım şiddeti arttıkça, uçlardaki gerilim önce hızla ve daha sonra da yavaş bir şekilde düşer (Şekil IV.3). Aynı zamanda gerilim ve akım şiddeti ark boyuna da bağlıdır. Elektrod arasındaki uzaklık, "ark boyu" olarak adlandırılır. Ark boyu arttıkça, gerilim de artar. Bir elektrik arkında gerilim ile akım şiddeti arasındaki değişim Şekil IV.4'de görüldüğü gibidir ve bu değişim, "arkın statik karakteristiği" olarak adlandırılır.



a, b ve c ark boyları için gerilim ve akım şiddetinin ölçülmesinin şematik olarak gösterilişi

Şekil IV.4.- Bir kaynak arkının statik karakteristiği

Elektrik ark kaynağı esnasında metallerin erime miktarı, arkın gücüne (sabit kaynak hızlarında) bağlıdır. Arkın gücü denilince, ark gerilimi ve akım şiddeti sözkonusudur. O halde düzgün bir kaynak yapılabilmesi için, ark geriliminin sabit tutulması lazımdır (dolayısıyla akım şiddeti sabit kalır).

Ark geriliminin sabit kalması, arkın kararlılığı olarak adlandırılmaktadır.

2.1.- Doğru akım arkının kararlılığı

Metalsel bir arkın sabit gerilim altında çalışma kararlılığını sağlamak için, yeterli miktarda direnç seri olarak bağlanmakta ve çok defa bu dirence, akımın hızlı değişmelerine karşı koyacak bir şelf ilâve etmek gerekmektedir. Kaynak edilecek parçaların üzerleri çoğunlukla yağ, pas ve boya gibi yabancı maddelerle örtülü olduğundan; kolayca teşkili bakımından başlangıçta, çalışmadakinden daha yüksek bir gerilim tatbik etmek gerekmektedir. Doğru akım ark teşkil etmek için, 40 ilâ 70 volt arasında bir gerilim uygulanmaktadır.

Arkın kararlılığı üzerinde aşağıdaki faktörler etkili olmaktadır:

a-) Metallerin iyonlaşma gerilimleri

b-) Metallerin termo-iyonik kabiliyetleri

c-) Metallerin ısı geçirgenliği

Metallerin iyonlaşma gerilimleri ve termo-iyonik gerilimleri ne kadar düşükse, ark o oranda karardır. Metalin ısı geçirgenliği arttıkça, katodik yayınma azalmakta ve bu sebepten arkın kararsızlığı artmaktadır. Meselâ bakır, pirinç ve alüminyum bronzlarında arkın teşkili zordur. Böyle durumlarda arkın tutuşmasını ve kararlılığını sağlamak için, elektrodun örtüsüne uygun maddelerin katılması gerekir. Böylece iyonlaşma gerilimi, termo-iyonik kabiliyet ve ısı geçirgenliği arzu edilen değerde tutulmuş olur. Aynı zamanda ark uzunluğu da sabit tutulmalıdır.

2.2.- Alternatif akım arkının kararlılığı

Şekil IV.5'de görülen ve alternatif akım arkında gerilim ile akım şiddeti arasındaki değişimi veren diyagram, alternatif akım arkında gerilim ile akım şiddeti arasındaki değişimi veren diyagram, alternatif akım arkının dinamik karakteristiğini belirtir. Pozitif yönde ortaya çıkan tepe noktası, arkın kararsızlığını gösterir. Arkın kararlılığı arttıkça, tepe noktası ortadan kaybolur. Tepe noktasının ortaya çıkmasına aşağıdaki faktörler tesir eder:

a-) Akımın frekansı

b-) Arkın boyu (uzunluğu)

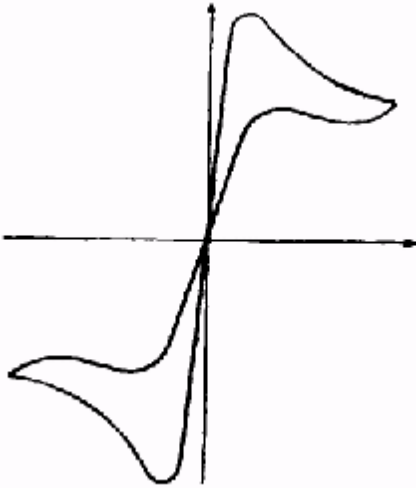
c-) Devrede bir şelfin bulunması

d-) Elektrot örtüsünün cinsi

e-) Elektrodun cinsi

f-) Arkı çevreleyen ortamın cinsi

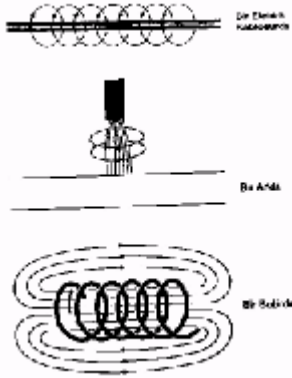
Akımın frekansı ve ark boyunun artması, devrede bir şelfin bulunması, elektrot örtüsünde oksitler ve karbonatlar gibi katkıların bulunması arkın kararlılığını artırmaktadır.



Şekil IV.5.- Alternatif akım arkının dinamik karakteristiği

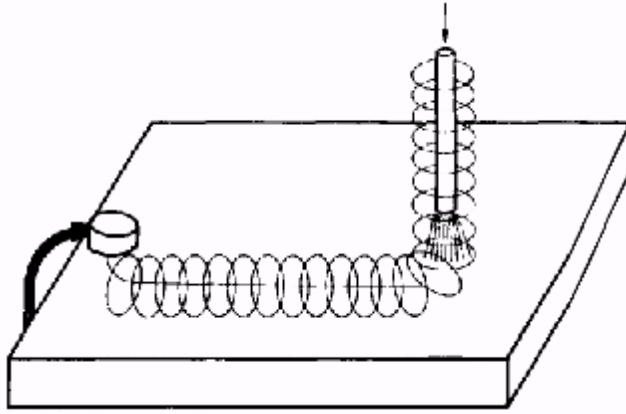
3.- Ark üfleme

Magnetik malzemeden yapılmış bir telden elektrik akımı geçtiği zaman, etrafında bir magnetik kuvvet alanı meydana gelir. Bu magnetik alanın kuvvet hatları, telin yakınında sık ve uzaklaştıkça da seyrekler (Şekil IV.6).



Şekil IV.6.- Bir telden elektrik akımının geçmesiyle oluşan kuvvet alanı.

Bir kaynak arkı da, hareket halinde bulunan bir iletkenidir. Bu sebepten arkın etrafında bir magnetik kuvvet alanı oluşur. Bu kuvvet alanı magnetik malzemelerde, arkın üflenmesine sebep olur (Şekil IV.7).



Şekil IV.7.- Kaynak esnasında magnetik kuvvet hatları.

Ark üflenmesi kaynakta erime profilini bozması sebebiyle, istenmeyen bir olaydır. Bu sebepten bu olayın nedenlerinin ve önleme çarelerinin bilinmesi gerekmektedir. Ark üflenmesini aşağıdaki faktörler etkilemektedir:

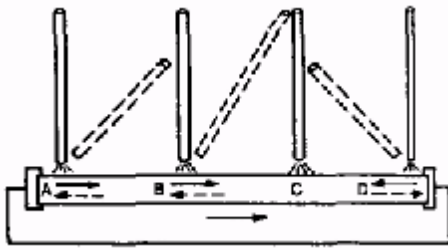
- a-) Paralel iki iletkendeki akımın yönü
- b-) Akım geçen iletkenin eğimi

- c-) Parçadaki akım yönü
- d-) Magnetik iletkenlerin tesiri

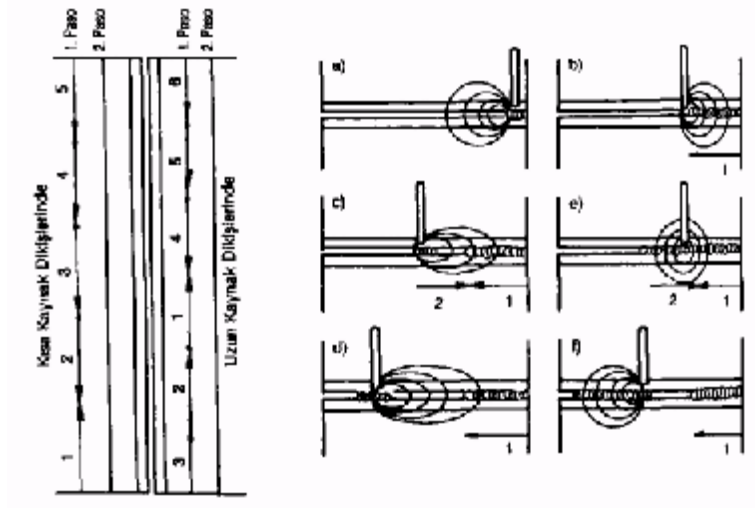
- e-) Aynı parçada birden fazla kaynakçının çalışması hali
- f-) Hava akımının tesiri

Yukarıdaki sebeplerden dolayı meydana gelen ark üfleminin önlenmesi için, aşağıdaki tedbirler alınmalıdır:

- a-) Elektroda uygun bir meyil verilmesi (Şekil IV.8).
- b-) İlk pasonun (kök pasosu) adım usulüyle yapılması (Şekil IV.9).
- c-) Yeri değiştirilebilen bir kutup tertibatının kullanılması,
- d-) Kaynak dikişinin puntalanarak yapılması,
- e-) Kısa ark boyu ile kaynak yapılması,
- f-) Örtülü elektrotla kaynak yapılması,
- g-) Alternatif akım kullanılması,
- h-) Magnetik üfleme tertibatı kullanılması.
- l-) İnce çaplı elektrodların tercih edilmesi.



Şefe/7 IV. 8.- Kaynak yapılırken elektroda verilecek meyilin biçimi



Şekil IV.9.- Alın kaynağında ark üflemesini önlemek için, adım usulü kaynak

4.- Elektrik ark kaynağıyla ilgili bazı deyimler

a-) Boşta çalışma gerilimi: Kaynak makinasının kaynak yapmaya hazır durumda bulunduğu, fakat kaynak yapılmadığı zaman kabloların bağlandığı noktalar arasındaki gerilime "boşta çalışma gerilimi" denir.

b-) Çalışma gerilimi: Kaynak yapılırken, yani ark yanarken kabloların bağlandığı klemensler arasındaki gerilime "çalışma gerilimi" denir. Standart çalışma gerilimleri ve bunlara tekabül eden akım şiddetleri aşağıdaki gibidir:

Çalışma gerilimi (volt)	Akım şiddeti (amper)
25	250
30	250-400
35	400

c-) Ark gerilimi: Kaynak yapılırken, parça ile elektrodun ucu arasındaki gerilime "ark gerilimi" denir.

d-) Kaynak akımı: Kaynak yapılırken, çalışma gerilimine tekabül eden akım şiddetine "kaynak akımı" adı verilir.

e-) Nominal işletme: tarifi çeşitli standartlara göre birbirinden farklıdır. Meselâ İsviçre Standardında el ile yapılan ark kaynağı için nominal işletme şöyle tarif edilmektedir: Bütün kaynak çeviriminin süresi iki dakika ise; bunun %60'ı toplam yükleme süresi (72 saniye) ve geri kalanı da (48 saniye) boşta çalışma süresi olarak alınırsa, böyle bir işletmeye "nominal işletme" denir.

f-) Ayarlama alanı: Bir kaynak makinasının verebileceği en az ve en çok akım şiddetlerinin belirttiği alana verilen addır.

g-) Devrede kalma süresi: Kaynak makinasının yük altında çalıştığı sürenin toplam çalışma süresine bölünmesiyle bulunan sürenin 100 ile çarpımı, yüzde olarak devrede kalma süresini verir. Meselâ İsviçre Standardına göre devrede kalma süresi şöyledir:

$$\frac{\text{Yükleme süresi}}{\text{Çalışma süresi}} \cdot 100 = \frac{72 \text{ saniye}}{120 \text{ saniye}} \cdot 100 = \%60$$

5.- Akım membainın karakteristikleri

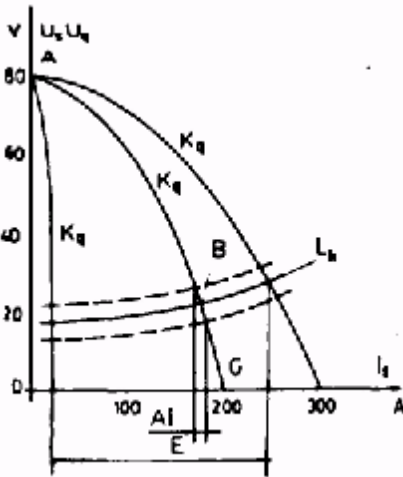
Elektrik ark kaynağında akım membai olarak kullanılan makinalarda statik ve dinamik karakteristikler söz konusudur. Bunlar akım membainı karakterize ederler.

5.1.- Akım membainın statik karakteristiği

Statik karakteristik, gerilime bağlı olarak akım şiddetindeki değişmeyi verir. Bir akım membainın statik karakteristiğini tespit etmek için, akım membainı değişken bir dirençle yüklemek gerekir. Böylece çeşitli direnç değerlerinde belirli bir akım şiddeti ve gerilim elde edilir.

Kullanma yerine bağlı olarak akım membai, düşen (alçalan) veya sabit (takriben yatay) tip statik karakteristikli olabilir. Düşen tip statik karakteristikli makinalar normal ark kaynağı ve TIG kaynağında, sabit tip statik karakteristikler ise MIG kaynağı gibi otomatik kaynaklarda kullanılır.

a-) Düşen (alçalan) tip statik karakteristik: Şekil IV.10'da görüldüğü gibi; bu tip karakteristikte üç önemli nokta vardır (A,B,C noktaları). A noktası boşta çalışma gerilimini gösterir ve bu noktada akım şiddeti sıfırdır. B noktası çalışma noktasıdır ve ark karakteristiği (L_k) ile kaynak makinası karakteristiğinin (K_q) kesişme noktasıdır. Kaynak yaparken ark boyu değiştiğinden, ark gerilimi de bir miktar değişir ve ark karakteristiği şekilde kesikli çizgilerle gösterilen bir aralık içerisinde oynar. C noktası statik kısa devre akımıdır ve bu sırada, bu noktada gerilim sıfırdır. Bu tip karakteristikli makinalarda bir akım ayar alanı bulunur.



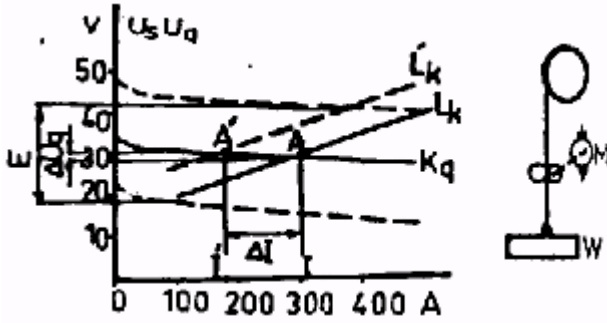
Şekil IV. 10.- Düşen tip statik karakteristik

E: Akım ayar alanı

L_k : Ark karakteristiği

b-) Sabit tip statik karakteristik: Bu tip makinalarda gerilim ayar skalası vardır ve gerekli akım şiddeti elektrodun ilerleme hızı ile ayarlanır.

Şekil IV.11'de sabit tip statik karakteristik görülmektedir. Akım şiddeti ayarı, elektrodun ilerleme hızı ile yapılır. Şekildeki A noktası; ark karakteristiği (L_k) ile sabit gerilim karakteristiğinin (K_q) kesiştiği noktadır. Elektrod M motoru tarafından sabit bir hız ile parçaya sevk edilir. Ark boyu sabit kalırsa, daima A noktasında çalışma yapılır. Herhangi bir şekilde ark boyu büyürse, ark karakteristiği L_k paralel olarak kayarak L_k pozisyonuna gelir ve yeni çalışma noktası A' olur. Böylece akım şiddeti I kadar düşer ve bu da erime gücünü azaltır. Tel sabit hızda sevk edildiğinden, ark boyu otomatik olarak eski değerini alır



Şekil IV.11.- Sabit tip statik karakteristik.

E: Akım menbaı ayar alanı

5.2.- Akım membainın dinamik karakteristiği

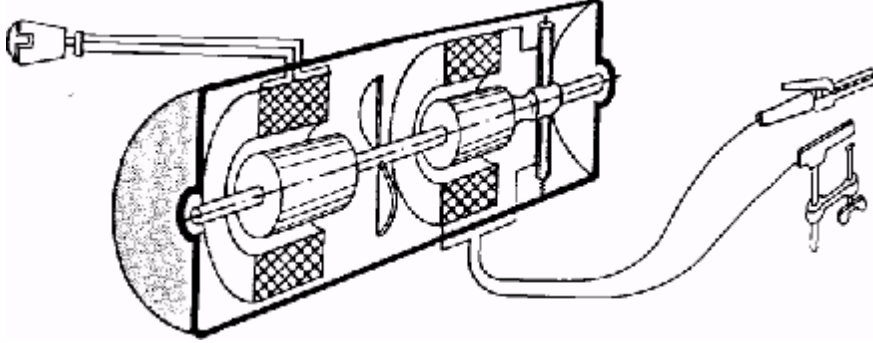
Bir akım membainın dinamik karakteristiği, akım şiddeti ile gerilimin çok kısa zaman aralığındaki değişim davranışını ifade eder. Meselâ böyle bir durum, boşta çalışma anında ark meydana getirmede ortaya çıkar. Yine benzer şekilde; yükleme halinden, boşta çalışmaya geçişte ani akım değişimleri vardır. Bir kaynak makinası bu tür ani akım değişmelerine cevap verebilmelidir.

6.- Kaynak makinalarının sınıflandırılması

Elektrik ark kaynağını hem doğru, hem de alternatif akım ile yapmak mümkündür. Buna göre kaynak makinaları iki temel gruba ayrılır:

a-) Doğru akım veren kaynak makinaları: Bunlara örnek olarak kaynak jeneratörleri ve kaynak redresörleri verilebilir.

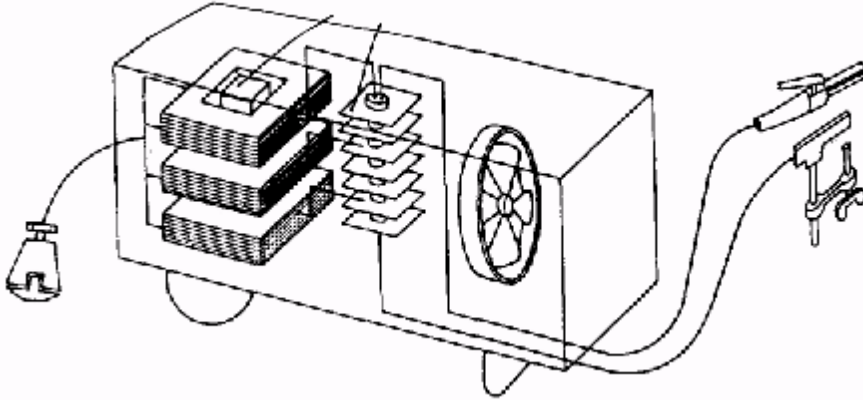
Kaynak jeneratörleri trifaze şebekeye bağlı bir elektrik motoru ve kaynak dinamosundan meydana gelir (Şekil IV.12).



Şekil IV. 12.- Bir kaynak jeneratörünün kısımları

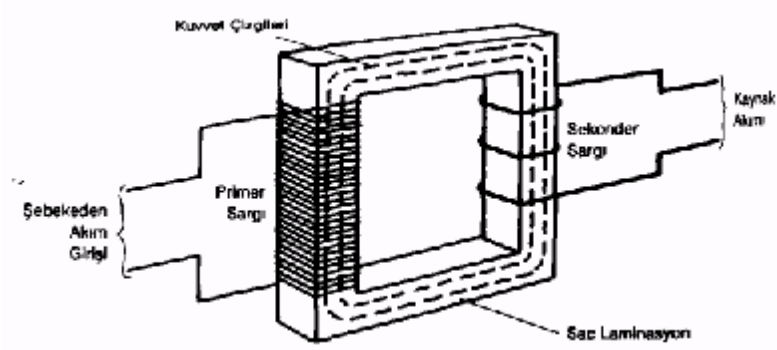
Kaynak redresörleri de jeneratörlere benzerler. Bir transformatör ve bir de redresörden meydana gelirler. Transformatör şebeke akımını kaynak akımına çevirir; yani gerilimi düşürür, akım şiddetini yükseltir. Redresör ise, kaynak akımını doğru akıma çevirir.

Redresörlerin müteharrik kısımları yok denecek kadar azdır. Bu sebepten jeneratörlere nazaran sessizdirler ve daha az bakıma ihtiyaç gösterirler. Fakat aynı güçlü jeneratöre göre, daha ağırdır ve daha çok yer işgal ederler (Şekil IV.13).



Şekil IV. 13.- Bir kaynak redresörünün görünüşü

b-) Alternatif akım veren kaynak makinaları: Bu tür kaynak makinaları, kaynak transformatörleri olarak adlandırılırlar. Kaynak transformatörleri gerilimi yüksek ve akım şiddeti düşük olan şebeke akımını, gerilimi düşük fakat akım şiddeti yüksek olan kaynak akımına çevirirler. Çok yüksek kaynak akımları istendiği zaman, aynı tip iki transformatörün paralel bağlanması gerekir (Şekil IV.14).



Şekil IV. 14- Kaynak transformatörünün şeması

7.- Doğru akım ve alternatif akım ile kaynağın mukayesesi

Bu mukayese kaynak tekniği, elektroteknik ve ekonomik bakımdan yapılacaktır:

A-) Kaynak tekniği bakımından

a-) Arkın kararlılığı: Genel olarak hem doğru akımda, hem de alternatif akımda kaynak arkının kararlılığı aynıdır.

b-) Tutuşma özelliği: Kalın çaplı elektrotlarda her iki akım türü için, tutuşma özelliği iyidir. Fakat 2,5 mm'den daha ince elektrotların doğru akımda tutuşturulması iyi iken, alternatif akımda kötüdür. Bu mahzurun ortadan kaldırılması için, alternatif akım kaynak transformatörlerinde ayrıca bir yüksek frekans cihazı kullanılır.

c-) Arkın üfleme: Bilhassa yüksek akım şiddetiyle yapılan kaynaklarda, doğru akımda ark üfleme fazladır. Alternatif akımda ise, bu mahzur yoktur.

d-) Kutup durumu: Doğru akımda elektrodun istenen kutuba bağlanması mümkün iken, alternatif akımda mümkün değildir. **e-) Eritme gücü:** Doğru akımla kaynakta eritme gücü yaklaşık %2 daha fazladır.

B-) Elektroteknik bakımından

a-) Verim: Kaynak jeneratörlerinde verim % 50 civarında iken, kaynak transformatörlerinde yaklaşık % 80'dir.

b-) Şebekeye bağlama: Kaynak jeneratörleri trifaze şebekeyi eşit olarak yükler. Fakat monofaze kaynak transformatörleri şebekeyi eşit olarak yüklemeyebilir.

C-) Ekonomik bakımdan

a-) Alım fiyatı: Kaynak transformatörlerinin alım fiyatı, aynı güçteki bir kaynak jeneratörünün fiyatının 1 /2 ilâ 2/3'ü arasında değişir.

b-) Bakım masrafı: Transformatörlerde hareketli kısımlar bulunmadığından, kaynak jeneratörlerine

göre bakım masrafları azdır.

c-) Enerji masrafı: Bir kaynak jeneratörünün enerji masrafı, aynı güçteki kaynak transformatöründen %60 daha fazladır.

8.- Kaynak elektrodları

Elektrik ark kaynağında kullanılan elektrodlar, ya yalnız arkı meydana getirmek için yada hem arkın oluşturulmasında hem de ilâve metal olarak kullanılır. Yine bunlar da kendi aralarında çeşitli alt sınıflara ayrılırlar.

8.1.- Yalnız arkı teşkil etmek için kullanılan elektrodlar

Bu elektrodlar, ya parça ile aralarında ya da iki elektrod arasında arkı meydana getirir ve ayrıca kaynak ağzını doldurmak için bir ilâve metal kullanılır. Eğer ince saclarda birleştirilecek uçlar kıvrılmış ise; kıvrılan kısımların eritilmesiyle kaynak yapılabileceğinden, ilâve metal (kaynak teli) kullanılmasına lüzum yoktur. Erimeyen elektrodlar da denilen yalnız ark teşkilinde kullanılan elektrodlar, karbon veya tungstenden olabilir.

Karbon elektrodlar: Genellikle daire kesitli olan karbon elektrodlar; amorf, grafit ve elektrografit türlerinde olabilir.

Amorf elektrodlar: Toz haline getirilmiş kok, grafit veya antrasit kömürlerinin bir yapıştırıcı madde ile beraber basınç altında preslenmesiyle elde edilir. Grafit ve elektro-grafit elektrodlar grafit kömüründen imâl edilirler. Bunlar amorf elektrodlardan daha yüksek akım şiddetiyle yüklenirler ve ömürleri de daha uzundur. Karbon elektrodların çapları 3 ilâ 30 mm, boyları ise 200 ilâ 1000 mm arasındadır.

Tungsten elektrodlar: Koruyucu gaz atmosferi altında yapılan kaynak usullerinde kullanılırlar. Bunlara örnek olarak ark atom ve argonark (TIG) kaynakları verilebilir. Saf tungsten elektrodlar yerine, toryum ve zirkonyumla alaşımlandırılmış elektrodların kullanılması; daha yüksek akım şiddetiyle yüklenebilen, ömürleri daha uzun olan ve yüksek elektron emisyonu olan elektrodların elde edilmesini sağlamıştır. Alaşım elemanı olarak toryum %0,35 ilâ 2,2 arasında, zirkonyum ise % 0,15 ilâ 0,40 arasında katılır.

8.2.- Hem arkın teşkilinde hem de ilâve metal olarak kullanılan elektrodlar

Bu tür elektrodlar kaynak yapılırken erir ve kaynak ağzını doldururlar. Temel olarak iki grup altında toplanırlar:

a-) Örtüsüz elektrodlar

b-) Örtülü elektrodlar

8.2.1 .-Örtüsüz elektrodlar

Örtüsüz elektrodlar çekme veya haddeleme yoluyla elde edilen ve dış yüzeyleri çıplak olan tellerden ibarettir. Çıplak ve özlü olmak üzere iki türü vardır.

Çıplak elektrodların ilk uygulamalarında kaynak yapılırken, dikişi havanın oksijen ve azotunun tesirinden korumak mümkün olmamakta idi. Fakat daha sonraları geliştirilen ve kaynak yerinin kaynak tozu veya gazlarla korunduğu kaynak çeşitlerinde, havanın zararlı etkisinden korunmak mümkün

olmuştur. Meselâ kaynak dikişi tozaltı kaynağında kaynak tozu ile gazaltı kaynaklarından MAG kaynağında aktif bir gaz ile korunmaktadır.

Özlü elektrotlarda elektrodun çekirdeğinde arki stabilize eden bazı organik maddeler vardır. Öz maddesinin kaynak esnasında yanmasıyla, meydana gelen gaz atmosferi kaynak yerini havanın zararlı tesirlerinden korur. Kaynak sırasında elektrod hem pozitif hem de negatif bağlanabilir. Orta derecede bir nüfuziyet sağlanmaktadır.

8.2.2.- Örtülü elektrotlar

Örtülü elektrotlar çıplak telin üzerine daldırma veya presleme ile bir örtü kaplanmasıyla elde edilir. 1908 yılında İsveçli Oscar Kjellberg tarafından bulunan elektrot örtüsü aşağıdaki faydaları sağlamaktadır:

a-) Arkın tutuşması ve oluşmasını kolaylaştırır. Böylece hem doğru hem de alternatif akım ile kaynak yapılması mümkün olur.

b-) Eriyen metal damlalarının yüzey gerilimlerine tesir ederek; tavan ve dikine kaynak işlemlerinin yapılmasını kolaylaştırır.

c-) Bir koruyucu gaz ortamı meydana getirerek, kaynak dikişinin havanın oksijen ve azotunun tesirinden korumuş olur. Böylece, kaynak dikişinin mekanik özellikleri yükselir,

d-) Kaynak sonra dikişin üzerini bir cüruf tabakası ile örterek, dikişin yavaş soğumasını sağlar.

e-) Dikişi alaşımlandırmak gayesiyle, kaynak banyosunun içerisine elemanları katar,

f-) Erime (kaynak) hızını yükseltir, g-) Erimiş kaynak banyosunu dezokside eder.

Elektrot örtüsünün içerisinde bağlayıcı, cüruf teşkil edici, örtünün mukavemetini artıran, arki stabilize eden, gaz atmosferi meydana getiren, oksidasyon ve dezoksidasyon yapıcı, alaşım teşkil edici maddeler bulunur.

Örtülü elektrotlar, örtü karakteri ve örtü kalınlığına göre tasnif edilmektedirler.

A-) Örtü karakterine göre örtülü elektrotlar

Örtü karakterine göre örtülü elektrotlar rutil (titandioksit), oksit, asit, bazik, selülozik karakterli ve özel elektrotlar olarak sınıflandırılır:

a-) Rutil karakterli elektrotlar: Bu elektrotların örtüsünün büyük kısmını, titandioksit teşkil eder. Titandioksidin örtüdeki oranı yaklaşık %35'tir. Örtü kalınlığı ince, orta ve kalın tipte olabilir. Örtü kalınlığı arttıkça, dikişin kalitesi iyileşir. Rutil karakterli örtünün kaynaktan sonra meydana gelen cürufunun rengi kahverenginden siyaha kadar değişir. Cüruf çabuk katılaştır ve kaynaktan sonra dikiş üzerinden kolayca kalkar. Bu elektrotlarla hem doğru (elektrot negatif kutupta), hem de alternatif akımda kaynak yapılabilir. Tutuşturulmaları kolay olup, yumuşak bir ark ile sakin bir çalışma sağlarlar ve sıçrama kayıpları azdır. Acemi bir kaynakçı bile, kolayca kullanabilir.

b-) Asit karakterli elektrotlar: Örtülerinde daha çok, demir oksit ve manganez bulunur. Genellikle kalın örtülü olarak imâl edilirler. Asit karakterli elektrotların cüruflarının tersinden görünüşü bir arı peteğini andırır ve dikiş üzerinden kolayca kalkar. Bu elektrotlar, çabuk akan düz dikişler verir ve dikey pozisyonda yukarıdan aşağıya doğru kaynaklardan başka, her pozisyon için uygundur. Hem doğru

hem de alternatif akım ile kullanılabilir. Bu elektrotların aralık doldurma kabiliyetleri iyi olmadığından, kaynak ağzlarının çok iyi hazırlanması ve parçaların birbirine iyice uyması gerekir.

c-) Oksit karakterli elektrotlar: Örtülerinin %60'lık kısmını, demiroksit ($Fe_2O_3 + Fe_3O_4$) oluşturur. Kalın örtülü ol033228 imâl edilirler ve kaynak esnasında metal geçişi, duş akışı biçimindedir. Oksit karakterli elektrotlar düz görünüşlü, ince dikişler verirler. Yalnız düşük karbonlu ve alaşımsız çeliklerin oluk pozisyonundaki kaynaklarında kullanılırlar. Aralık doldurma kabiliyetleri kötü olduğundan, birleştirilecek parçaların birbirlerine iyice uymaları gerekir. Bu elektrotlarla yapılan dikişlerin sıcak çatlama meyilleri daha fazladır.

d-) Bazik karakterli elektrotlar: Örtünün büyük kısmını kalsiyum, kalsiyum florür ve diğer toprak alkali metallerin karbonatları teşkil eder. Genellikle kalın örtülü olarak imâl edilirler. Cüruflarının kalkması, diğer elektrotlara *nazar*an daha zordur. Bazik elektrotlarla çoğunlukla, doğru akımda pozitif kutba bağlanarak veya alternatif akımla kaynak yapılır. Bütün kaynak pozisyonları için uygun olup, iyi bir aralık doldurma kabiliyetleri vardır. Bazik elektrotlarla, süneklığı diğer elektrotlara göre yüksek olan dikişler elde edilir. Bilhassa OxC'nin altında süneklikleri iyidir. Bu elektrotların kullanıldığı yerler aşağıdaki uygulamalardır:

- Bileşimi bilinmeyen karbonlu ve hafif alaşımlı çeliklerin her türlü kaynak birleştirmelerinde.
- Yüksek karbonlu, fosforlu ve azotlu çeliklerin kaynağında.
- Çatlama hassasiyeti bakımından, kalın kesitlerin (50 mm'de yukarı) güvenilir kaynak işlerinde.
- Tamamen rijit konstrüksiyonlarda.
- Yüksek karbonlu çeliklerin, düşük karbonlu çeliklerle birleştirilmesinde.
- OxC'nin altındaki sıcaklıklarda çalışacak konstrüksiyonlarda.
- Dinamik zorlamalara maruz konstrüksiyonlarda.
- Yüksek kaliteli kaynak konstrüksiyonlarında.

Bazik elektrotların örtüleri nem çekici olduğundan, kuru yerlerde depolanmalıdırlar. Rutubetli elektrotların kaynaktan önce 250 xC'de en az yarım saat kurutulmaları gerekir. Aksi takdirde, dikişte gözenekler meydana gelir ve çatlaklar olabilir.

e-) Selülozik karakterli elektrotlar: Örtülerinde, yandıkları zaman gaz haline geçen organik maddeler bulunur. Çoğunlukla kalın örtülü olarak imâl edilirler. Dikiş üzerinde çok az cüruf meydana getirirler, sıçrama kayıpları yüksektir. Doğru akımda (pozitif kutba bağlanarak) veya alternatif akımda kullanılabilirler. Her pozisyondaki kaynakta, bilhassa yukarıdan aşağıya doğru dikişlerde kullanılabilir. Aralık doldurma kabiliyetleri yüksektir.

f-) Özel elektrotlar: Bu tip elektrotların içerisine, derin nüfuziyet elektrotları ve demir tozlu elektrotlar girmektedir.

Derin nüfuziyet elektrotları ile; iki taraftan birer paso çekilerek (2.d-2) mm kalınlıktaki saclara ağız açmadan, alın kaynağı yapmak mümkündür. Her bir taraftan çekilen pasonun, sac kalınlığının yarısını kaynak etmesi gerekir. Böylece ağız açma masrafı ortadan kalkmış olur. Bu elektrotlar kalın örtülü olarak

imâl edilirler.

Demir tozlu elektrotların örtülerinin büyük kısmını, demir tozu teşkil eder. Bu tür elektrotlarla yapılan kaynak metali tartılırsa, ağırlığının elektrodun çekirdek telinin ağırlığından fazla olduğu görülür. Çünkü örtüyü teşkil eden demir tozu da eriyerek, dikişe karışarak bu fazlalığı meydana getirmektedir. Bu sebepten bu elektrotlara, yüksek verimli elektrotlar da denir.

B-) Örtü kalınlığına göre örtülü elektrotlar

Örtü kalınlığına göre örtülü elektrotları üçe ayırmak mümkündür:

a-) İnce örtülü elektrotlar: Bu elektrotlarda örtü çapı (D) ile, tel çapı (d) arasında aşağıdaki bağıntı vardır:

$$\text{Örtü çapı (D)} \leq \text{tel çapı (d)} \cdot 1,2$$

b-) Orta kalın örtülü elektrotlar:



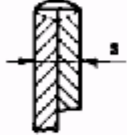

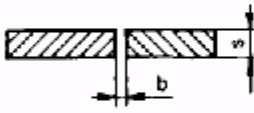

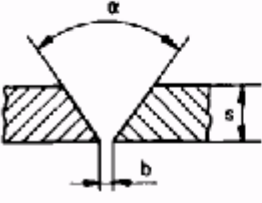

$$\text{Örtü çapı(D)} = \text{tel çapı} \cdot (1,2 \text{ ilâ } 1,55)$$

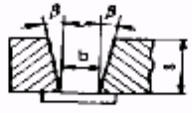

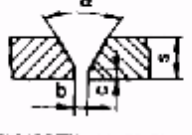

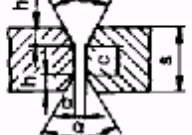





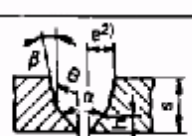



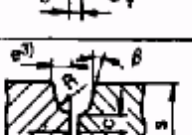

c-) Kalın örtülü elektrotlar: Dış çapın, yani örtü çapının, tel çapının 1,55 katından büyük olduğu elektrotlardır.

9.- Kaynak ağızlarının hazırlanması

El ile yapılan elektrik ark kaynağında kullanılan ağız biçimleri tablo IV. 2'de görülmektedir.

Tablo IV.2.- Elektrik el ark kaynağında kaynak ağızları

Kaynak ağızı	Sembol	S (mm)	α, β (°)	b (mm)	c (mm)	h (mm)	Kaynak yapısı (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	-	$\approx s$	-	-	Bir tarafтан	G,E,KV
			-	0-s				KM
		8 (içinde)'e kadar	-	$\approx \frac{s}{2}$			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					

Kaynak ağzı	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 taraftan	E, KM
		10'den büyük	≈ 60 40-60	0-3	2-4	-	İki taraftan	E, KV KM
		10'dan büyük	≈ 60 40-60	0-4	2-6	-	İki taraftan	E, KV KM
		10'dan büyük	≈ 60 40-60	0-3	-	$\frac{s}{2}$	İki taraftan	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 taraftan	E, KV KM
		12'den büyük	$\alpha \approx 60$ $\beta \approx 8$	0-3	-	≈ 4	Bir taraftan	E, KV, KM
		12'den büyük	≈ 8	0-3	≈ 3	-	Bir taraftan ya da iki taraftan	E, KV, KM
		30'dan büyük	≈ 8	0-3	≈ 3	$\approx \frac{5}{2}$	İki taraftan	E, KV, KM

Kaynak ağızı	Sembol	S (mm)	α, β (°)	b (mm)	c (mm)	h (mm)	Kaynak yapılışı 1)	Kaynak yöntemi 1)
	✓	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	16'dan büyük	10-20	0-3	≥ 2	-	Bir taraftan ya da iki taraftan	E, KM
	K	30'dan büyük	10-20	0-3	≥ 2	-	iki taraftan	E, KM


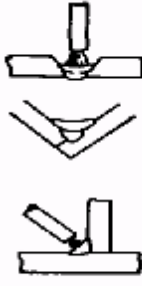
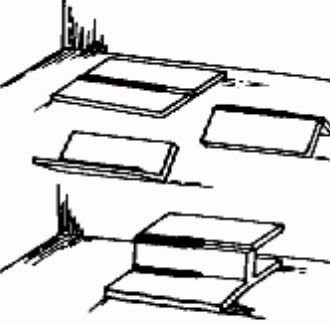

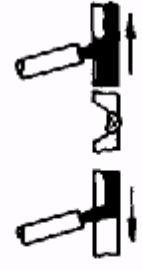
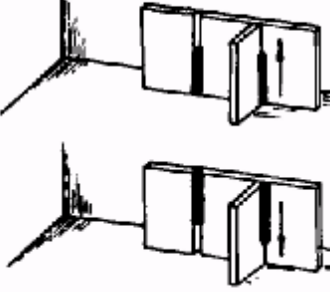

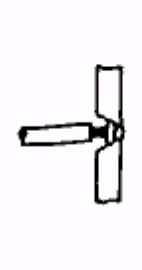
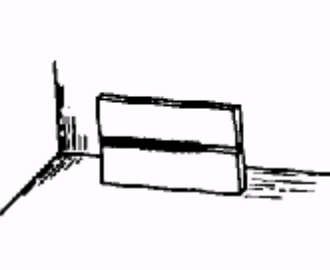

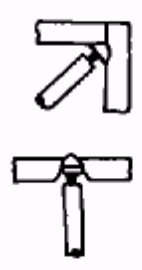
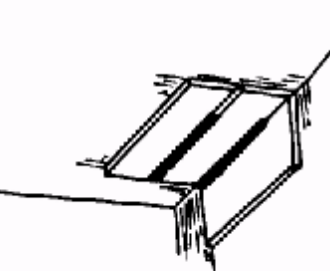
1) Bilgi için gösterilmiştir. Kaynak yöntemlerinde G=Gaz kaynağını; E=Elektrik ark kaynağını; KV=Erimeyen elektrodu koruyucu gazla kaynağı; KM=Erilen elektrodu koruyucu gazla kaynağı göstermektedir.

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, $e = 6.6 + 0.1.s$ dir. $c = 2$ mm. ve $\beta = 20^\circ$ olduğunda ise, $c = 6.7 + 0.2.s$ olur.

			<p>Yatay kaynak oluk pozisyonu</p> <p>Yatay kaynak iç ve dış köşe pozisyonu</p>
			<p>Düsey kaynak aşağıdan yukarıya</p> <p>Düsey kaynak yukardan aşağıya</p>
			<p>Korniş kaynağı</p>
			<p>Tavan kaynağı</p>

Şekil IV. 15.- Kaynak pozisyonları

Kaynak ağızlarının hazırlanmasında parça kalınlığına, şekline ve cinsine göre giyotin makasla kesme, talaş kaldırarak işleme, oksijenle kesme ve karbon ark veya özel elektrod ile oluk açma yöntemlerinden birisi kullanılabilir.

Kaynak ağız şeklinin seçilmesinde gözönünde bulundurulacak hususlar şunlardır:

- Parçanın kalınlığı,
- Parçanın malzemesi,
- Kaynak pozisyonu,
- Kaynak yerine ulaşabilme olanağı,
- Kaynak yapılan iş yerinin takım teçhizat olanakları
- Ekonomik koşullar

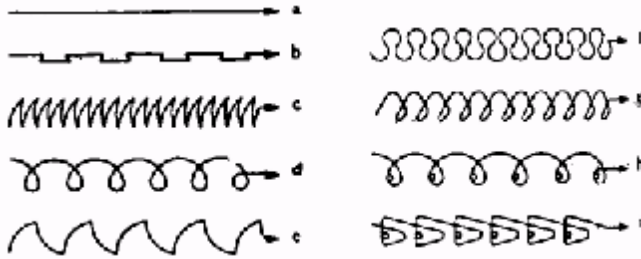
Şekil IV.15'teki iş parçalarını kaynak ile birleştirmek için kullanılan kaynak pozisyonları şu şekilde gruplayabiliriz:

- a-) Yatay kaynak oluk pozisyonunda,
- b-) Yatay kaynak iç ve köşe birleştirmelerinde,
- c-) Düşey kaynak aşağıdan yukarıya,
- d-) Düşey kaynak yukarıdan aşağıya,
- e-) Korniş kaynağı,
- f-) Tavan kaynağı.

10.- El ile elektrik ark kaynağında elektrot hareketleri

El ile kaynak yapılırken elektroda verilecek hareket, kaynağın kalitesine önemli oranda tesir eder.

Kaynak yapılacak yere göre elektroda verilmesi gereken hareketler şekil IV.16'da görülmektedir.



a ve b: Kök pasonun kaynağı için c: Zikzak hareket (en çok kullanılan usul) d ve e: Doldurma kaynaklarında ve son pasonun çekilmesinde f ve g: Geniş ve son pasoların çekilmesinde
h ve i: Tavan kaynakları için

Şekil IV. 16.- El ile elektrik ark kaynağında elektroda verilecek hareketler.

11.- Literatür

(1)- ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Tekniği Cilt I"

İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 960, 1980

(2)- ANIK, Selâhaddin - GEDİK, Halil (Marfels)

"Elektrik Ark Kaynakçısı"

Kaynak Tekniği Pratiği Serisi 1, 1971

(3)- ANIK, Selâhaddin

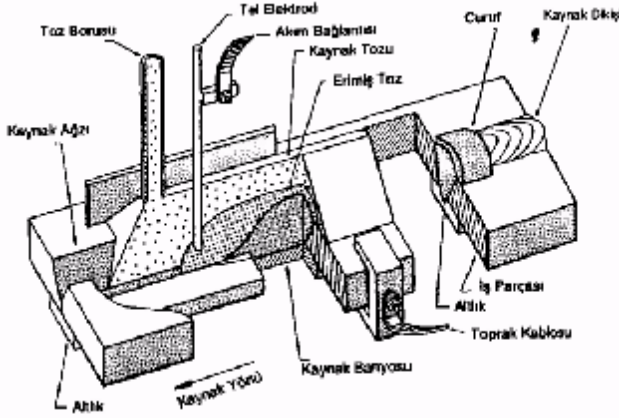
"Elektrik Ark Kaynağında Arkın Üflemesi"
Demir ve Çelik Dergisi, Cilt 9, Sayı 6, 1960

V. BÖLÜM

TOZALTI KAYNAĞI

1.-Tanıtımı ve önemi

Temel olarak bir elektrik ark kaynağıdır. Kaynak arkı, otomatik olarak kaynak yerine gelen çıplak bir elektrot ile iş parçası arasında meydana gelir. Aynı zamanda, kaynak yerine devamlı olarak bir toz dökülür ve ark bu tozun altında yanar. Bu sebepten bu usul tozaltı ark kaynağı olarak adlandırılmıştır. Şekil V.1'de prensibi şematik olarak verilen bu usul, 1933 yılından itibaren yayılmaya başlamış ve İkinci Dünya Savaşından sonra gelişerek endüstride önem kazanmıştır.



Şekil V.1.- Tozaltı kaynağının prensibi

Tozaltı kaynağı otomatik bir kaynak usulü olmanın yanında, yüksek güçlüdür. Bir paso ile 85 mm, iki paso ile 180 mm ve çok paso ile 300 mm kalınlığa kadar parçaların kaynağını yapmak mümkün olmaktadır. Kaynak yapılabilecek en ince sac ise, 1,2 mm'dir.

Bu usulde normal el ark kaynağına nazaran elektrod teli daha yüksek bir akım şiddeti ile yüklenebilir. Bu sebepten, derin nüfuziyetli ve geniş banyolu dikişler elde edilir. Meselâ 4 mm çapındaki bir elektrod el ark kaynağında 150 ilâ 190 amper arasında akımla kaynak yapılırken, tozaltı ark kaynağında 400 ilâ 650 amper arasında bir akım ile kaynak yapılabilir.

2.- Tozaltı kaynağının karakteristikleri ve el ile yapılan ark kaynağıyla mukayesesi

a-) Kaynak hızı ve kaynak gücü: Tozaltı kaynağında 200 ilâ 5000 amper akım şiddeti ve 6 ilâ 300 m/saat kaynak hızları kullanılır. Bu değerler el ile yapılan ark kaynağına göre çok yüksektir.

b-) Kaynak teli sarfiyatı: Tozaltı kaynağında eriyen metalin 2/3'ünü esas metal ve 1/3'ünü ilâve metal oluşturur. Bu sebepten ilâve metal sarfiyatı oldukça azdır. El ile yapılan ark kaynağında, kaynak teli (ilâve metal) kaybı daha çoktur.

c-) Nüfuziyet: Kaynak ağızı açılmadan, iki paso ile, 18 mm ve ağız açarak iki paso ile 140 mm kalınlıktaki parçalar kaynak yapılabilir.

d-) Sürekli kaynak yapabilme imkanı: Tozaltı kaynağında kaynak kafası (toz hunisi, tel iletme mekanizması, ayar ve kumanda tertibatı) hızı ayarlanabilen ve sabit tutulabilen bir arabaya monte edildiğinden, devamlı kaynak yapma imkanı vardır. Kalifiye kaynakçı kullanma zorunluluğu ortadan kalkmaktadır. El kaynağında ise, kalifiye elemana ihtiyaç vardır.

e-) Yüksek kaliteli kaynak dikişinin sağlanması: Kaynak yerinin iyi bir şekilde cürufle örtülmesi, yavaş soğumayı temin eder. Bu ise kaynak hatalarının meydana gelme imkânını azaltır.

f-) Elektrik enerjisi sarfiyatının minimum olması: Kaynak yerinin toz tarafından gayet iyi bir şekilde örtülmesi sebebiyle, elektrik enerjisi kaybı çok azdır. El ile yapılan ark kaynağında ise, çevreye ısı ve ışık enerjisi olarak elektrik enerjisi kaybı yüksektir.

g-) Özel koruyucu emniyet tedbirlerine ihtiyaç olmaması: Tozun kaynak yerini gayet iyi şekilde koruması sebebiyle; ultraviyole ışınlar, gaz ve tozdan korunmak için özel tedbirlere ihtiyaç yoktur. El ile yapılan kaynakta kaynakçının göz ve cildini korumak için maske ve özel elbise kullanması lazımdır.

3.- Tozaltı kaynağında kullanılan kaynak telleri

Yüksek kaliteli çelik teller kullanılır. Bu teller genellikle elektrik ark ocaklarında üretilir. Kaynak yerinin emniyeti bakımından, manganez miktarları yüksektir. Çapları 1,2 ilâ 12 mm arasında değişir. Tozaltı kaynak tellerinin üzerlerinin tamamen düz ve pürüzsüz, yağ, pas ve pislikten arınmış olmalıdır. Tellerin paslanmasını önlemek ve kaynak esnasında memeden tele akım geçişini kolaylaştırmak üzere, tozaltı kaynak tellerinin üzerleri bakır ile kaplanır.

Tozaltı ark kaynağında kullanılan teller içerilerindeki manganez miktarlarına göre sınıflandırılır. Amerikan standardında (AWS A5-17, ASTM A 558-65T) manganez miktarına göre; düşük, orta ve yüksek manganezli teller olarak tasnif edilmektedir. Bunlardaki manganez oranları aşağıdaki miktarlardadır:

Düşük manganezli	% 0,30 - 0,60 Mn
Orta manganezli	% 0,90 - 1,25 Mn
Yüksek manganezli	% 1,75 - 2,25 Mn

Tozaltı kaynak tellerinde fosfor ve kükürt oranlarının her birinin %0,03'ün altında olması gerekir.

Kullanılacak kaynak telinin seçiminde, kaynak tozunun da göz önüne alınması lâzımdır. Bu sebepten kaynak metalinin bileşimini tespitinde, hem telin bileşimi hem de tozun bileşimi göz önüne alınarak aşağıdaki seçimler yapılabilir:

- a-) Alaşımli bir tel kullanmak,
- b-) Alaşimsız bir tel ile alaşımli bir kaynak tozu kombinezonu seçmek,
- c-) Alaşım elemanı ihtiva eden bir örtü ve alaşimsız bir telden ibaret olan kompoze elektrodlar kullanmak.

4.- Tozaltı kaynağında kullanılan kaynak tozları

Tozaltı kaynağındaki kaynak tozları, el ile yapılan ark kaynağındaki elektrod örtüsünün görevini yerine getirir. Bu görev fiziksel olarak:

a-) Kaynak banyosunu havanın zararlı etkisinden koruma,

b-) Dikişe uygun bir form verme,

c-) Dikişin yavaş soğumasının sağlanması, olarak sıralanabilir. Kaynak tozu metalürjik olarak da, kaynak banyosuna ilâve ettiği elemanlarla yanma kaybını ortadan kaldırır ve dengeler.

Tozaltı kaynağında kullanılan tozlar, çeşitli yönlerden sınıflandırılabilirler. Bu sınıflandırma aşağıdaki biçimde yapılabilir:

A-) Kaynağın amacına göre

a-) Hızlı kaynak tozları

b-) Derin nüfuziyet kaynak tozları

c-) İnce sac kaynağı tozları

d-) Aralık doldurma kabiliyetine sahip kaynak tozları

B-) İmâl şekline göre

a-) Erimiş kaynak tozları

b-) Sinterlenmiş kaynak tozları

c-) Aglomere kaynak tozları

C-) Kimyasal karakterine göre

a-) Asit karakterli tozlar

b-) Bazik karakterli tozlar

c-) Nötr karakterli tozlar

D-) Manganez miktarına göre

a-) Yüksek manganezli Tozlar

b-) Orta manganezli tozlar

c-) Manganezsiz tozlar

Erimiş tozlar; suni olarak eritilmiş silikatlardır ve katı hallerinde kristal karakterli amorf kütlelerdir. Bu tozların imalâtında kuvars, manganez cevheri veya dolomit, kalkspat ve kil gibi maddeler uygun miktarlarda karıştırılarak eritilir. Eritme işleminde ark fırınları veya alevli fırınlar kullanılır.

Sinterlenmiş tozların imalinde uygun bileşimdeki malzeme karışımı öğütülür. Daha sonra öğütülmüş tozlar belirli büyüklükte taneler halinde preslenir ve alevli fırınlarda sinterlenir. Sinterlenen taneler daha sonra tekrar ufaltılır ve istenen tane büyüklüğünde olanlar ayrılır.

Aglomere tozlar; ince öğütülmüş toz halindeki hammaddeye belirli büyüklükte olan hammaddenin katılması ve bir yapıştırıcı ile aglomere edilmesiyle elde edilir. Aglomere olmuş bu karışım daha sonra neminin alınması için, bir tavlama tabii tutulur. Aglomere tozlar son zamanlarda genişçe kullanılmakta olup, erimiş tozlara göre çeşitli üstünlükleri vardır. Aglomere tozlarla kaynak metali daha iyi

alaşımlandırılabilirmekte, toz sarfiyatı daha az olmaktadır.

4.1.- Kaynak tozundan istenen hususlar

İyi bir kaynak tozunun aşağıdaki hususları gerçekleştirmesi gerekir:

a-) Kararlı bir ark sağlanmalıdır. Bilhassa alternatif akım ile kaynakta, akım yön değiştirirken arkın sönmesini önlemelidir.

b-) istenen kimyasal bileşim ve mekanik özelliklere sahip bir kaynak dikişi vermelidir.

c-) Uygun ve temiz bir iç yapı sağlamalıdır.

d-) Kaynak dikişinde, herhangi bir gözenek ve çatlak teşekkülüne sebep olmamalıdır.

e-) Kök pasolarının ve dar aralıkların kaynağında, cürufu kolayca kalkabilmelidir.

f-) Gözenek teşekkülüne sebep olacak organik maddeler ihtiva etmemelidir.

g-) Az nem çekmelidir.

4.2.- Tozların kimyasal bileşimleri ve kaynak metaline etkileri

Genel olarak kaynak tozlarının büyük bir kısmını, SiO₂ teşkil eder. SiO₂ kaynak tozunun yüksek akım şiddetiyle yüklenmesini temin eder, aynı zamanda iyi bir dezoksidandır ve cürufu daha akıcı hale getirir. Tozların içerisinde miktar olarak ikinci büyük madde, MnO'dir. MnO dikişin emniyeti bakımından önemlidir. Fakat tozun içerisindeki MnO miktarı arttıkça, yüksek akım şiddetiyle yüklenebilme kabiliyeti azalır. Bu sebepten yüksek akım şiddetiyle yüklenen tozlarda MnO bulunmaz. Fakat manganezsiz ve silisyum miktarı yüksek tozlar kir ve pasa karşı çok hassas olduğundan, parçaların kaynak ağızlarının çok iyi temizlenmesi gerekir.

Tozda bulunan SiO₂ kaynak sırasında redüklenerek, dikişe Si verir. SiO₂ miktarı arttıkça, dikişe geçen Si miktarı da artar. Silisyum kaynak esnasında kaynak banyosunu de-zokside ederek, dikişin gözeneksiz çıkmasını temin eder; kükürt ve fosfor segregasyonunu azaltır. Kaynak dikişindeki silisyum ve manganez birbirlerine göre miktarları, dikişin mekanik özellikleri yönünden önemlidir. Manganezin silisyuma oranı en az 2/1 olmalıdır. (3/1'e kadar çıkabilir). Bu oran üzerinde seçilen kaynak teli ve tozunun etkisi olduğu kadar, çalışma şartlarının da tesiri vardır. Çalışma şartlarında akım şiddeti yükseldikçe, manganez ve silisyumun yanma oranı artar. Böylece dikişe geçen manganez ve silisyum miktarı azalır. Kaynak hızının artması, ark geriliminin azalması kaynak metalindeki manganez ve silisyum oranını azaltır. Yine kaynak teli çapının ve kaynak ağızı açısının artması, dikişteki manganez ve silisyum miktarlarını artırmaktadır.

4.3.- Kaynak tozlarının fiziksel etkileri

Kaynak tozunun özgül ağırlığı, erime aralığı, akıcılığı, tane büyüklüğü ve yığılma yüksekliği kaynak dikişi üzerinde aşağıdaki fiziksel etkileri yapar:

a-) Ark bölgesini atmosferin zararlı etkilerine karşı korur,

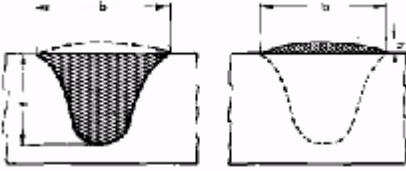
b-) Katılaştıran cüruf, dikişin yavaş soğumasını sağlar,

c-) Dikişin dış formunu oluşturur,

d-) Esas metal ile kaynak metali arasındaki geçiş bölgesinde çentik oluşturmaz.

5.- Kaynak dikişinin formu

Kaynak dikişinde dikiş formu denince, dikişin yüksekliği, derinliği ve genişliği anlaşılır. Dikiş formu, iç ve dış dikiş formu olarak ikiye ayrılır. (Şekil V.2).



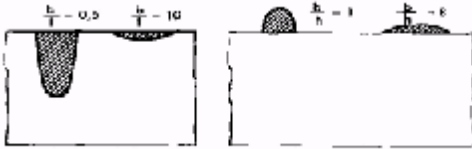
Şekil V.2.- İç ve dış dikiş formu (şematik)

Her dikiş formu; nüfuziyet derinliği, erime genişliği ve dikiş yüksekliği ile karakterize edilir. Nüfuziyet derinliği (t), erime genişliği (b) ve dikiş yüksekliği (h) ile gösterilirse; iç dikiş formu (b/t) ve dış dikiş formu (b/h) ifadeleriyle belirtilir (Şekil V.2). (b/t) ve (b/h) oranları aşağıdaki değerlerde olabilir:

İç dikiş formu : 0,5 - 10

Dış dikiş formu : 1,8

Yukarıdaki değerler şematik olarak şekil V.3'de görülmektedir.



Şekil V.3.- İç ve dış dikiş formunun maksimum ve minimum değerleri (şematik)

Dikiş formu, kaynaklı bağlantıdan beklenen özelliklerin sağlanması bakımından önemlidir.

Dikiş formuna tesir eden faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

a-) Akım şiddeti: Akım şiddeti arttıkça, bilhassa iç dikiş formu değişmekte ve nüfuziyet artmaktadır.

b-) Akım yoğunluğu: Akım yoğunluğunun artmasıyla; yani aynı akım şiddetinde tel çapının azalmasıyla; nüfuziyet ve dikiş yüksekliği artar (Şekil V.4).



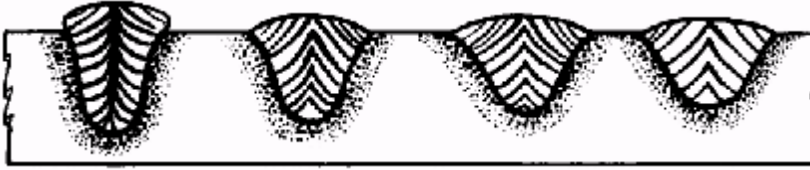
Şekil V.4.- Tel çapının dikiş formu üzerindeki etkisi (şematik)

c-) Kaynak hızı: Kaynak hızının artmasıyla, nüfuziyet ve dikiş genişliği azalır (Şekil V.5).



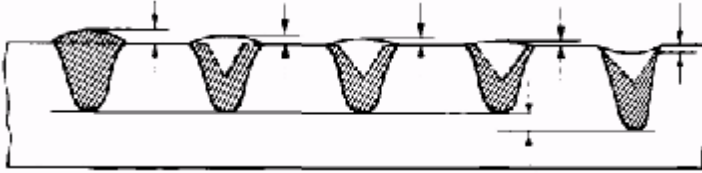
Şekil V.5.- Kaynak hızının dikiş formu üzerindeki etkisi (şematik)

d-) Ark gerilimi: Ark geriliminin artmasıyla; dikiş genişliği artarken, nüfuziyet ve dikiş yüksekliği azalır (Şekil V.6).



Şekil V.6.- Ark geriliminin dikiş formu üzerindeki tesiri (şematik)

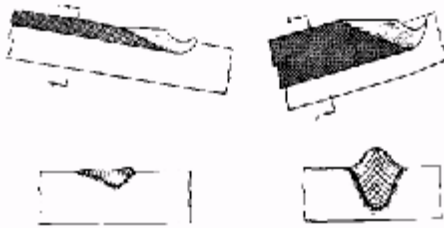
e-) Kaynak ağzının hazırlanma şekli: Kaynak ağzı açısındaki değişmeye göre, dikiş formunda oluşan değişimler şematik olarak şekil V.7'de görülmektedir. Ağız açısı büyüdükçe, nüfuziyet artmakta ve dikiş yüksekliği azalmaktadır.



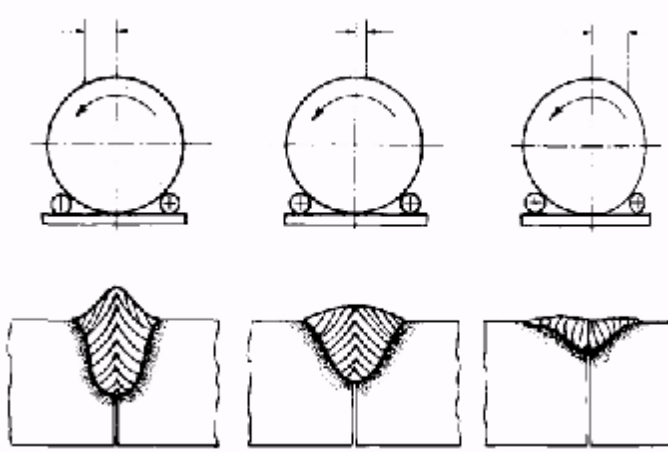
Şekil V.7.- Ağız açısının dikiş formu üzerindeki tesiri (şematik)

f-) Ağızlar arasındaki aralık

g-) Kaynak yapılan parçanın eğimi: Parçanın eğiminin tesiri, şekil V.8'de olduğu gibidir. Eğimin $6 \times$ 'yi aşması halinde bu etki kendisini göstermektedir. Silindirik parçaların kaynağında, kaynak kafasının bulunduğu yere göre bu tür eğimli kaynaklar ortaya çıkmıştır (Şekil V.8).



Şekil V.8.- Parçaların eğiminin dikiş formu üzerindeki etkisi (şematik)



Şekil V.9.- Silindirik parçaların çevresel dikişlerinin kaynağında, telin bulunduğu mevkiin dikişin formu üzerine etkisi.

h-) Akım cinsi ve kutup durumu: Doğru akımla kaynakta elektrodun negatif kutba bağlanması (doğru kutuplama) halinde, pozitif kutba bağlamaya *nazaran* daha yüksek erime ve derin nüfuziyet sağlanmaktadır. Alternatif akım ile kaynakta elde edilen nüfuziyet ve erime gücü, doğru akımda her iki kutupta yapılan kaynağın ortalamasıdır.

i-) Kaynak kablosunun bağlantı yeri: Kablonun bağlantı yeri, ark üflemesine tesir eder. Ark üflemesi ise, şekil V.10'da görüldüğü gibi dikiş formunu değiştirmektedir. Bu sebepten kablonun bağlantı yeri, uygun bir ark üflemesi sağlayacak biçimde seçilmelidir.



Şekil V.10.- Ark üflemesinin dikişin iç formu üzerindeki etkisi (birleşme kifayetsizliği).

k-) Kaynak tozunun tane büyüklüğü ve yığılma yüksekliğinin tesiri: Tozun tane büyüklüğü arttıkça; nüfuziyet ve dikiş yüksekliği az miktarda düşmekte, dikiş genişliği de bir miktar artmaktadır.

l-) Kaynak telinin memenin dışında kalan kısmının artmasıyla, nüfuziyet azalır ve dikiş yüksekliği artar.

6.- Tozaltı kaynağında kaynak ağızlarının hazırlanması ve birleştirme şekilleri Yüksek erime gücü olan bir kaynak türü olması sebebiyle, tozaltı kaynağında kaynak ağızlarının hazırlanması büyük önem taşır. Kaynak ağızlarının hazırlanmasında aşağıdaki faktörler gözönüne alınır:

- a-) Esas metalin cinsi ve erime şekli
- b-) Parçanın kalınlığı

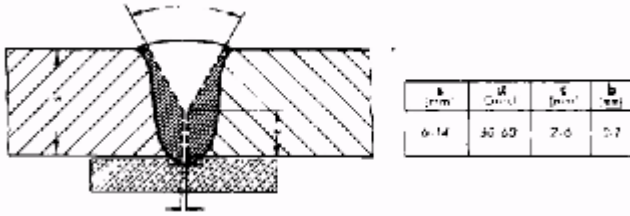
- c-) Kaynak pozisyonu
- d-) Tek veya çift taraflı kaynak yapılabilme imkânı
- e-) Paso sayısı
- f-) Kaynak makinasının gücü ve otomasyonu

Yukarıda sayılan faktörler göz önüne alınarak iki temel ağız hazırlama usulü tatbik edilir:

A-Yardımcı vasıtalarla ağız hazırlama

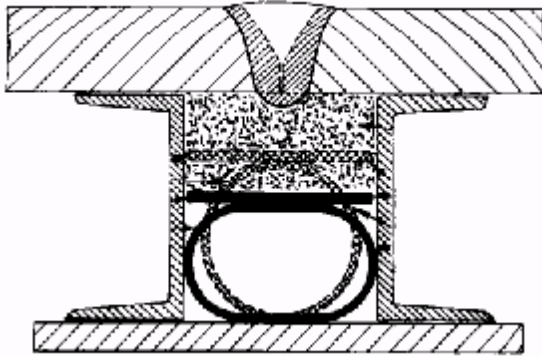
Bütün kaynak kesitinin erimesini temin etmek üzere altlık adı verilen, yardımcı vasıtalar kullanılır. Yardımcı vasita olarak bakır veya sac şerit altlık, toz altlık, kullanılabilir.

Bakır altlık ile kaynak yapılırken, birleştirilecek ağızların altına bir bakır altlık konur ve levhalara bastırılır. Altlığın parçalara bastırılması kısa parçalarda bir eksantrik sistemle, uzun parçalarda ise pnömatik veya hidrolik sistemle yapılır. Ergimiş metalin akması için, bu bastırma işleminin üniform seklinde olması lazımdır. Şekil V.11'de bakır altlık kullanılarak hazırlanmış bir kaynak ağızı görülmektedir.



Şekil V.11.- Bakır altlık ile ağız hazırlamada, hazırlama şekli ve ölçüleri.

Toz altlıkla ağız hazırlamada, kaynak ağızı altında basınçlı bir toz ile desteklenir. Toza gerekli basınç, içinden basınçlı hava geçen bir hortumdan sağlanır (Şekil V.12). Dikişin biçimi, hortumdan geçen hava basıncına bağlıdır. Basıncın uygun olmaması halinde, şekil V.13'de görülen ve uygun olmayan dikiş formları meydana gelir.



Şekil V.12.- Toz altlık kullanarak yapılan kaynakta ağız hazırlanması ve gerekli yardımcı vasıtalar.

1: Lastik hortumdan basınçlı hava geçmeden evvelki durum

2: Lastik hortumdan basınçlı hava geçtikten sonraki durum.

Altlığın kaynaktan sonra kaldırılmasının sözkonusu olmadığı hallerde, sac altlık kullanılır. Uygulama şekli bakır altlıkta olduğu gibidir. Sac şerit kalınlıkları aşağıdaki ölçülerdedir:

Sac kalınlığı 10 mm'ye kadar ise:

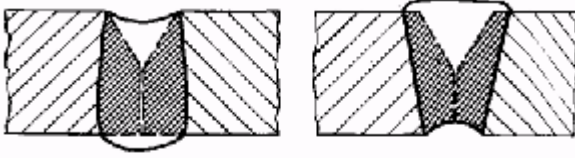
Şerit kalınlığı 0,5 x sac kalınlığı

Şerit genişliği 40 mm

Sac kalınlığı 12 mm'den büyük ise:

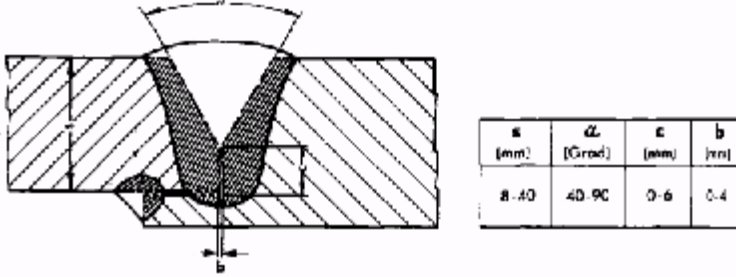
Şerit kalınlığı (0,2 veya 0,3) x sac kalınlığı

Şerit genişliği 60 mm (maksimum)



Şekil V.13.- Tok yatağa tatbik edilen basıncın az veya çok olması halinde dikisin formu.

Bazı hallerde sac şerit yerine, şekil V.14'de görülen ve parça üzerinde hazırlanan bir diş kullanılır.



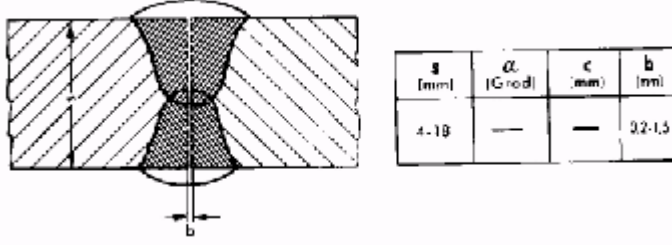
Şekil V.14.- Parça üzerinde diş bırakarak, altlığı ağız hazırlama.

B-) Yardımcı vasıta kullanmadan ağız hazırlama

Genel olarak 16 mm'den kalın saclar, iki tarafından kaynak yapılır. Bu takdirde de, kaynak ağızlarının yardımcı vasıtaya lüzum kalmadan hazırlanması gerekir. Sac kalınlığına da bağlı olarak, pratikte aşağıdaki ağız tipleri kullanılır:

- I- (küt) alın dikişi
- Y- alın dikişi
- Simetrik ve simetrik olmayan çift Y- alın dikişi.

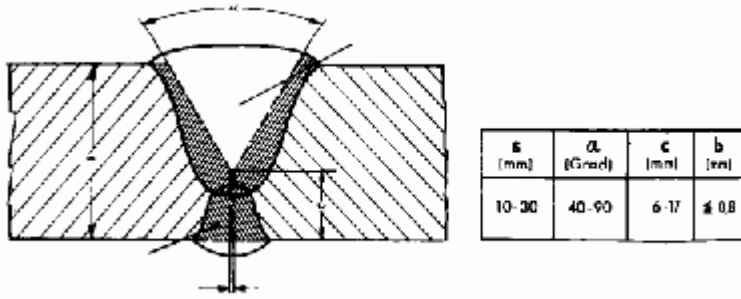
I- alın birleştirmede kaynak yapılacak parçalar küt olarak, alın altına getirilir ve birinci pasoda kesitin en az %50'si kaynak edilir. Sonra ters çevrilir ve diğer taraftan kaynak yapılır. Şekil V.15'te şematik olarak uygulaması görülmektedir.



Şekil V. 15.- Tozaltı kaynağında I-alın dikişinin hazırlanması.

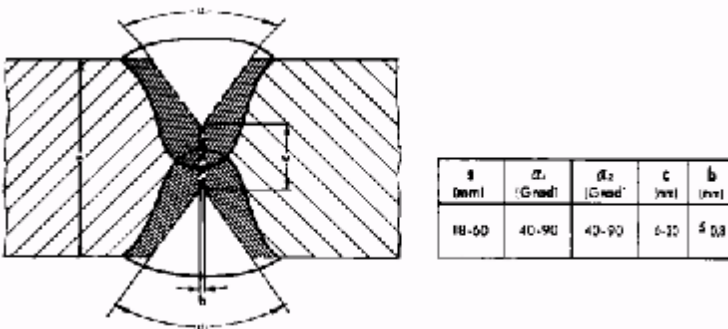
I- alın birleştirilmesi, genellikle 4 ilâ 18 mm kalınlıklardaki saclara tatbik edilir. Saclar arasında bırakılacak aralık önemli olup; 10 mm sac kalınlığına kadar 0,5 mm ve 18mm kalınlığa kadar ise en çok 1 mm'dir.

Y- alın dikişi 16 ilâ 30 mm kalınlıklardaki saclara uygulanır. Kaynak ağzının şekli ve ölçüleri, şekil V.16'da olduğu gibidir.



Şekil V. 16.- Y-alın dikişinin hazırlanması.

Simetrik çift Y-alın dikişi, 18 ilâ 60 mm kalınlıklardaki saclara tatbik edilir (Şekil V.17).

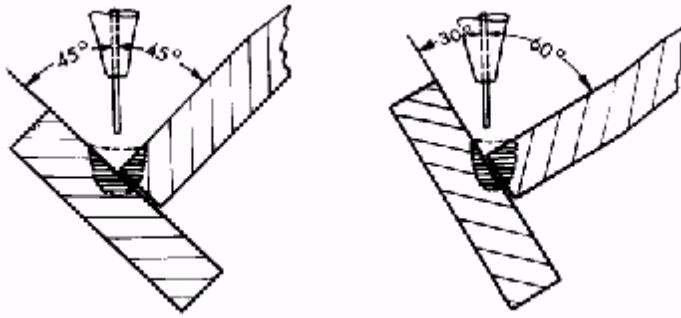


Şekil V. 17.- Çift Y-alın dikişinin hazırlanması.

Sac kalınlıklarına bağılı olarak V,Y, çift-Y, U biçimleriyle, çok pasolu olarak kaynak yapılabilir.

Kaynaklı bağlantılar alın birleştirmelerin yanında, iç ve dış köşe birleştirmeleri şeklinde olabilirler. İç köşe birleştirmeleri oluk veya yatay pozisyonlarda yapılabilir.

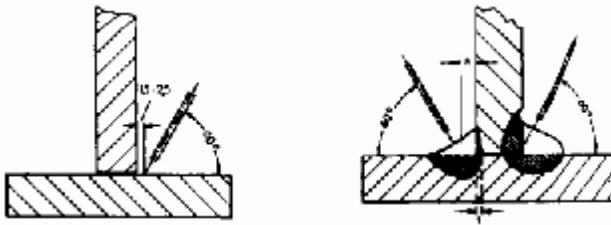
Oluk pozisyonunda iç köşe kaynağında parça kalınlıklarına bağılı olarak kaynak kafası parçalara göre simetrik veya asimetrik pozisyonda olabilir. Böylece parça kalınlıklarına bağılı olarak, her parçada değişik nüfuziyet elde edilmiş olur (Şekil V.18).



Şekil V. 18.- Topaltı kaynağında iç köşe birleştirmelerinde, simetrik ve asimetrik pozisyon.

Yüksek akım şiddeti kullanılarak, tek paso ile 12 mm'ye kadar kalınlıklarda kaynak yapılabilir. Dikey sac kalınlığının 12 mm'yi geçmesi halinde, dikey parça üzerinde ağız açmak lazımdır.

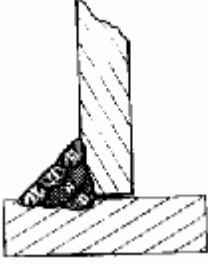
Yatay pozisyonda kaynakta, iki taraflı olarak kaynak yapma imkânı vardır. Eşit kalınlıkta levhaların kaynaklanmasında simetrik dikiş elde edilebilmesi için, kaynak teli yatay levha ile 60°'lik bir açı teşkil etmelidir. Aynı zamanda telin ekseninin dikiş ekseninden 1,5 ilâ 2,5 mm açıktaki olması lazımdır. Bu uzaklığın değişmesi halinde parçalarda erime derinlikleri değişmektedir (Şekil V.19).



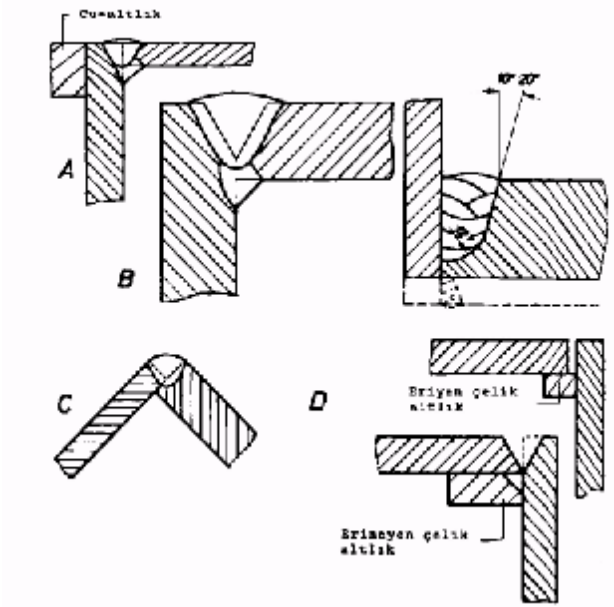
Şekil V.19.- Yatay pozisyonda iç köşe kaynağında simetrik dikiş için, telin parçalara göre durumu.

Yatay pozisyonda iç köşe kaynağında çok paso kullanılması durumunda, pasoların teşkili şekil V.20'de görüldüğü gibi olmalıdır.

Dış köşe birleştirmelerinde kullanılan ağız biçimleri, şekil V.21'de görülmektedir.



Şekil V.20.- Yatay pozisyonda iç köşe kaynağında, çok pasoda takip edilecek sıra



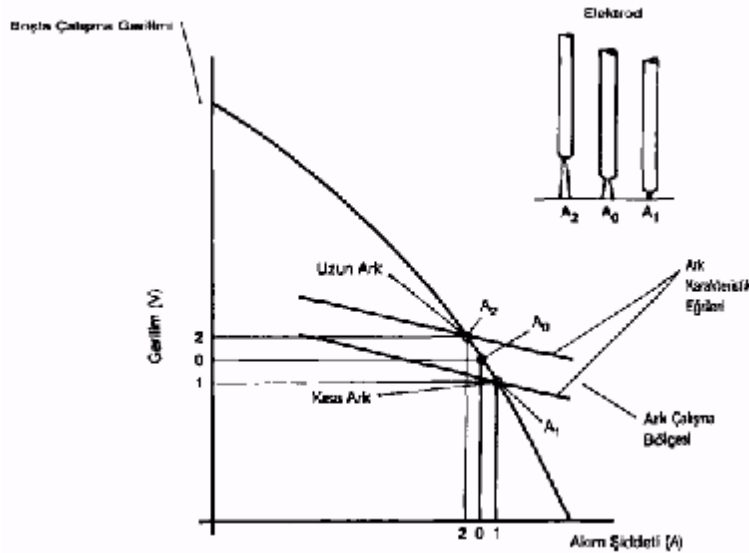
Şekil V.21.- Dış köşe birleştirmelerinde kullanılan kaynak ağız şekilleri.

7.- Tozaltı kaynağında akım ayarı

Tozaltı kaynağında ark geriliminin dikiş formu ve kaynak metalinin metalürjik bileşimi üzerinde önemli tesirleri olması sebebiyle, sabit tutulması gereklidir. Ark boyunun değişmesiyle, arkta eriyen kaynak tozu miktarı değişir.

Kullanma yerine göre düşen veya sabit tip statik karakteristikli bir makina kullanılır. İki ayrı karakteristik, prensip olarak şekil V.22'de görülmektedir. Burada (I) eğrisi alçalan tip, (II) eğrisi sabit tip

statik karakteristiği ifade etmektedir. Statik karakteristikler ile ark karakteristiğinin kesişme noktası olan A_1' , ilk çalışma noktasıdır. Ark geriliminin herhangi bir sebeple değişmesi halinde, yeni çalışma noktası A_2 ve A_2 olur. Akım şiddetlerinde meydana gelen azalma, telin erime hızını azaltır ve böylece ark boyu tekrar eski halini alır. Düşen tip statik karakteristikli makinalarda akım şiddetindeki azalma yetersiz olursa, ark boyunun ayarlanması için çeşitli ayar sistemleri kullanılır.



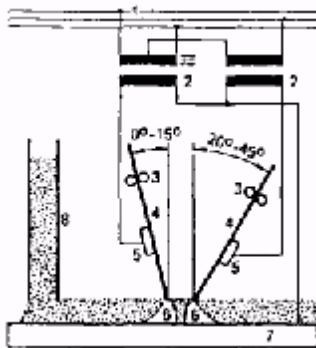
Şekil V. 22.- Alçalan ve sabit tip statik karakteristikler.

8.- Uygulamada kullanılan diğer tozaltı kaynak usulleri

Büyük kullanma imkânları sebebiyle, tozaltı kaynağının kullanma yerlerine göre çeşitli özel tipleri geliştirilmiştir. Bu özel uygulamalar aşağıda ele alınacaktır.

A-) Tandem tozaltı kaynak usulü

Birbirini takip eden ve aynı yörüngede hareket eden iki elektrod ile yapılan bir tozaltı kaynak usulüdür (Şekil V.23). Bu sistem aşağıdaki avantajları sağlamaktadır:



Şekil V.23.- Tandem tozaltı kaynak usulünün prensibi.

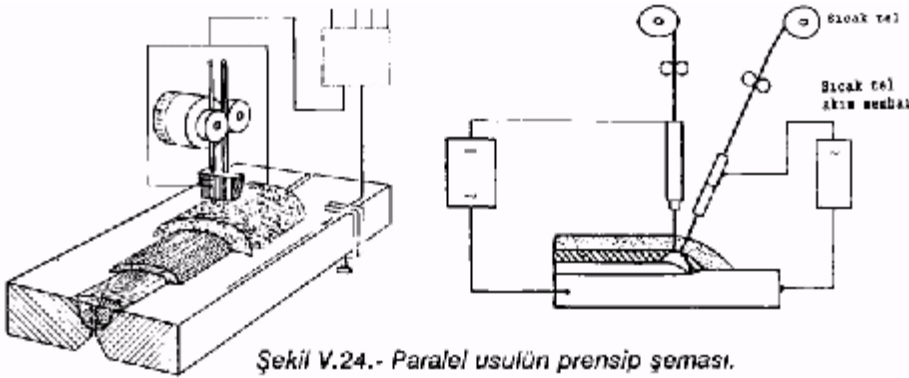
- a-) Kaynak hızı yükselir,
- b-) Gözenek teşekkülü büyük ölçüde önlenir,
- c-) Dikişlerin çatlama karşı emniyeti artar,
- d-) Dikişlerin kalitesi yüksektir.

Yukarıda sayılan sebeplerden dolayı tandem usulü, doldurma kaynakları ve paslı parçaların kaynaklarında iyi netice vermektedir.

B-) Paralel tozaltı kaynak usulü

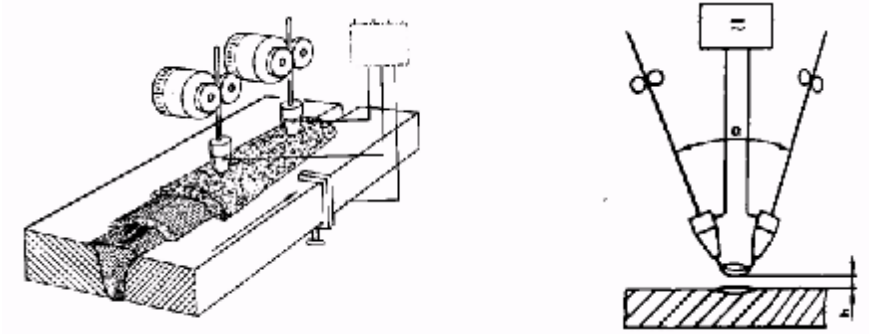
İki elektrodun yan yana hareket etmesiyle, yapılan kaynak usulüdür (Şekil V.24). Bu usulün sağladığı faydalar şöyledir,

- a-) Nüfuziyet kontrol edilir.
- b-) Kaynak banyosunun parçayı delme tehlikesi azalmaktadır,
- c-) Aralık doldurma kabiliyeti artmıştır,
- d-) Dikiş formunu değiştirme imkânı ortaya çıkar.



C-) Seri tozaltı kaynak usulü

Şekil V.25'de şematik olarak verilen bu usulde, nüfuziyet ve esas metal ile kaynak telinin karışım oranlarının kontrolü mümkün olmaktadır. Böylece nüfuziyeti az, doldurma kaynaklarının yapılması mümkün olmaktadır. Bu usulde kaynak arkı, birbirine seri olarak bağlanmış iki elektrod arasında meydana gelir. Bu ark sayesinde, parçalar erir. Seri tozaltı kaynak, aşağıdaki faydaları sağlar:

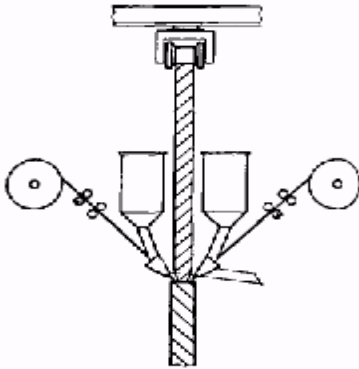


Şekil V.25.- Seri tozaltı kaynak usulü.

- a-) Erime gücü fazladır,
- b-) Toz sarfiyatı azdır.
- b-) Toz sarfiyatı azdır.
- c-) Nüfuziyeti az olduğundan, ince sacların ve kaplı sacların kaynağı için uygundur.

D-) Korniş usulü tozaltı kaynağı

Dik pozisyonda alın altına getirilmiş sacların, aynı anda iki taraftan kaynağının mümkün olduğu kaynak usulüdür (Şekil V.26). Böylece hızlı ve dengeli kaynak yapma imkânı olmaktadır.



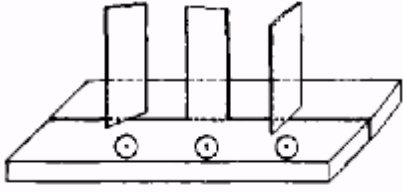
Şekil V.26.- Korniş usulü tozaltı kaynağı

E-) Bant elektrodla tozaltı kaynağı

Tel elektrod yerine, bant şeklindeki elektrodun kullanıldığı bir tozaltı kaynak usulüdür. Böylece şu avantajlar elde edilmektedir:

- a-) Erime gücü yüksektir,
- b-) Nüfuziyet azdır,
- c-) Dikişte gözenek azdır,
- d-) Yüksek bir ekonomi sağlanır.

Bant elektrodlar genellikle, dikdörtgen kesitlidirler ve ark bütün elektrod kesitinde teşekkül eder. Elektrodun hareketi enine, boyuna ve diagonal biçimde olabilir (Şekil V.27).



Şekil V.27.- Bant elektrodla tozaltı kaynağı.

9.- Literatür

(1)-ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Tekniği Cilt II"

İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 883, 1972

(2)-ANIK, Selâhaddin - TÛLBENTÇİ, Kutsal

"Tozaltı kaynak tekniği"

Türk Kaynak Cemiyeti Yayını, No.19, 1969

(3)- ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Teknolojisi El Kitabı"

Ergör Matbaası, 1983

VI. BÖLÜM

GAZALTI ARK KAYNAĞI

1.-Tarifi ve sınıflandırılması

Kaynak yapılacak bölgenin bir gaz ortamı ile korunduğu, ark kaynağı türü "gazaltı ark kaynağı" olarak adlandırılır. Koruyucu gazla kaynak olarak da bilinen bu kaynak usulü ilk defa 1926 yılında "Alexander" usulü olarak ortaya çıkmıştır. Bu usulde kaynak bölgesi, metanol gazı ile korunmakta idi. Bundan başka yine 1926 senesinde kaynak yerinin hidrojen gazıyla korunduğu, "ark atom" ve 1928'de oksijenasetilen aleviyle korunan "Arcogen" usulleri geliştirilmiştir.

Daha sonraki senelerde yapılan çalışmalarda, koruyucu gaz olarak helyum ve argon gibi soy gazlar, karbondioksit gibi aktif gazların kullanılması uygulama alanına girmiştir.

Gazaltı kaynağında arkın teşekkülü için kullanılan elektrod malzemesi ve koruyucu gazın cinsine göre, aşağıdaki gibi sınıflandırma yapılabilir:

a-) Erimeyen elektrodla yapılan gazaltı kaynağı

a¹) Erimeyen iki elektrodla yapılan gazaltı kaynağı (ark atom kaynağı)

a²-) Erimeyen bir elektrodla yapılan gazaltı kaynağı (TIG)

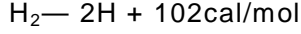
b-) Eriyen elektrodla yapılan gazaltı kaynağı

b₁) Çıplak elektrodla soygaz atmosferi altında gazaltı kaynağı (MIG)

b₂-) Eriyen metal elektrod ile, karbondioksit atmosferi altında gazaltı kaynağı (MAG)

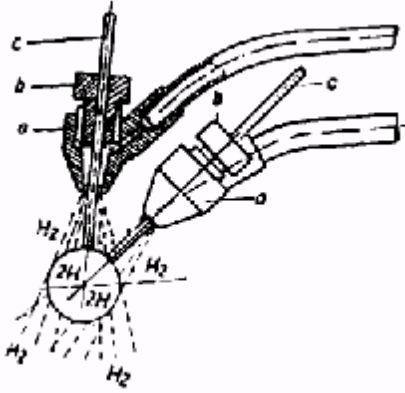
2- Ark atom gazaltı ark kaynağı

Atomik hidrojen kaynağı olarak da bilinen bu gazaltı kaynağı türü, en eski gazaltı kaynağı uygulamasıdır. Koruyucu gaz olarak kullanılan hidrojen gazı, ark sıcaklığında ısı alarak aşağıdaki denkleme göre atomal hale geçer (Şekil VI.1):



Atomal hale geçen hidrojen, daha sonra birleşerek molekül halini alır ve aldığı ısıyı geri verir.

Ark atom kaynağında, özel kaynak transformatörleri kullanılır. Bunlarda boşta çalışma gerilimi yüksek olup, 60-80 volt arasında çalışma gerilimleri vardır. Elektrod olarak, %99,8 - 99,9 saflıkta tungsten elektrodlar kullanılır. Elektrodların çapları, 1,5 - 3 mm olup, boyları normal olarak 300 mm'dir. Hidrojen gazı kaynak yerine 0,3 atmosfer basınçta sevk edilir. Isıyı çabuk ileten alüminyum gibi malzemelerin kaynağında, ön tavlama yapılması faydalı olur. Atomik hidrojen kaynağında kullanılan ağız şekilleri, tablo VI.1'de verilmiştir.



Şekil VI. 1.- Ark atom kaynağında kullanılan üfleç.

a-) Üfleç kafası, b-) Meme, c-) Tungsten elektrod.

Tablo VI. 1.- Ark atom kaynağında kullanılan ağız şekilleri.

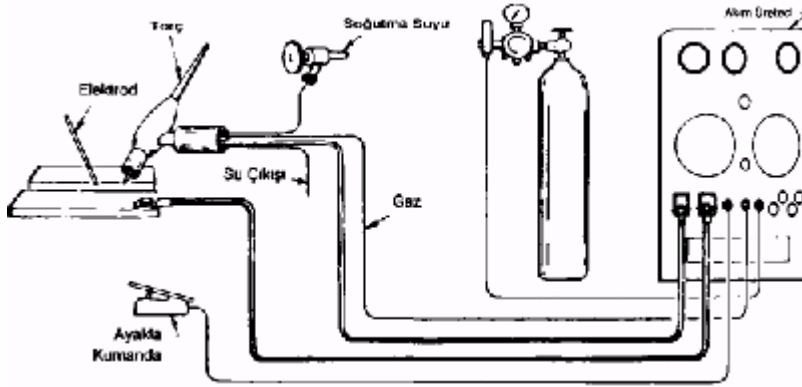
Sac	Kaynak	Elektrod çapı	Paso sayısı
1-1,5	Kıvrık	1,5	1
1-2	Küt	1,5	1
2-3	Küt	1,5	1
3-5	Küt	1,5-2	1
5-8	V-alın,	2-3	1-2

3.- TIG - Kaynağı

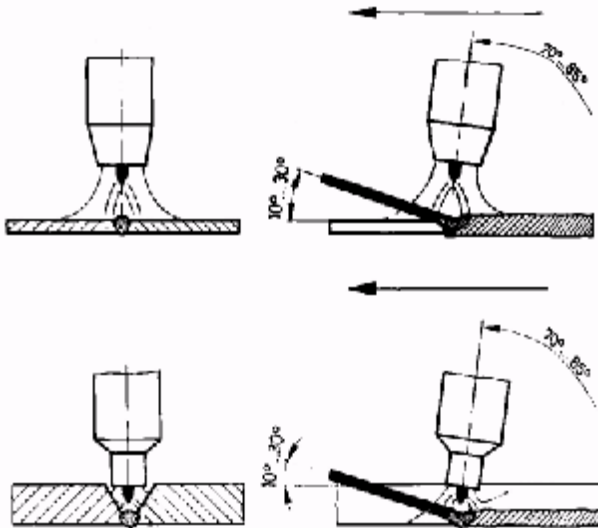
Amerika Birleşik Devletlerinde ilk geliştirildiği yıllarda magnezyum gibi hafif metal alaşımlarının kaynağında, helyum gazı koruyucu atmosferinde yapılmıştır (heliark kaynağı).

TIG sembolü, "Tungsten Inert Gas" kelimelerinin baş harflerinin alınmasıyla meydana getirilmiştir. TIG kaynağında tungsten elektrod ile iş parçası arasında ark teşekkül ettirilir ve bu ark havanın tesirinden argon veya helyum gazı atmosferiyle korunur. Kaynak işlemi için ayrıca, kaynak ilâve metaline (kaynak teli veya çubuğu) ihtiyaç vardır. Şekil VI.2'de TIG kaynağının prensibi görölmektedir.

Şekil VI.3'de de alın kaynağı yapılan ağız açılmış ince ve ağız açılmış (V-ağzı) kalın bir parçada TIG kaynağı uygulaması görölmektedir.



Şekil VI.2.- TIG Kaynak donanımı blok şeması



Şekil VI.3.- TIG Kaynağının uygulama örnekleri.

Kaynak üfleci kaynak esnasında, su veya hava ile soğutulmaktadır. Ayrıca bir otomatik kumanda

cihazı vardır. Bu tertibat soğutma devresi için bir güvenlik tertibatı, koruyucu gaz için ayar ventili, akım için otomatik şalter ve yüksek frekans jeneratörünü ihtiva eder. Böylece koruyucu gaz sarfiyatı ihtiyaca göre ayarlanır, soğutma tertibatı çalışmadan ark tutuşmaz ve üfleç korunmuş olur.

3.1.- TIG kaynağındaki koruyucu gazlar

TIG kaynağında başlangıçta helyum, daha sonra argon gazı kullanılmıştır. Her iki gaz da, tek atomlu ve soydur. Bu sebepten diğer elementlerle birleşmezler, renksiz ve kokusuzdurlar, yanmazlar. Helyum gazı havadan hafif, argon ise ağırdır. Bu sebepten helyum uçar ve koruma kabiliyeti azdır. Fakat argon, havadan daha ağır olması sebebiyle erimiş metali daha iyi korur. Yüksek akım şiddetinin kullanılması gereken hallerde, helyum gazı kullanılır. Çünkü bu gaz, daha yüksek ark gerilimi verir.

Hafif metal ve alaşımların kaynağında kullanılan argon gazının çok saf olması gerekir (%99,99). İçerisinde bulunabilecek su buharı, oksijen ve azot gibi gayri safiyetler kaynağın kalitesini düşürür. Bu sebepten paslanmaz çelik, bakır ve alaşımlarının kaynağında oksijen ve azotun oranları sırasıyla %0,1 ve 1,5'un altında olması gerekir.

Argon gazı 150-180 atmosfer basınçta ve içerisinde 6 ilâ 9 m³ gaz ihtiva eden tüplerde taşınır. Tüpteki basınç, basınç düşürme manometreleriyle kullanma basıncına düşürülür.

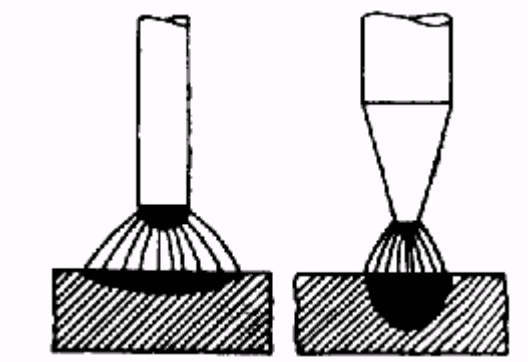
3.2.- TIG kaynağında kullanılan elektrodlar

TIG kaynağında kullanılan elektrodlar saf tungsten veya tungstenin toryum ve zirkonyum ile alaşımlandırılmasıyla elde edilen elektrodlardır. Bu elektrodlar, toz haldeki malzemenin sinterlenmesiyle elde edilir. Toryum ve zirkonyum ile alaşımlandırılmış elektrodların aşağıdaki üstünlükleri vardır:

- a-) İyi bir elektron emisyonu sağlarlar.
- b-) %25 daha yüksek akım şiddetiyle yüklenmeleri mümkündür,
- c-) Ömürleri daha uzundur ve sarfiyatları %50 daha azdır,
- d-) Ergimiş metal ile temas halinde, sıçrama ve buharlaşmaları azdır.

Toryum ile alaşımlandırılmış elektrodlar, kısa bir kullanımdan sonra uçlarında meydana gelen tırtırlarla tanınırlar. Elektrodların uygun akım şiddetleriyle yüklenmeleri gerekir. Aksi halde; aşırı yüklemeye, elektrod ucunda erime ve bu sebepten kararsız bir ark meydana gelir.

Elektrodun ucunun sıcaklığı akım yoğunluğu, akım cinsi, kutup durumu ve elektrodun çapına bağlıdır. Aynı zamanda, kaynaklanan parçalara verilen ısı elektrod ucunun formuna bağlıdır. Buna bağlı olarak dikiş formu da değişmektedir (Şekil VI.4). Elektrod ucunun dairesel olması halinde; nüfuziyetli az, genişliği fazla bir dikiş ve konik uçlu elektrodla genişliği az, nüfuziyeti fazla olan dikişler elde edilmektedir.



Şekil VI.4.- Aynı akım şiddetiyle yapılan TIG kaynağında, elektrod ucunun dikiş formu üzerindeki etkisi.

3.3.- Kaynak üfleçleri

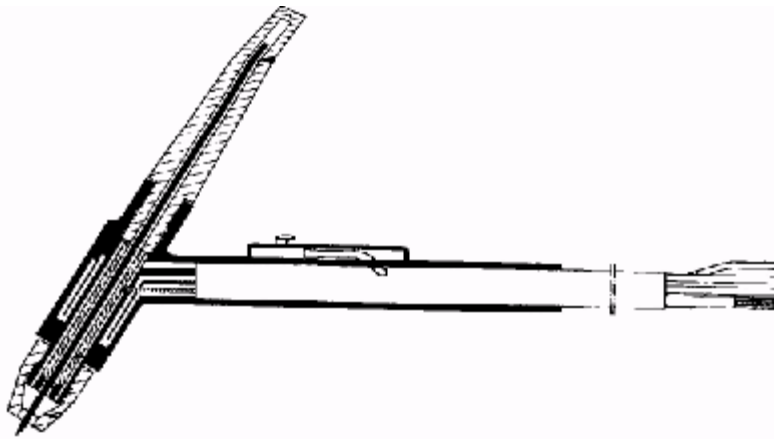
TIG kaynağında kullanılan bir üflecin yapısı, şekil VI.5'de görülmektedir. Hamlaç olarak da bilinen üfleçler; elektrod tutucu, gaz memesi ve soğutma zarfından meydana gelir. Gaz memeleri metal veya seramikten yapılır. Metal memeler su ile soğutulur.

3.4.- Akım membaı

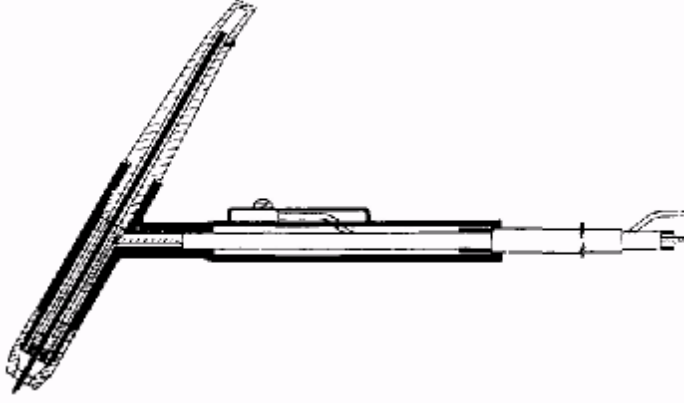
TIG kaynağında, doğru veya alternatif akım kullanılabilir. Fakat alüminyum ve magnezyum alaşımlarının kaynağında alternatif akım kullanılması gerekir.

Doğru akımda elektrodun negatif kutuba bağlanması durumunda (direkt kutuplama); derin bir nüfuziyet sağlanır, fakat erimiş banyoda elektriksel temizleme tesiri yoktur. Bu sebepten yüzeyde oksit tabakasının meydana geldiği, hafif metallerin kaynağında böyle bir kutuplama uygun değildir. Direkt kutuplama, bakır ve paslanmaz çelik gibi malzemelerin kaynağında uygun olmaktadır.

Ters kutuplama halinde, elektrod fazla ısınır ve bu kutuplama hafif metallerde ince sacların kaynağında kullanılır.



Şekil VI.5a.- Su soğutmalı TIG kaynağı üflecinin kesiti



Şekil VI.5b.- Gaz soğutmalı TIG kaynağı üflecinin kesit

Alternatif akım kullanılması halinde, direkt ve ters kutuplamadakinin arası bir dikiş formu elde edilir (şekil VI.6).

Akım üretici olarak jeneratörler, redresörler ve transformatörler kullanılabilir. Fakat iki tür akımı da verebilmesi sebebiyle, daha çok redresörler kullanılmaktadır.



Şekil VI.6.- Doğru akımda negatif ve pozitif kutba elektrodun bağlantışı ile alternatif akımdaki nüfuziyet miktarlar (şematik). Soldan sağa doğru:

- 1- Doğru akımda elektrod negatif kutba bağlı (Dikiş genişliği dar ve nüfuziyet derin),
- 2- Doğru akımda elektrod pozitif kutba bağlı (Dikiş genişliği fazla ve nüfuziyet az),
- 3- Alternatif akımda.

3.5.- Kaynak tekniği

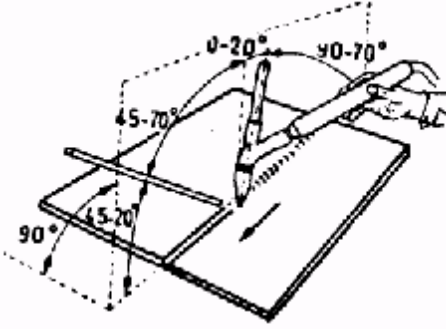
Kaynak kalitesinin yüksek olması için, kaynak ağızlarının ve ilâve metalin iyi temizlenmesi gerekir. Kir ve pislikler, mekanik olarak temizlenmesi lâzımdır. Kimyasal temizleyicilerin (trikloretilen gibi) kullanılması, ark sıcaklığında zehirli gazların teşekkülüne sebep olabilir.

Kaynak işlemi genel olarak, sağdan sola doğru yapılır. Hamlaç ve kaynak teline verilecek hareketler, oksii-asetilen kaynağındaki gibidir. Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında üflecini durumu, şekil VI.7'de

görülmektedir. Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında sac kalınlığının 16 mm'yi aştığı durumlarda, 150 x C'lik bir ön tavlama faydalı olur. Ark önce başka bir parça üzerinde tutuşturulduktan sonra, esas kaynak edilecek parçalar üzerine getirilmelidir. Parçalarda meydana gelebilecek distorsiyonları azaltmak için, parçaların kaynaktan önce tespiti veya aksi yönlerde tertiplenmesi gerekir.

Dökme parçaların kaynağında da çatlama meyli sebebiyle, 150 ilâ 250 xC arasında bir ön tavlama tatbik etmek gerekir.

TIG kaynağı bakır, magnezyum ve alaşımlarıyla, paslanmaz çeliklerin kaynağında da kullanılır.



Şekil VI.7.-Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında hamlacın durumu

3.6.- TIG kaynağının üstünlükleri ve kullanma alanları

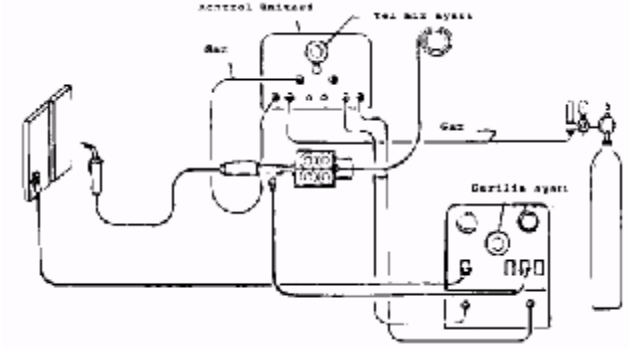
Genel olarak hafif metal ve alaşımlarla, bakır ve paslanmaz çeliklerin kaynağında kullanılan TIG kaynağı ile 15 mm kalınlığa kadar parçaların kaynağı yapılabilir. Ayrıca kaynak kabiliyeti kötü olan bronzlar, titanyum alaşımları, zirkonyum gibi malzemelerin kaynağı gözeneksiz olarak yapılabilir.

TIG kaynağının üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- a-) Kaynak hızı yüksektir,
- b-) Kaynak ısısı bir bölgeye teksif edilebilir,
- c-) Isıl distorsiyonlar azdır,
- d-) Kaynak dikişleri temizdir.
- e-) Kaynaktan sonra dikişin temizlenmesine lüzum yoktur,
- f-) Kolay mekanize edilebilir.

4.- MIG kaynağı

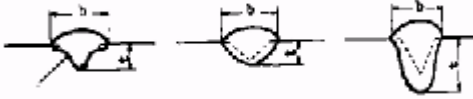
Soy gaz atmosferi altında eriyen elektrodla yapılan bu gazaltı kaynağı türü, SIGMA kaynağı olarak da bilinir. Soy gaz olarak genellikle, argon gazı kullanılmaktadır. MIG sembolü, Metal Inert Gas ifadesinin baş harflerinin alınmasıyla oluşturulmuştur. Şekil VI.8'de MIG kaynağının prensibi görülmektedir.



Şekil VI. 8.- MIG kaynak donanımı blok şeması

4.1.- Koruyucu gazlar

MIG kaynağında koruyucu gaz olarak argon, helyum veya ikisinin karışımı kullanılır. Hafif metallerin MIG kaynağında kullanılan argon gazının yüksek saflıkta olması gerekir (%99,99). Çelik malzemelerin MIG kaynağında ise, argon gazına oksijen ve karbondioksit gazları karıştırılır. Bu karışımda oksijen %3 ilâ 6, karbondioksit %5 ilâ 13 arasındadır. Gaz karışımına bağlı olarak, dikişte elde edilen dikiş formları değişmektedir (şekil VI.9). Karışımda oksijenin bulunması, arkın kararlılığını ve erimiş damlaların yüzeyde kolayca tutunmalarını sağlamaktadır. Ayrıca gözenek teşekkülünü de önlemektedir.



Şekil VI.9.- MIG kaynağında gaz karışımlarına göre dikiş formunun değişmesi

4.2.- Akım şekli ve menbai

MIG kaynağında doğru akım kullanılır ve elektrod, genellikle pozitif kutuba bağlanır (ters kutuplama).

Böylece hem derin bir nüfuziyet, hem de oksit tabakasının parçalanması sağlanmış olur. Paslanmaz çeliklerin iç köşe kaynağında ve doldurma kaynaklarında, elektrod negatif kutuba bağlanır.

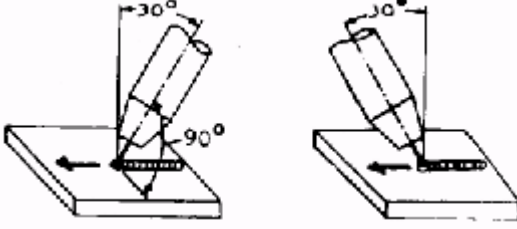
MIG kaynağında sabit tip statik karakteristikli kaynak makinaları kullanılır. Bu makinalarda akım şiddeti ayarı, ark gerilimi ayarlanarak yapılır. Kaynak telinin sabit hızda sevk edilmesi, ark boyunun otomatik olarak sabit tutulmasını temin eder.

4.3.- Çalışma tekniği

Bilinen dikiş biçimlerinin hepsine MIG kaynağı uygundur. Yatay pozisyonlarda hem el, hem de otomatik olarak kaynak yapılabilir.

Kaynak dikişinin yüksekliği, genişliği ve nüfuziyeti aynı hamaç tutuşunda kaynak gerilimini, kaynak akım şiddetini ve kaynak hızını değiştirerek ayarlanabilir. Bu faktörlerin etkileri, tozaltı kaynağında olduğu gibidir. Kaynak sırasında kaynak hamaçlı, kaynak yönüne ters istikamette en fazla 30°'lik bir eğimle tutulur. Böylece kaynakçı, kaynak banyosuna ve elektrodun erime işlemine kolayca bakabilir. Eğer

meyil fazla olursa, nüfuziyet azalır ve dikiş incelir. Aynı zamanda fazla meyil gazın koruma kabiliyetini azaltır, dikişte gözenek ve kalıntıların meydana gelmesine sebep olur. Böyle çalışma tarzı, ince sacların ve kök pasolarının kaynağında kullanılır. Eğer derin bir nüfuziyet ve kalın kaynak pasosu elde edilmek istenirse, hamlaca kaynak yönünde en fazla 30°'lik bir eğim verilir. Bu iki durum, şekil VI.10'da görülmektedir.



Şekil VI. 10.- MIG kaynağında hamlaca (üflece) verilen eğimler.

4.4.- Çeşitli malzemelerin MIG kaynağı

MIG kaynağı ile hemen hemen bütün malzemelerin kaynaklanması mümkündür. Fakat bazı kaidelere uyulması gerekir.

Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında yalnız doğru akım kullanılır ve otomatik olarak ilerleyen kaynak teli, daima pozitif kutba bağlanır. Kaynak ağızlarının iyi temizlenmesi, dikişte gözenek teşekkülünü azaltır. Yapılacak kimyasal temizlemelerde zehirli gaz oluşumlarından korunmak için, iyi bir havalandırma yapılmalıdır. İnce alüminyum levhaların kaynağında distorsiyonu azaltmak için, levhalar puntalanmalı ve geri adım usulüyle kaynaklanmalıdır.

Bakır ve alaşımlarının kaynağında, gerekli durumlarda 200 ilâ 400 xC'lik bir ön tavlama tatbik edilir. Makina ile kaynak yapılması durumunda, sola kaynak usulü tatbik edilir. Kaynak işlemi doğru akımla ve elektrod pozitif kutba bağlanarak yapılır.

Paslanmaz çeliklerin MIG usulüyle kaynaklanması, büyük üstünlük sağlar. Çünkü erimiş metal ile hava arasındaki reaksiyonlar sebebiyle, kayıplar önlenmektedir.

5.- MAG kaynağı

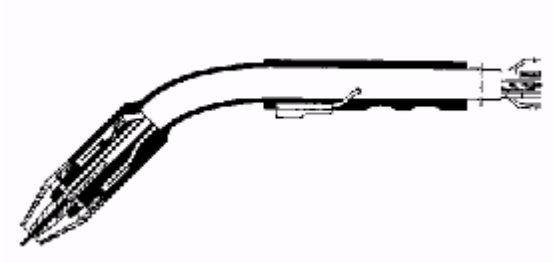
Eriyen elektrodla karbondioksit atmosferi altında yapılan, gazaltı kaynak usulüdür. MIG kaynağından tek farkı, kullanılan koruyucu gazın karbondioksit olmasıdır. Bu sebepten MIG kaynak donanımı, MAG kaynağında da kullanılır. MAG sembolü, "Metal Activ Gas" ifadesinin kelimelerinin baş harflerinin alınmasıyla, teşkil edilmiştir.

MAG kaynağı; alüminyum ve alaşımları gibi kolayca oksitlenen malzemelerin kaynağında kullanılmaz. Günümüzde büyük oranda, çelik malzemelerin kaynağında kullanılmaktadır.

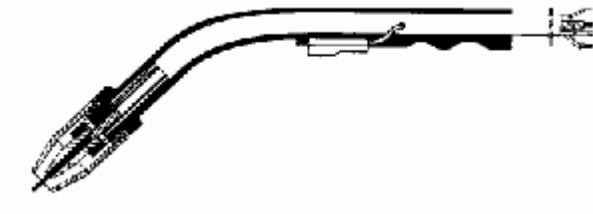
MAG kaynağında kullanılan karbondioksit; renksiz kokusuz ve havadan ağır bir gazdır. Kullanılacak karbondioksit gazının saf ve kuru olması gerekir. Gaz içerisinde bulunabilecek rutubet, dikişi

gevrekleştirir ve gözenek teşekkölüne sebep olur. Kaynak sıcaklığında karbondioksit gazı, karbonmonoksit ve oksijene ayrırır. Ayrıca CO₂, sıvı haldeki demir ile birleşerek demiroksit meydana getirir. Demiroksit ise manganez ve silisyum ile birleşerek, bu elementlerin kaybına sebep olur. Bu kaybın karşılanabilmesi için, kaynak telinin bu elementlerce zengin olması gerekir. Bundan başka CO₂, karbon ile birleşerek karbon kaybına ve karbondioksit, ayrırarak karbon teşekkölüne sebep olur.

MAG kaynağında kullanılan kaynak üfleğlerinin prensibi MIG kaynağındaki üfleçlere benzemektedir. Burada da kaynak yerine üfleç içinde sürekli beslenen bir tel elektrod gelmektedir. Bu yöntemde kullanılan üfleçlerin soğutma sistemleri genellikle üretici firmaların kendi ürünlerinin üstünlüklerine bağlı olarak savundukları iki türe dayanır. şekil VI.11'de bu iki tür üfleç görölmektedir.



şekil VI. 11 a.- MAG kaynağında kullanılan su soğutmali üflecin görünüümü



şekil VI.11 b.- MAG kaynağında kullanılan gaz soğutmali üflecin görünüümü.

5.1.- Kaynak telleri ve kaynak dikişinin özellikleri

MAG kaynağında kullanılan tellerin, kaynak sırasında meydana gelebilecek eleman kayıplarını karşılayacak bileşimde olması lazımdır. Tellerin en fazla kullanılanları; 1,6 - 2,4 ve 3,2 mm çaplarındadır.

Kaynak dikişinin özellikleri; kaynak telinin kalitesine, karbondioksit gazının safiyet derecesine ve kaynak esnasındaki miktarına bağlıdır.

5.2.- Kaynak tekniği

MAG kaynağında doğru akım ve ters kutuplama kullanılır. Sabit gerilimli kaynak makinalarıyla kaynak yapılır. Erime g¼c¼, akım Şiddetine bağlıdır.

MAG kaynağında, kısa ark boyu ile çalışılır. Ark boyu, 1 ilâ 2 mm arasındadır. Kaynak tabancası m¼mk¼n olduğu kadar, parçaya dik olarak tutulmalıdır. Ark boyunun b¼y¼k tutulması halinde, dikiş içerisinde gaz kabarcıkları kalır. Kaynak otomatik olarak veya el ile yapılabilir. El ile yapılması durumunda, b¼t¼n pozisyonlarda kaynak yapılabilir. Otomatik MAG kaynaklarında, derin n¼fuziyetli ve muntazam g¼r¼n¼řl¼ dikişler elde edilir.

5.3.- MAG kaynağının, tozaltı kaynağı ve MIG kaynağı ile mukayesesi

A-) MAG kaynağının MIG kaynağıyla mukayesesi

MAG kaynağının MIG kaynağına g¼re ¼st¼nl¼kleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- a-) Karbondioksit argon gazına g¼re daha ucuz olduğundan, gaz masrafı daha azdır.
- b-) Karbondioksidin sıvı halde taşınması sebebiyle; aynı hacimli t¼plerde, ¼ misli daha fazla gaz taşınabilir.
- c-) MAG kaynağında n¼fuziyet daha fazladır,
- d-) Daha y¼ksek kaynak hızıyla çalışılır.
- e-) Ortaya çıkan ultraviyole ışınlar, daha azdır ve açık renkli maske kullanılır.

B-) MAG kaynağının tozaltı kaynağı ile mukayesesi MAG kaynağının tozaltı kaynağına g¼re ¼st¼nl¼kleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- a-) Tozaltı kaynağında kaynak tozunun rutubet çekmesi ve dikişin hidrojen absorbe etmesi problemi, MAG kaynağında yoktur.
- b-) MAG kaynağında kaynak yeri, kaynakçı tarafından daha iyi g¼zlenebilir,
- c-) MAG kaynağında kullanılan karbondioksit gazı, tozaltı kaynağındaki kaynak tozundan daha ucuzdur,
- d-) MAG kaynağında, daha derin n¼fuziyet elde edilir.

5.4.- Kısa ark boyu ile MAG kaynağı

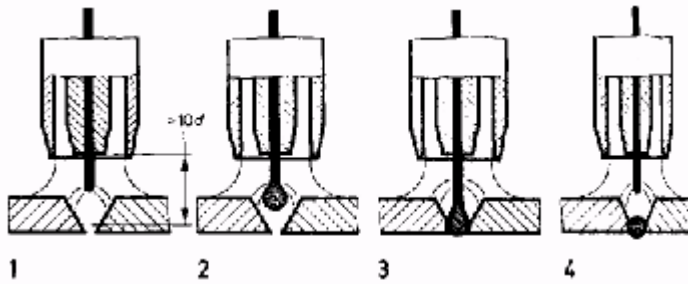
Bu kaynak t¼r¼n¼n normal MAG kaynağından farkı, ark boyunun daha kısa ve kullanılan kaynak tellerinin daha ince olmasıdır. B¼ylece esas metale verilen ısı miktarı azalmaktadır. Bu ise, ince sacların kaynağını kolaylaştırmaktadır. Normal arklı MAG kaynağında, erimiş metal çok ince taneler halinde akarken; kısa ark boyu ile yapılan MAG kaynağında çok iri taneli olarak geçer. Kısa ark boyu ile yapılan MAG kaynağında kullanılan teller 0,6 ilâ 1,2 mm aplarındadır. Buna g¼re, kullanılan akım Şiddetleri ve ark gerilimleri de d¼ř¼k olmaktadır. Tablo VI. 2'de kısa ark boyu ile yapılan MAG kaynağına ait, kaynak karakteristikleri verilmiştir.

Kısa ark boyu ile yapılan kaynakta, periyodik olarak arkta meydana gelen kısa devrelerle ark uzunluğu değişmekte ve hemen de başlangıçtaki boyuna erişmektedir. Bu durum ise, ancak çok hafif alçalan statik karakteristik!! akım membaı ile sağlanabilmektedir.

Kısa ark boyu ile yapılan MAG kaynağı; ince sacların kaynağında, düzgün bir şekilde hazırlanmamış kaynak ağzlarının birleştirilmesinde üstünlük sağlar. Erimiş metalin iri damlalar halinde geçmesi, aralık doldurma kabiliyetini artırmaktadır (Şekil VI.12).

Tablo VI.2.- Karbonlu çelik malzemelerin kısa ark boyu ile MAG kaynağında, kaynak karakteristikleri.

Sac Kalınlığı	Birleştirme şekli	Kaynak teli çapı	Ark gerilimi (volt)
1,0	İç köşe	0,6	16
1,0	Küt alın	0,6	16
1,5	İç köşe	0,8	17
1,5	Küt alın	0,8	17
2,0	İç köşe	0,8	19
2,0	Küt alın	0,8	19



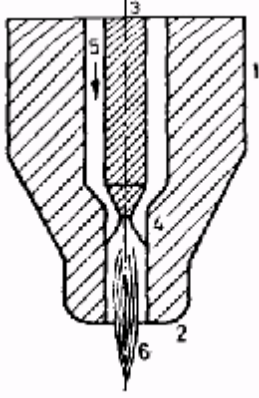
Şekil VI. 12.- Kısa ark boyu ile yapılan MAG kaynağı

6.- Plazma TIG kaynağı

Plazma kavramından; moleküllerin, atomların ve elektronların oluşturduğu kızdırılmış gaz anlaşılır. Bu gazın tamamı, elektriksel olarak nötrdür.

Plazma TIG kaynağında esas olarak, iki farklı ark düzeni kullanılır. Bunlardan birisi olan taşıyıcı olmayan ark, erimeyen tungsten elektrod ve su ile soğutulan bakır meme arasında teşekkül eder. Bakır meme; arkı odaklayıcı, güç yoğunluğunu artırıcı ve bu sebepten plazma demetinin sıcaklığını yükseltici bir etki yapar. Tungsten elektrod negatif, bakır meme pozitif kutup olarak kullanılır. Diğer ark sisteminde (taşıyıcı ark); ark torçuyla alaşımlandırılmış bir ışını odaklayan bakır memenin içerisinden geçen tungsten elektrod ile iş parçası arasında teşekkül eder. Plazma gazı, elektrodla meme arasındaki silindirik hacime püskürtülür. Bu sistem plazma birleştirme kaynağında (Şekil VI.13) ve plazma ile yapılan

kesmede kullanılır. Taşıyıcı ark, yardımcı ark ile elektrod ve meme arasında yakılır. Taşıyıcı ark tuttuğu zaman, yardımcı ark söner.



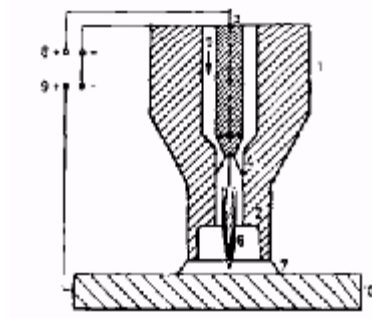
Şekil VI. 13.- Plazma ark kaynağının prensibi.

Plazma birleştirme kaynağında plazma gazına ilâveten, kaynak banyosunu havanın tesirlerine karşı korumak üzere ikinci bir gaz akımı (argon) kullanılır. Plazma kaynağı cihazlarının büyük çoğunluğunda üçüncü bir gaz akımı, plazma demetini odaklayıcı ve meme dışında daraltıcı olarak kullanılır. Odaklayıcı gaz olarak; argon-helyum, argon-hidrojen veya argon-azot gaz karışımları kullanılmaktadır.

Plazma doldurma kaynağında, her iki ark beraber kullanılır. Bu uygulamada; düşen karakteristikli iki ayrı akım membaı, elektrod ile meme arasında ve elektrod ile iş parçası arasında bağlı olarak kullanılır (Şekil VI.14). Her iki ark kaynak işlemi sırasında yanar. Genellikle toz halindeki doldurma malzemesi bir gaz akımı üzerinden kaynak bölgesine iletilir, plazma demetinde eritilir ve taşıyıcı arkla esas malzemeye kaynak edilir. Üçüncü bir gaz akımı da, kaynak banyosunu atmosferin etkilerinden korur.

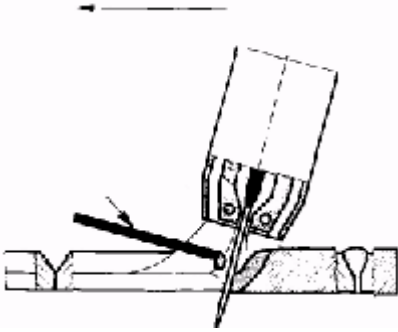
Plazma birleştirme kaynağı, kalın sacların küt alın (I) birleştirilmelerinde ilâve metal kullanmadan tatbik edilebilir. Kaynak hızı, TIG usulünün yaklaşık iki katı kadardır. Plazma kaynağı ile hafif ve yüksek alaşımlı çelikler, nikel ve alaşımları, zirkonyum, bakır ve alaşımları birleştirilebilir. Mikroplazma donanımları ile, 0.01 mm kalınlıktaki folyeler 0,5 amper akım şiddetiyle birleştirilebilir.

Plazma kaynağında ilave metal kullanılması durumunda kaynak ağzının şekli, dikişin görünüşü ve yöntemin uygulanma prensibi şekil VI.15'de verilmiştir.



- 1- Zarf (Soğutulmuş)
- 2- Katot
- 3- Anot
- 4- Ark (transfer olmamış ark)
- 5- Argon
- 6- Plazma jeti
- 7- Ark (transfer olmuş ark)
- 8-9- Doğru akım menbaı
- 10- Iş parçası

Şekil VI. 14.- Plazma arki püskürtme ve eritme hamlacı şeması.



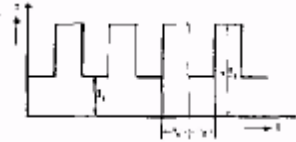
Şekil VI. 15.- Plazma kaynağında prensip ve dikiş formu.

7.- Darbeli TIG - MIG - MAG – Kaynağı

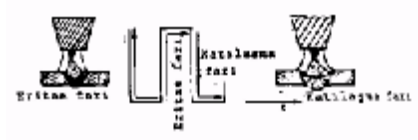
7.1.- Darbeli (Pulsu) TIG/WIG Kaynağı

Darbeli TIG kaynağında, kaynak akımı periyodik ve kısa süreli olmak üzere, farklı iki yüksek değer I_1 , ve I_2) arasında değişir (Şekil VI.16). Bu değişimin darbe frekansı saniyede 1 ilâ 5 arasındadır.

Yüksek akım darbelerinde (I_1) kaynak yerine fazla ısı verilmiş olur ve böylece malzeme erir. Düşük akım darbelerinde ise, kaynak yerine az miktarda ısı verilir. Böylece kaynak banyosu yavaş bir şekilde soğur ve kısmen de katılaştır (Şekil VI.17). Parçaya, daha doğrusu kaynak yerine, verilen ısı miktarı (t_1) ve (t_2) zaman aralıkları ile (I_1 ,) ve (I_2) akım şiddetlerini değiştirmek suretiyle istenen şekilde ayarlanabilir:



Şekil VI. 16.- Darbeli TIG/WIG kaynağında akımın değişimi (şematik).



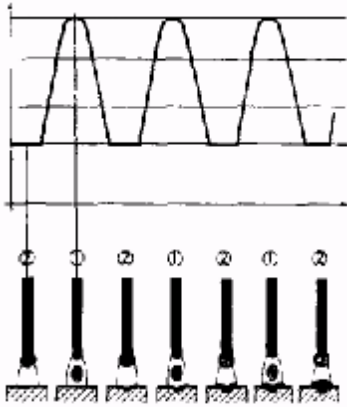
Şekil VI. 17.- Darbeli TIG kaynağında ısı akışı.

Darbeli TIG kaynağı başlıca aşağıdaki avantajları sağlar:

- 1.- İnce saclar, kaynak ağızları fena hazırlanmış olsa bile asgari distorsiyonla kaynak yapılır.
- 2.- Kalın sacların zor kaynak pozisyonlarına kolaylıkla uygulanabilir. Esas akım süresindeki soğuma fazı, kaynak banyosunun zor pozisyonlardaki akmasını önler.
- 3.- Boru kaynaklarında, borular arasındaki aralık toleransları kenar kaymaları dolayısıyla değişse bile, kök pasosunun kaynağı rahatlıkla yapılabilir.
- 4.- farklı kalınlıklardaki parçaların birbirleriyle kaynağında, bir zorluk söz konusu değildir.
- 5.- Küçük parçaların kaynak dikişlerinin sonlarında oluşan ısı yoğunlaşması, bu usulle önlenmiş olur.
- 6.- Kaynak yerindeki ısı miktarının ayarlanabilmesi; kaynak banyosuna hakimiyeti daha kolay sağladığından fena birleştirme şekillerinde *parçalar* arasında köprü kurabilme imkanını sağlar.
- 7.- Kurşun gibi, erime derecesi düşük metallerin el ile tavan kaynaklarının yapılması imkan dahiline girer.
- 8.- Kaynak metalindeki kristalizasyon işlemine uygun bir etki yapar. Böylece çatlama meyline sahip alaşımlı çeliklerin, bu meyli azaltılmış olur. Isıya dayanıklı çeliklerin kaynak dikişlerinin mekanik özellikleri iyileştirilir. Titanyumun kaynağında porozite oluşumu azaltır.

7.2.- Darbeli MIG ya da MAG kaynağı

Darbeli (Impuls'lu) MIG veya MAG kaynağında damla geçişi ayarlıdır. Bu usulde kaynak akımının akışı zamana bağlı olarak bir minimum ile bir maksimum arasında değişir (Şekil VI.18). Böylece damlaların geçişine kumanda edilmiş olur. Bugün saniyede 25, 33, 50 veya 100 darbeli kaynak akımı kullanılmaktadır.



Şekil VI.18.- Darbeli MIG ya da MAG kaynağı

8.- Literatür

(1)-ANIK, Selâhaddin (Keel)

"Koruyucu gazla kaynak"

İ.T.Ü. Kütüphanesi, No.486, 1962

(2)- ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Tekniği Cilt II"

İ.T.Ü. Kütüphanesi, No.883, 1972

(3)- ANIK, Selâhaddin - TÜLBENTÇİ, Kutsal

"Argonark Kaynağı"

Türk Kaynak Cemiyeti Yayını, No.18, 1968

(4)- ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Teknolojisi El Kitabı"

Ergör Matbaası, 1983

VII. BÖLÜM

TERMİK KESME USULLERİ

1.- Oksijenle kesme

Oksijenle kesmede; demir önce tutuşma sıcaklığına kadar tavllanır ve sonra bu tavlı bölgeye basınçlı oksijen sevk edilerek, demirin yanması suretiyle kesilmesi sağlanır. Kesme işleminde parça, eritilmeden yakılarak parçalanmaktadır.

Her malzeme oksijenle kesilemez. Bir malzemenin oksijenle kesilebilmesi için, aşağıdaki şartlar yerine gelmelidir:

- Kesilecek metal veya alaşım, oksijen karşısında yanabilmelidir.
- Kesilecek malzemenin yanma ısı mümkün olduğu kadar büyük, ısı iletim katsayısı küçük olmalıdır.
- Tutuşma sıcaklığı, erime sıcaklığının altında olmalıdır.
- Kesme esnasında, akıcı bir oksit meydana gelmelidir.
- Kesme esnasında meydana gelen oksidin erime sıcaklığı, esas malzemenin yanma sıcaklığından daha düşük olmalıdır.

- Oluşan oksidin erime sıcaklığı, kesilecek metal veya alaşımın erime sıcaklığının altında olmalıdır. Tablo VII.1'de bazı metallerin erime sıcaklıkları ile oksitlerinin erime sıcaklıkları verilmiştir.

Yüksek alaşımlı çeliklerde, alaşım elemanlarının meydana getirdiği oksitler kesmeyi zorlaştırır. Ayrıca çeliğin bileşiminde bulunan bazı elementler de, kesmeyi zorlaştırır. Meselâ; karbon oranının artmasıyla çeliklerin kesilmesi zorlaşır. Teorik olarak %2'ye kadar karbon ihtiva eden çelikler oksijenle kesilebilir. Fakat tatbikatta; karbon oranının %0,4'ü aşması halinde kesilen ağızlar sertleşir. Böyle durumlarda kesilecek parçalar 250 °C'lik bir ön tavlama ve 620 °C'lik son tavlama tabi tutulur. Tatbik edilecek ön tavlama sıcaklıkları karbon oranının ve alaşım elemanlarının oranlarının artmasıyla, artar. Meselâ karbon oranının % 0,25 – 0,4 oranlarında 100 – 250 °C'lik ön tavlama uygulanırken; % 0,4 -1,5 karbon oranlarında, 250 – 400 °C'lik ön tavlama uygulanmaktadır.

Metal ve alaşımların kesilebilme kabiliyetlerine kimyasal bileşimlerinin yanında, dış formları ve fiziksel özellikleri de tesir eder. Üzerleri paslı, yağlı, boyalı ve katranlı parçaların kesme kenarlarının düzgün olmamasının yanında, kesme hızları da düşüktür. Parçanın içerisinde bulunan katmer, cüruf kalıntıları ve boşluklar kesme işlemini zorlaştırırlar.

Oksijenle kesme esnasında, kesilen kenarlar içyapı ve özellik değişimine uğrarlar.

Tablo VII. 1.- Bazı metal ve oksitlerinin erime sıcaklıkları.

Metaller	Erime sıcaklığı (C)	Oksit	Oksidin erime
Al	658	Al ₂ O	2050
Co	1490	CoO	1810
Cr	1150	Cr ₂ O ₃	1990
Cu	1084	Cu ₂ O	1230
		CuO	1336
Fe	1533	FeO	1370
		Fe ₃ O ₄	1527
		Fe ₂ O ₃	1565
Mn	1250	MnO	1785
		Mn ₃ O	1560
Mo	2655	MoO ₃	795
Ni	1452	NiO	1990
Si	1414	Si O ₂	1710
W	3370	W O ₂	1277
		W O ₃	1473
Ti	1727	TiO ₂	1775
V	1750	V ₂ O ₃	1970
		V ₂ O ₄	1277
		V ₂ O ₅	650

Kesmede kullanılacak oksijenin mümkün olduğu kadar saf ve rutubetinin az olması gerekir. Oksijenin safiyetinin azalması, kesme hızını düşürür. Meselâ; oksijenin safiyetinin %99'dan %92'ye düşmesiyle, kesme hızı yarıya düşer.

Kesmede kullanılan oksijenin basıncı, kesme hızı ve kesilen yüzeylerin düzgünlüğüne tesir eder. Bunun yanında oksijenin basıncı, kesilecek parça kalınlığına da bağlıdır (tablo VII.2).

Oksijenle kesmede oksijen sarfiyatı; kesilen parça kalınlığına, oksijenin sarfiyatına, kesme hızına ve oksijenin basıncına bağlıdır. Tablo VII.3'de, 1 litre asetilene karşılık levha kalınlığına bağlı olarak harcanacak oksijen miktarları verilmiştir.

Tablo VII.2.- Levha kalınlığına bağlı olarak, oksijen basıncı.

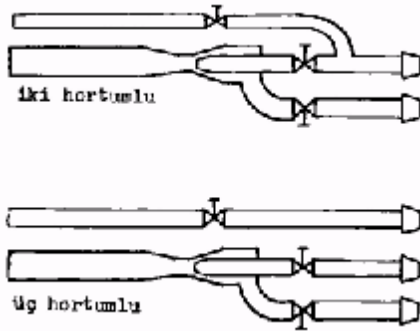
Sac kalınlığı (mm)	Oksijen basıncı (atmosfer)
10	2-3
30	3-4
100	6-8

Tablo VII. 3.- Sac kalınlığına göre, oksijen sarfiyatı.

Sac kalınlığı (mm)	Oksijen sarfiyatı (1 t/1 it asetilen)
3	9
5	8
10	6
15	6
75	9
100	12
200	17

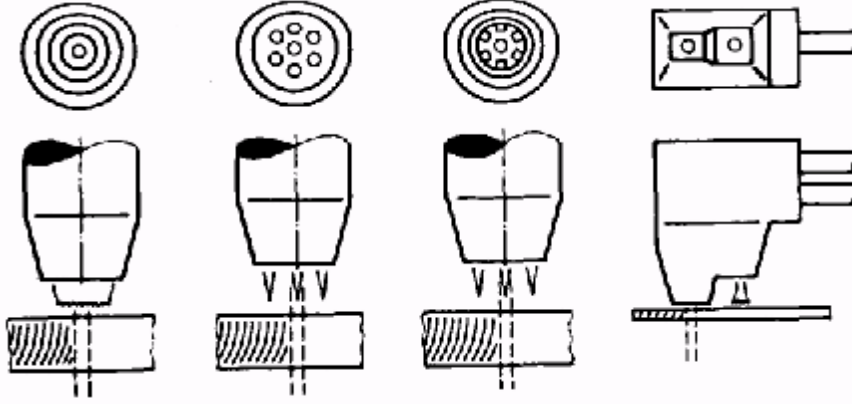
1.1 - Kesme üfleçleri

Oksijenle kesmede kullanılan üfleçler; iki veya üç hortumlu tipte olabilir (Şekil VII.1).



Şekil VII.1.- Kesme üfleçleri (şematik)

Kesme üfleçlerinde gaz sevkeden memeler de çeşitli şekillerde olabilir. Bunlardan bazıları şekil VII.2'de görülmektedir.



Şekil VII.2.- Kesme üfleçlerinde kullanılan başlıca meme sistemleri.

Üfleçlerde kullanılan memeler de, farklı yapılarda olabilir. Bunlardan bazıları; tek istikametli, dairesel, blok memelerdir.

Kesme üfleçleri; küçük, normal ve kuvvetli üfleçler olarak üçe ayrılırlar. Küçük üfleçlere 0,5 ilâ 10 mm, normal üfleçlerle 3 ilâ 100 mm ve kuvvetli üfleçlerle 100 mm'den kalın parçalar kesilebilir.

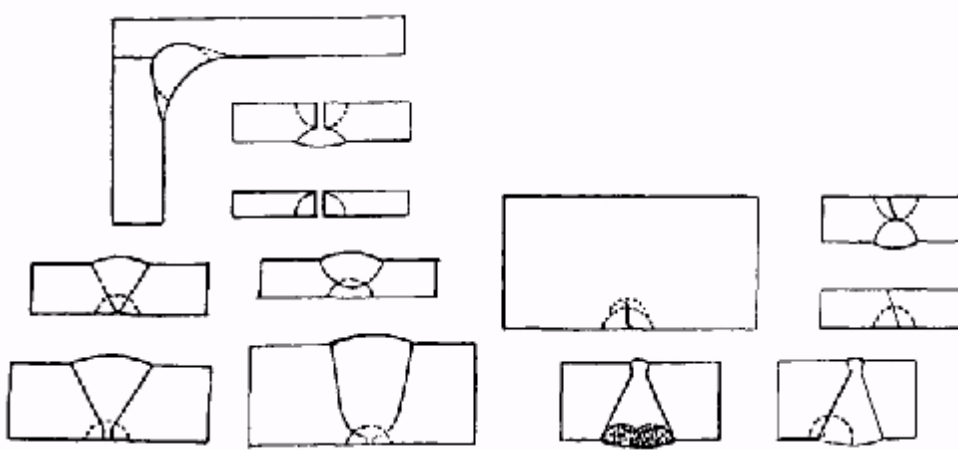
1.2.- Kesme motorları ve makinaları

Kesme işleminin düzgünlüğü ve hızlı yapılması bakımından, motorlardan faydalanılmaktadır. Bunlar çeşitli biçimlerde imal edilirler, el veya otomatik kumandalıdır. Kesme motorları, gezici cihazlardır. Motorlarla dairesel, doğrusal ve eğimli kesme işlemleri yapılabilir.

Sabit tesislerde parçaların oksijenle kesilebilmesi için, kesme makinaları kullanılır. Kesme makinaları sabit makinalar olup; dairesel, doğrusal, eğimli kesmelerin yanında, şablonla kesme işlemleri yapılabilir.

2.- Oksijenle rendeleme

Oksijenle rendeleme (oyuk açma), prensip olarak oksijenle kesmenin aynıdır. Rendelemelerde parçalar tamamen kesilmeyip, üzerlerinden bir parça malzeme kaldırılmaktadır. Kaynak ağzlarının hazırlanmasında, hatalı kaynak dikişlerinin sökülmesinde kullanılır (Şekil VII.3). Temel olarak oksijenle kesmeye benzemesine rağmen, aşağıdaki uygulama farklılıkları vardır:

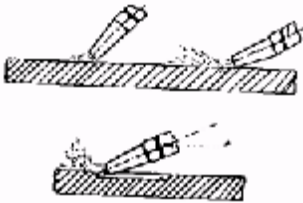


Şekil VII. 3.- Oksijenle rendelemenin kullanıldığı yerlere ait bazı örnekler.

a-) Oksijenle kesmede meydana gelen cüruf, büyük oranda demir oksitten ibarettir ve kesme ağzından çabuk uzaklaşır. Oksijenle rendelemde cüruf, az miktarda demir oksit ihtiva eder ve yüksek bir ısı taşır.

b-) Oksijenle kesmede, kesme oksijeni yüksek bir çıkış hızına sahiptir ve bu hız ses hızının üzerindedir. Oksijenle rendelemde oksijenin hızı, ses hızının altındadır. Oksijenle rendelemenin uygulaması, şematik olarak şekil VII.4'de verilmiştir. Rendeleme üfleci, kesme üflecinin aynıdır. Fakat daha uzun ve koniktir. Rendeleme esnasında rende üfleci rendelenecek yüzeye 60-75°'lik bir meyille tutularak ısıtma (tavlama) aleviyle parça yeteri kadar tavlandıktan sonra, üfleç 15-30° meyilli olarak eğilir ve rendeleme oksijeni açılarak, rendeleme yapılır. Rendeleme genişliği, oksijen demetinin şekline; rendeleme derinliği ise, oksijen basıncı ve üflecın meyline bağlıdır.

Çeliklerin rendelenebilme kabiliyetleri, kimyasal bileşimlerine bağlıdır. Yalnızca %2'-den fazla karbon, %1,5'den fazla krom, %10'dan fazla tungsten ihtiva eden çeliklerin rendelenmesinde; ayrıca bir ön tavlama yapmak gerekir. Bunun dışındaki çelikler, herhangi bir işleme gerek kalmadan oksijenle rendelenebilirler.



Şekil VII.4.- Rendeleme üflecinin ısıtma ve rendeleme işlemi esnasındaki durumu

Oksijenle rendelemenin kullanıldığı yerler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- a-) 4 mm'den kalın *parçalara* kaynak ağzı açılmasında,
- b-) Kaynak dikişlerinin ters taraftan rendelenmesinde,
- c-) U ve lüle ağzlarının açılmasında,
- d-) Kesici takımların şekillendirilmesinde,
- e-) Kaynak dikişlerinin sökülmesinde,
- f-) Kaynak pasolarındaki fazlalıkların ortadan kaldırılmasında,
- g-) Döküm parçaların tamir edilmesinde.

3.- Tozaltında oksijenle kesme

Yüksek alaşımlı çeliklerin, dökme demirin ve demir dışı metal ve alaşımların oksijenle yakılarak kesilememesi sebebiyle; tozaltında oksijenle kesme geliştirilmiştir. Bu sistemde; kesilecek parça uygun sıcaklığa kadar tavlandıktan sonra, basınçlı kesme oksijeni pülverize haldeki tozlarla beraber kesme yerine sevkedilmektedir. Pülverize haldeki tozun cinsine göre, üç türlü tozaltında oksijenle kesme vardır:

a-) Airco usulü (kimyasal) : Toz olarak, sodyumbikarbonatın kullanıldığı usuldür. Kesme oksijeni ile beraber sevkedilen sodyumbikarbonat; kesme esnasında meydana gelen oksitleri akıcı bir cüruf haline getirir ve kolayca kesme ağzından uzaklaştırılmasını temin eder.

b-) Cinox usulü (mekanik): Kesme oksijeninin kinetik enerjisinden faydalanılarak, kesme bölgesine kuvars tozlarının sevkedildiği bir usuldür. Yüksek hızda sevkedilen tozlar, cürufu kesme yerinden uzaklaştırır.

c-) Linde veya Oxweld usulü (termik): Pülverize madde olarak, demir tozu kullanılır. Reaksiyon ısısını yükseltmek için, demir tozuna % 10-40 arasında alüminyum tozu ilâve edilir. Bu tozun kesme bölgesine sevkedilmesi basınçlı hava ile yapılır. Tozun ekzo-termik yanması sonunda meydana gelen ısı, demir oksidi akıcı hale getirir. Akıcı haldeki demiroksit diğer oksitlerle karışarak, onları akıcı duruma getirir ve kesme bölgesinden uzaklaştırılmalarını temin eder.

4.- Elektrik arkı ile kesme

Elektrik arkıyla kesmede prensip; elektrod ile parça arasında meydana getirilen arkın tesiriyle metal veya alaşımın eritilerek parçalara ayrılmasıdır. Arkın teşekkül ettirilmesi; örtülü elektrod, oksi-ark veya karbon elektrod ile olabilir.

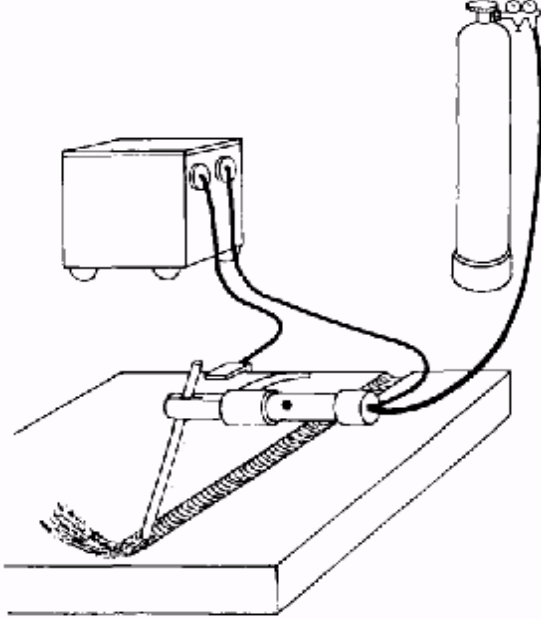
a-) Karbon elektrod ile kesme: Çapları 5 ilâ 25 mm arasında değişen, üzerleri bakır ile kaplı elektrodlar kullanılır. Bu elektrodların tutulmasında 300 ampere kadar normal kaynak penseleri, 300 amperden yüksek akımlarda su ile soğutulan penseler kullanılır. Karbon elektrodlarla yapılan kesmelerde, kesme ağzları çok bozuktur. Sonradan düzeltmek gerekir. Bu sebepten karbon arkıyla kesme, hurdaya atılacak veya sonradan işlenmesine gerek olmayan parçaların kesilmesinde tatbik edilir. Yüksek karbonlu çeliklerin ve dökme demirlerin kesilmesinde, kesme ağzlarında martenzit ve sementit teşekkülü sebebiyle sertleşme görülür.

b-) Örtülü elektrod ile kesme: Çeşitli örtü karakterindeki 4-6 mm çaplarında elektrodlarla, 60-70

amper akım şiddetlerinde kesme işlemi yapılır. Bu tür kesmede de, kesilen ağızlar çok kabadır ve sonradan işlenmeleri gerekir. Kesme ağızı üzerindeki metalürjik tesirleri, oksijenle, karbon arkıyla kesmede olduğu gibidir. Bakırın kesilmesinde, 430 °C'lik bir ön tavlama tatbik edilir.

c-) Oksi-ark usulüyle kesme: Oksijenle kesmeye benzer bir sistemdir. Kesilecek parça ile elektrod arasında meydana getirilen ark ile tavlama yapıldıktan sonra; ortası delik olan elektrodun ortasından oksijen (basıncı) gönderilerek, parçanın yakılarak kesilmesi temin edilir. Ayrıca elektrod örtüsünde bulunan demir oksidin yanmasıyla da, ekzo-termik bir reaksiyon meydana gelir. Oksi-ark usulüyle yumuşak çelikler, paslanmaz çelikler, alüminyum ve bakır malzemeler kesilebilirler.

d-) Havalı karbon arkıyla kesme (arçair usulü) : Bu usulde; karbon elektrodla teşkil edilen ark tarafından eritilen malzeme, basınçlı hava ile kesme yerinden uzaklaştırılır. Bu kesme metodu; yakarak kesme olmayıp, eritilerek kesmedir. Arçair usulünde kullanılan elektrod penselerinin, özel hava delikleri vardır. Karbon elektrodla 200-500 amper akım tatbik edilir (Şekil VII.5).



Şekil VII.5,- Havalı karbon arkı ile kesme.

5.- Koruyucu gazla kesme 5.1.- MIG usulüyle kesme

Soy gaz atmosferi altında eriyen elektrodla meydana getirilen ark ile parçalar eritilerek, kesme işlemi yapılır. MIG kaynağından farkı, yüksek akım şiddeti ve kaynak hızı kullanılmasıdır. Kesme işleminde, 2,4 mm çapındaki alaşımsız çelik elektrodlar kullanılır. Koruyucu gaz olarak; alüminyumun kesilmesinde %1 oksijen ihtiva eden argon ve diğer malzemeler için %15-25 oksijen ihtiva eden argon gazı kullanılır. Kesmede elektrod, pozitif kutuba bağlanır. Kesme kalitesi, gerilim ve tel ilerleme hızına bağlıdır. Gerilimin yetersiz olması; kesmeyi yavaşlatır, kesme aralığını artırır ve kesilen yüzeylerin pürüzlü çıkmasına sebep olur. Ark gerilimi olarak 22-27 volt ve tel ilerleme hızı olarak 5-20 cm/dak değerleri kullanılır. Bu

değerlerde, temiz kesme yüzeyleri elde edilir. Kesme işlemi el ile veya otomatik olarak yapılabilir. El ile 15 mm'ye, otomatik olarak 50 mm'ye kadar kalınlıktaki parçaların kesilmesi mümkün olur.

5.2.- TIG usulü ile kesme

Alaşımli erimeyen elektrodla, soy gaz atmosferi altında yapılan kesmedir. Kesme işlemini kolaylaştırmak için, argon gazının içerisine hidrojen karıştırılır. Ark sıcaklığında disosi-asyona uğrayan hidrojen, verdiği ilâve ısı ile kesmeyi kolaylaştırır. Kesme hızı ve derinliği, koruyucu gazdaki hidrojen miktarının artmasıyla artar. Makina ile yapılan kesmede, %35-40 hidrojen karıştırılması en iyi neticeyi verir. Ark gerilimi, 70 ilâ 80 volt arasında olup, bu gerilimi veren makinalar özel makinalardır. Elektrod negatif veya pozitif kutuba bağlanabilir.

6.- Plazma ile kesme ve oyuk açma

6.1.- Plazma ile kesme

Malzemenin eritilmesiyle yapılan, bir kesme usulüdür. Çok atomlu gazların ayrışması ve tek atomlu gazların kısmen iyonize olmasıyla meydana gelen plazma demeti malzemeyi eritir. Bu usul, eriyebilen bütün malzemelere tatbik edilir.

Plazma kesme üfleci, direkt arklı veya indirekt arklı olabilir. Direkt arklı sistemde; anot iş parçası ve katot da toryumla alaşımlandırılmış tungsten elektroddur. Indirekt arklı da anot, bakır memedir. Yüksek frekans tutuşturma cihazıyla taşıyıcı olmayan yardımcı bir ark (ark) tungsten elektrodla yardımcı anot olarak bağlanan kesme üflecinin bakır memesi arasında teşkil edilir. Kesme üfleçine sevkedilen gaz veya gaz karışımı, yardımcı arkla iyonize olur ve *parçaya* doğru iletken bir hat oluşturur. Tungsten elektrod ile iş parçası arasındaki elektriki direnç, tungsten elektrodla bakır meme arasındakinden daha az olduğundan, ark iş parçası üzerine atlar.

Gaz karışımı olarak, tatbikatta argon-hidrojen karışımı kullanılır. Bu gaz karışımı ile, yüksek kesme gücünde çok temiz kesme yüzeyleri elde edilir. Plazma ile ulaşılan kesme hızı, oksijenle sağlanandan daha yüksektir.

6.2.- Plazma ile oyuk açma (rendeleme)

Plazma ile oyuk açma, el ile veya otomatik olarak yapılır. El ile yapılanda, taşıyıcı olmayan arklı plazma; otomatik olarak yapılanda ise, taşıyıcı arklı sistem kullanılır.

Plazma ile rendelemede üfleç parçaya, 30-40°'lik bir eğimle tutulur. Üflecin alt kenarı ile, iş parçası arasındaki mesafe, 3-5 mm arasındadır. Kesme esnasında verilecek gaz miktarının tesbiti önemlidir. Gaz miktarının fazla olması, plazma arkını soğutur ve etkisini kaybettirir.

7.- Literatür

(1)-ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Tekniği Cilt I"

İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 960, 1973

(2)- ANIK, Selâhaddin - KUNT, Erdal

"Havalı karbon arki ile rendeleme"

Demir ve Çelik Mecmuası, Sayı 1, 1958

(3)- ANIK, Selâhaddin

"Kesme Tekniğindeki İnkışaflar"

1959/1960 yılı İ.T.Ü. Makina Fakültesi Konferansları

(4)- ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Teknolojisi El Kitabı"

Ergör Matbaası, 1983

VIII. BÖLÜM

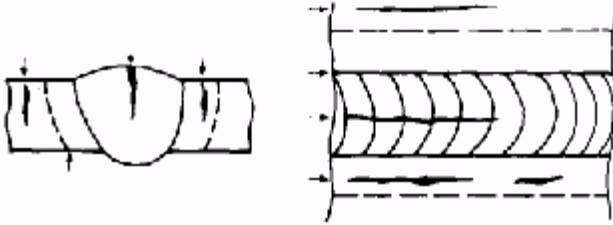
KAYNAK HATALARI

1.-Çatlaklar

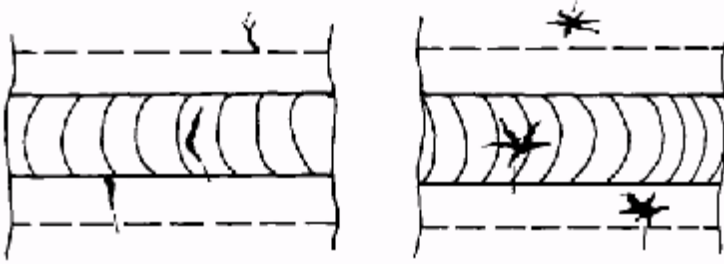
En tehlikeli kaynak hatasıdır. Eritme kaynağında; esas metalde, kaynak metalinde veya ısının tesiri altındaki bölgede ortaya çıkabilir.

Çatlaklar görünüşleri bakımından aşağıdaki biçimde sınıflandırılır:

- a-) Boylamasına çatlaklar (Şekil VIII.1)
- b-) Enlemesine çatlaklar (Şekil VIII.2a)
- c-) Yıldız çatlaklar (Şekil VIII.2b)
- d-) Krater çatlaklar (Şekil VIII.3)
- e-) Dağınık çatlaklar (Şekil VIII.4)
- f-) Mikro (kıl) çatlaklar



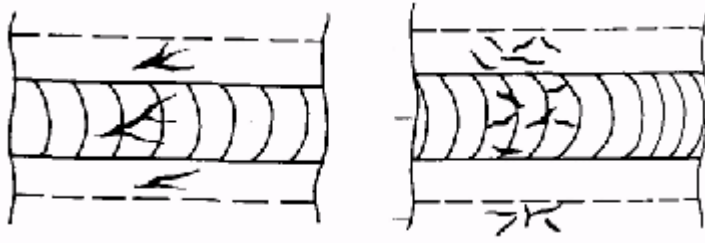
Şekil VIII. 1.- Boylamasına çatlaklar (şematik).



Şekil VIII.2.- Enlemesine ve yıldız çatlaklar (şematik).



Şekil VIII.3.- Krater çatlaklar (şematik).



Şekil VIII.4.- Dağınık ve dalgali çatlaklar (şematik).

1.1.- Kaynak metali çatlakları

Kaynak metalindeki bölgesel gerilmelerden dolayı meydana gelirler. Bu çatlaklar; enlemesine, boylamasına, krater, yıldız veya dağınık çatlaklar şeklinde olabilir. Çatlağı meydana getiren gerilmeler; kaynak metalinin kendini çekmesi ve bu çekmenin engellenmesi sebebiyle ortaya çıkar. Kaynak metalinde meydana gelen çatlaklar, aşağıdaki sebeplerden dolayı ortaya çıkarlar:

- a-) Kaynak yapılacak parçaların, birbirine iyi intibak etmemeleri,
- b-) Kaynak ağızlarının düzgün olmaması,
- c-) Nüfuziyet azlığı,
- d-) Kalıntılar,
- e-) Malzemenin bileşiminde kükürt oranının yüksek olması,
- f-) Malzemenin sünekliğinin düşük olması,

Kaynak metalinde meydana gelen çatlakların önlenmesi için, şu tedbirler alınmalıdır:

- a-) Kaynak işlemi sırasında, dikiş kendini kolayca çekebilmelidir.
- b-) Bilhassa kalın sacların ve sabit parçaların kaynağında; dikişin çekme gerilmelerine dayanabilmesi için, pasolar geniş olarak çekilmelidir.
- c-) Parçalar birbirlerine iyi şekilde uydurulmalı ve uygun kaynak sırası takip edilmelidir,
- d-) Kök pasosunda meydana gelen çatlaklar ortadan kaldırılmadan, sonraki pasolar yapılmamalıdır.
- e-) Enine çatlakların önlenmesi için, sünekliği yüksek elektrodlar kullanılmalıdır.

1 2.- Esas metal çatlakları

Bu tür çatlaklar genellikle, yüksek mukavemetli ve yüksek karbonlu çeliklerde ısının tesiri altındaki bölgede meydana gelir. Bunun sebebi de, bu bölgenin kaynak esnasında sertleşmesidir. Esas metalde meydana gelen çatlakların sebepleri şöyle sıralanabilir:

- a-) Esas metalin bileşiminin sertleşmeye sebep olması,
- b-) Levhaların kalınlığının fazla olması,
- c-) Düşük ısı girişi ile kaynak yapılması,
- d-) Ortam sıcaklığının düşük olması.

Esas metalde ortaya çıkan çatlakların önlenmesi için, şu tedbirler alınmalıdır:

- a-) Parçaların kaynaktan önce ve sonra, uygun sıcaklıklarda tavlınması,

b-) Parçalara verilen ısı miktarının artırılması. Bunun için, kalın çaplı elektrod kullanılması veya uygun bir kaynak usulünün seçilmesi,

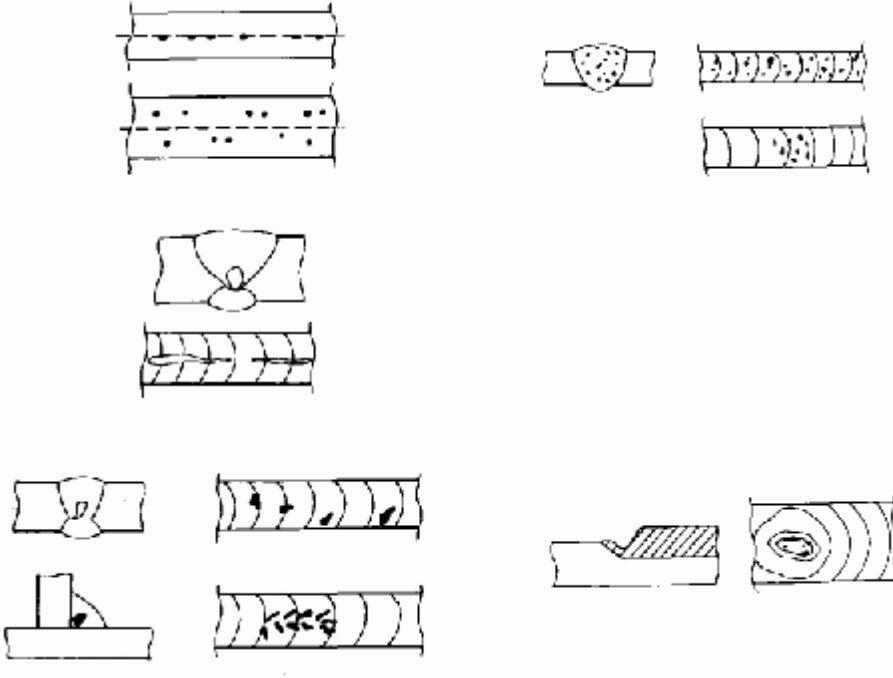
c-) Çok pasolu kaynaklarda, pasolar soğumaya fırsat bırakılmadan birbiri ardına çekilmelidir.

d-) Düşük sıcaklıklarda çalışılırken, bazik elektrodlar kullanılmalıdır.

2.- Boşluklar

Gözenek olarak da adlandırılan bu hatalar; kaynak esnasında meydana gelen gazların dikişi terk edemeyip, içerde hapsolması veya tam yüzeyde iken katılaşmanın tamamlanması neticesinde ve bazen de metalin kendini çekmesi dolayısıyla meydana gelirler.

Boşluklar düzenli veya gelişigüzel dağılmış yuvarlak şekilli, kanallar şeklinde metal içerisinde veya dikiş yüzeyinde bulunabilirler (Şekil VIII.5).



Şekil VIII.5.- Boşluklar (şematik)

Kaynak metalinde meydana gelen boşlukların teşekkülü üzerinde, aşağıdaki faktörler etkili olmaktadır:

a-) Esas metal kimyasal bileşimi,

b-) İlâve metalin (kaynak teli veya elektrod) kimyasal bileşimi,

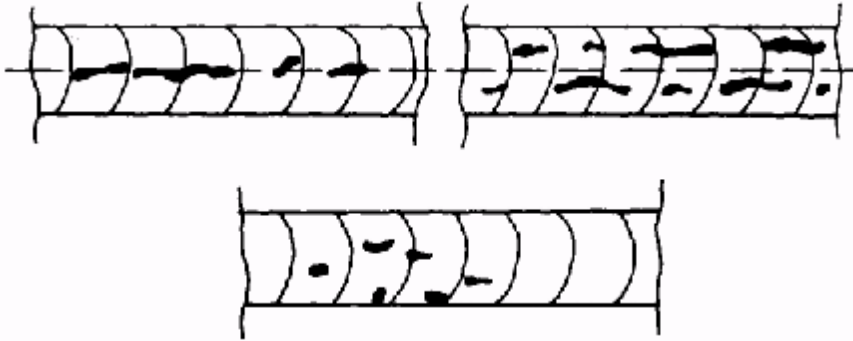
- c-) Esas metal ve ilâve metalin, kükürt miktarının fazla olması,
- d-) Elektrod örtüsünün rutubetli olması,
- e-) Düşük akım şiddeti ile kaynak yapılması,
- f-) Çok uzun veya kısa ark boyu ile kaynak yapılması,
- g-) Erimiş kaynak banyosunun çabuk soğuması,
- h-) Kaynak ağızlarının kirliliği,
- i-) Oksi-asetilen kaynağında karbonlayıcı bir alev kullanılması.

Kaynak dikişinde bulunan gözenekler; dikiş kesitini azaltmanın yanında, gerilme yığılmalarına ve çentik teşekkülüne sebep olurlar. Bu nedenle bağlantının mukavemetini azaltırlar. Gözeneklerin meydana gelmemesi için yukarıda sayılan sebeplerin ortadan kaldırılması gerekir. Yani gaz meydana gelmesi veya meydana geldiği takdirde dikişi kolayca terketmesi temin edilmelidir.

3.- Kalıntılar

Kalıntılar; kaynak metalinde bulunabilecek dekapan ve kaynak tozu kalıntıları, oksit kalıntıları ve ağır metal kalıntılarıdır. Örnek olarak; alüminyumun kaynağında teşekkül eden Al_2O_3 'ün kaynak metali içerisinde kalması, tungsten kalıntıları verilebilir.

Elektrik ark kaynağında; elektrod örtüsü veya kaynak tozundan teşekkül eden cüruf parçacıkları, devamlı veya kesikli hatlar şeklinde kaynak metali içerisinde kalabilir (Şekil-VIII.6).



Şekil VI II. 6.- Kaynak dikişinde kalıntılar (şematik)

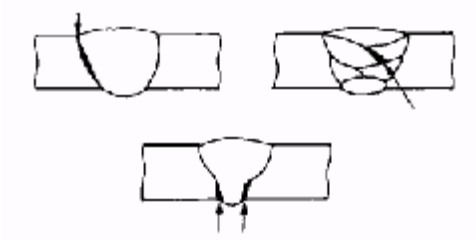
Çok pasolu kaynakta; pasolar arasındaki cürufların tam olarak temizlenmemesi, kalıntılara sebep olur.

Cüruf kalıntıları, mukavemeti düşürür ve çatlakların oluşumuna sebep olur. Kalıntıların önlenmesi için; erimiş banyo hareketlerinin kontrolü, pasolar arasında cürufların iyi temizlenmesi gerekir.

4.- Yetersiz erime

Kaynak metali ile esas metal veya çok pasolu birleştirmede pasolar arasında ortaya çıkan birleşme azlıklarıdır (şekil VIII.7).

Oksi-asetilen kaynağında, uygun güçte üfleç kullanılmaması sebebiyle ortaya çıkan yetersiz erimenin, elektrik ark kaynağındaki nedenleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:



Şekil VIII.7.- Yetersiz erime hatası (şematik).

- a-) Cüruf, oksit ve diğer metalsel olmayan kalıntıların bulunması,
- b-) Elektrodun yanlış bir açı ile tutulması.

Yetersiz erimenin önlenmesi için oksii-asetilen kaynağında, uygun güçte üfleç kullanılması gerekirken; elektrik ark kaynağında şu tedbirler alınmalıdır:

- a-) Uygun akım şiddetinin seçilmesi,
- b-) Kısa ark boyu ile çalışılması,
- c-) Kaynak hızının çok yüksek olmaması,
- d-) Elektrod tutuş açısının doğru olması.

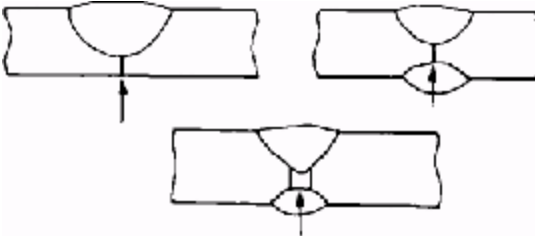
Kaynak kesitindeki birleşme azlığı; statik ve dinamik zorlamalar karşısında, dikişin mukavemetini düşürür.

5.- Nüfuziyetin azlığı

Erimenin bütün malzeme kalınlığı boyunca olmaması şeklinde ortaya çıkan, kaynaklanmamış kısımların bulunmasıdır. Elektrik ark kaynağında bu hata, aşağıdaki sebeplerden dolayı meydana gelir:

- a-) Uygun elektrod çapının seçilmemesi,
- b-) Uygun akım şiddetinin seçilmemesi,
- c-) Kaynak ağzının uygun olmaması,
- d-) Kök pasosunun kötü çekilmesi.

Bu hatanın önlenmesi için; uygun akım şiddeti ve elektrodun seçilmesi, uygun kaynak ağzının yapılması lazımdır. Şekil VIII.8'de nüfuziyet azlığı, şematik olarak verilmiştir.

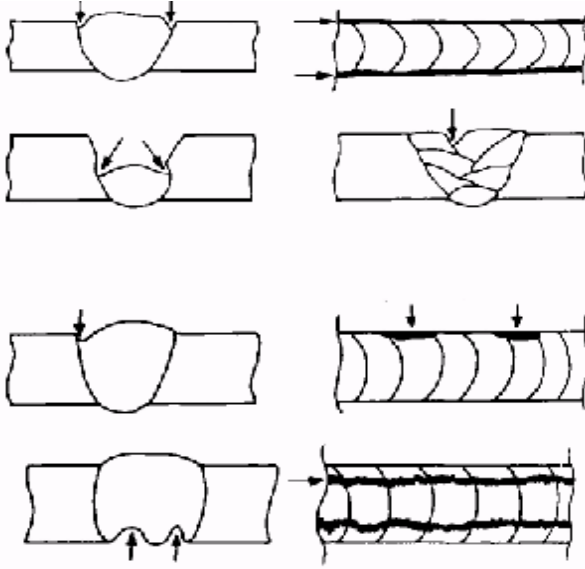


Şekil VIII.8.- Nüfuziyet azlığı (şematik)

6.- Dış yüzey hataları

6.1.- Yanma olukları

Esas malzeme ve dikiş kenarlarında, yanmadan dolayı meydana gelen oluk ve çentiklerdir (Şekil VIII.9).



Şekil VIII.9.- Yanma olukları (şematik).

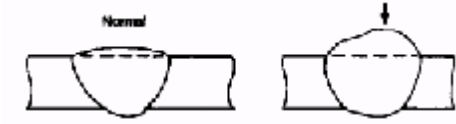
Yanma olukları şu sebeplerden dolayı meydana gelir:

- Akım şiddetinin yüksek olması,
- Hızlı kaynak yapılması,
- Elektrod veya üflecin büyük olması,
- Elektrod kaynak teli veya üflecin fazla zikzaklı hareketler yapması,
- Elektrodun yanlış açı ile tutulması,
- Esas metalin aşırı derecede paslı ve elektrodun rutubetli olması.

Yanma oluklarının önlenmesi için, yukarıda sayılan sebepleri ortadan kaldırmak için tedbirlerin alınması gerekir. Yanma olukları çentik etkisi yapar.

62.- Aşırı metal yığılma

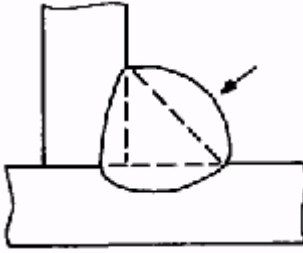
Dikiş üzerine gereğinden fazla, kaynak metali yığılmasıdır (Şekil VIII.10). Aşırı metal yığılma, malzeme israfından başka; gerilme dağılımını da bozar. Kaynak hızının veya elektrod çapının yanlış seçilmesi neticesinde ortaya çıkar.



Şekil VIII.10.- Aşırı metal yığılma (şematik).

6.3.- Fazla dışbükey iç köşe dikişi

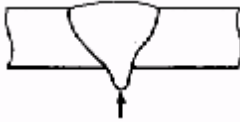
Düşük akım şiddetiyle kaynak yapılması halinde ortaya çıkar (Şekil VIII.11). Gereksiz malzeme yığılması ve çentik etkisi sebebiyle, zararlı bir kaynak biçimidir.



Şekil VIII.11.- Fazla dışbükey iç köşe dikişi (şematik).

6.4.- Fazla sarkık (fışkırmış) dikiş

Kaynak dikişinin arkasında meydana gelir (Şekil VIII.12). Bunun sebebi, erimiş metalin katılaşması esnasında ortaya çıkan gazlardır. Gaz miktarının fazla ve katılaşma süresinin uzun olması durumunda meydana gelir.

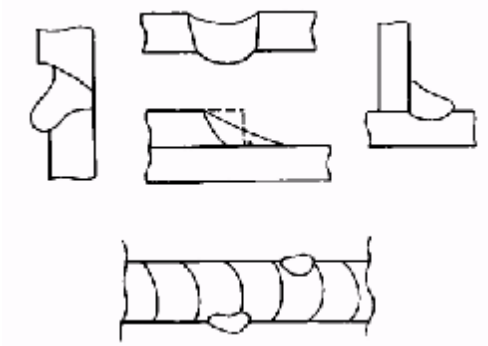


Şekil VIII.12.- Fazla sarkık dikiş (şematik).

Bilhassa; % 0,20'nin üzerinde karbonlu çeliklerde, manganez ve silisyum oranlarının düşük olduğu hallerde ortaya çıkar.

6.5.- Birleşme olmadan kaynak metalinin esas metal üzerine taşması

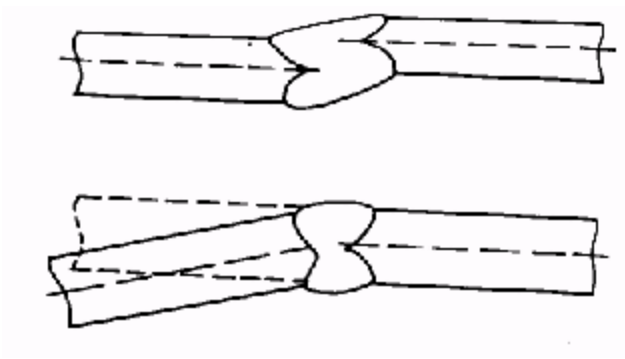
Elektrik ark kaynağında yanlış el hareketi neticesinde meydana gelir (Şekil VIII.13). Bilhassa; eğik veya dik düzlemlerde yapılan kaynaklarda ortaya çıkar. Elektrod tutuş açısı ve hareketinin yanlış olması, akım şiddeti ve ark boyunun fazla olması bu hataya sebebiyet verir. Dinamik yüklemelerde, gerilme yığılmasına sebep olur.



Şekil VIII.13.- Kaynak dikişinde taşma ve akma (şematik)

6.6.- Eksen kayması ve açısai distorsiyon

Birleştirilecek levhaların, eksenleri tam çakışmadan kaynaklanması veya katılma tamamlanmadan levhaların hareket ettirilmesi neticesinde meydana gelen hata, eksen kayması olarak adlandırılır (Şekil VIII.14).



Şekil VIII. 14.- Eksen kayması ve açısai distorsiyon (şematik).

Levhaların eksenlerinin kaynaktan sonra açısai konum değiştirmesi, açısai distorsiyona sebep olur.

6.7.- Mahalli yanma ve taşmalar

6.8.- Sıçramalar

7.- Literatür

(1)-ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Tekniği Cilt I"

İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 960, 1973-1980

(2)- ANIK, Selâhaddin

"Kaynak hataları ve giderilmesi"

Türk Kaynak Cemiyeti Yayını, No.2, 1960

(3)- KEEL, C. - HILLISCH, R.

"Fehler beim Lichtbogenschweißen und deren Vermeidung"

Schweisstechnik, Heft III, 1952

IX. BÖLÜM

KAYNAKLI PARÇALARDA MEYDANA GELEN DISTORSİYONLAR VE GERİLMELER

1.- Gerilme ve distorsiyonların esasları

Uzunluğu diğer boyutlarının yanında, çok büyük olan bir parça (çubuk) ısıtılırsa ve serbest olarak hareket edebiliyorsa boyu uzar. Soğuduğu zaman, tekrar eski uzunluğuna erişir. Buna "serbest uzama ve kendini çekme" denir (Şekil IX.1). Isı etkisi altında kalan bir çubuğun uzama miktarı, şu formülle ifade edilir:

$$\Delta l = l \cdot \Delta t \cdot \alpha_L$$

Δl : Çubuğun uzama miktarı (mm)

l : Çubuğun ısıtılmadan önceki boyu (mm)

Δt : Çubuğun başlangıç ve son sıcaklıkları arasındaki fark (°C)

α_L : Isıl uzama katsayısı (mm/°C)

Genişlik ve uzunlukları arasındaki farkın büyük olmadığı parçalarda, ısı karşısında uzama ise:

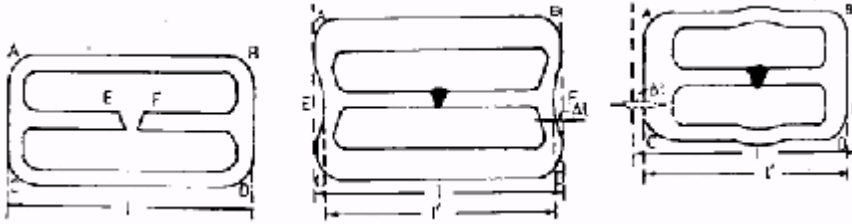
$$\Delta F = F \cdot \Delta t \cdot \alpha_F$$

ΔF : Levhanın ısı etkisiyle yüzeysel genişleme miktarı (mm²)

F : Levhanın ısıtılmadan önceki alanı (mm²)

Δt : Başlangıç ve son sıcaklıklar arasındaki fark (°C)

α_F : Yüzeysel genişleme katsayısı (mm²/°C)



Şekil IX. 1.- Metalik bir konstrüksiyonun ısının etkisi ile uzayıp kısılması.

Isı etkisi altında kalan bir parçanın, uzamasının ve kısılmasının tahdit edilmesi; parçada basma ve çekme gerilmelerinin meydana gelmesine sebep olur. Bu gerilmeler plâstik alanda ise, plâstik şekil değişimi (distorsiyon) ve gerilme kırılma değerini aşarsa, kırılmalar meydana gelir. Bu davranış gerilmenin değeri kadar, malzemenin sünek veya gevrek davranışına da bağlıdır.

2.- Kaynak gerilmelerinin ve çarpılmalarının meydana gelmesine tesir eden faktörler

Kaynaklı parçalarda meydana gelen gerilmeler ve çarpılmaların sebepleri; ısıtma gerilmeleri,

konstrüksiyonun rijitliği ve malzemenin metalürjik özellikleri adları altında toplanabilir.

A-) Isıtma gerilmeleri

Yukarıda belirttiğimiz gibi; parçaların kaynak esnasında ısıtılmaları, çeşitli gerilmelerin teşekkülüne sebep olur. Bu gerilmelerin değeri şu faktörlere bağlıdır:

a-) Sıcaklık farkı

-Isı miktarı

-Kaynak hızı

-Özgül ısı

-Isı iletme kabiliyeti

-Radyasyonla ısı yayılımı

-Parçanın hacmi ve formu

b-) Elâstiklik modülü

c-) Isıl uzama katsayısı

Sıcaklık farkının ve ısıl uzama katsayısının artmasıyla; tahdit edilmiş uzama ve kısalma gerilmeleri artmaktadır.

B-) Konstrüksiyonun rijitliği

Kaynak ısıl gerilmelerinin meydana getirdiği distorsiyon miktarı, konstrüksiyonun rijitliği ve levha kalınlığına bağlıdır. Alınacak tedbirlerle, konstrüksiyonun burkulma mukavemeti artırılırsa; çarpılmalar azalır (Şekil IX.2). Rijiditenin düşük olması, çarpılmaları artırır.

Seçerün Burkulma mukavemeti σ (Kp/cm ²)	Seçerün Burkulma mukavemeti σ (Kp/cm ²)	
	3 mm	4 mm
	6,7	123
\leq	53,6	984
	1840	3200

Şekil IX.2.- Konstrüktif tedbirlerle rijiditenin artırılması.

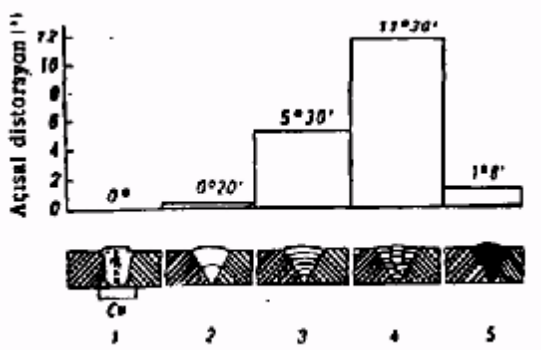
C-) Malzemenin metalürjik özellikleri

Kaynak ısısı sebebiyle parçaların yüksek sıcaklıklara ısıtılması ve soğutulması, iç yapı değişmelerine neden olur. Meselâ; çeliklerin kaynağında kaynak bölgesinde meydana gelen martenzitik yapı, şekil değiştirme kabiliyeti az olan bir iç yapıdır. Bu durum ise, çarpılmalara karşı davranışlara tesir eder. İç yapıya bağlı olarak, malzeme kolay veya zor şekil değiştirir.

3.- Distorsiyon çeşitleri

Distorsiyonlar (çarpılmalar); enine, boylamasına, açısız ve kalınlık olarak dört kısma ayrılır.

Bunlar şekil IX.3'de şematik olarak görülmektedir.



Şekil IX. 3.- Distorsiyon türleri.

Enine distorsiyonlar dikiş eksenine dik yönde, boylamasına distorsiyonlar dikiş eksenine yönünde meydana gelir.

4.- Alın dikişlerinde distorsiyonlar

4.1.- Enine distorsiyonlar

Alın kaynaklarında meydana gelen enine distorsiyonların büyüklüğü; kaynak yerine verilen ısı miktarı, ağız genişliği ve dikiş boyuna bağlıdır. Tahdit edilmemiş enine distorsiyonu veren çeşitli formüller çıkarılmıştır. Bunlardan Malisius'un formülü şöyledir:

$$\Delta l = 1,3(0,6 \cdot \lambda_1 \cdot k \cdot Q \cdot \lambda_2 \cdot b)$$

Δl : Kendini çekme miktarı (mm)

λ_1 : 0,0044

λ_2 : 0,0093

k : 43 (çıplak elektrodla ark kaynağında) 50 (örtülü elektrodla ark kaynağında)

Q: Kaynak ağzının kesiti (mm²)

b: Ağız genişliği (mm)

Alın kaynağında enine distorsiyonu azaltmak için, aşağıdaki hususlar gözönüne alınmalıdır:

- Kaynak dikişi puntalanmalıdır.
- Sıçrayarak veya geri adım usulüyle kaynak yapılmalıdır.
- Kaynak hızı yükseltilmelidir.
- İnce çaplı elektrod ile çok pasolu kaynak yapılmalıdır.
- Kaynak ağzı düzgün olarak hazırlanmalıdır

4.2.- Boylamasına distorsiyonlar

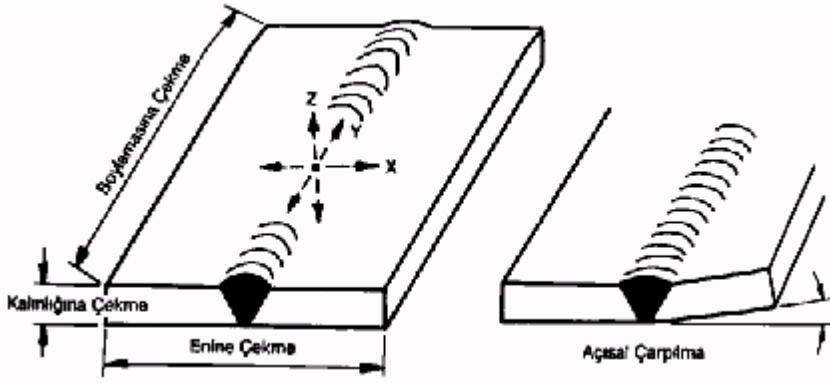
Kaynak metalinin erimesi esnasında, dikişin civar bölgeleri genişlemek (uzamak) ister. Soğuk durumdaki civar bölgeler boylamasına uzamayı tahdit eder ve plâstik bir yığılma meydana gelir. Bu

durum, boylamasına distorsiyon ve gerilmelerin hasil olmasına sebep olur.

Dikişin boyu arttıkça, boylamasına distorsiyon azalır. Alın kaynaklarında boylamasına distorsiyon miktarı, 0,1 ilâ 0,3 mm/m arasındadır. Distorsiyon miktarı, kaynak hızı artırılarak veya kaynak aralıklı olarak yapılarak azaltılabilir.

4.3.- Açısal distorsiyon

Alın dikişlerinde meydana gelen açısal distorsiyon miktarı; kaynak ağzının şekli, pasoların teşkil biçimi ve sac kalınlığına bağlıdır. Pasoların teşkil biçiminin açısal distorsiyon üzerindeki etkileri şekil IX.4'de görülmektedir.



Şekil IX.4.- Dikişin oluşum şeklinin açısal distorsiyon üzerine etkisi.

- 1- Tozaltında kaynak (1 paso)
- 2- Elektrik ark kaynağı (üçgen tarzı doldurma)
- 3- Elektrik ark kaynağı (tabakalar halinde doldurma)
- 4- Elektrik ark kaynağı (küçük pasolarla doldurma)
- 5- Oksi-asetilen kaynağı (1 paso)

Kaynaktan evvel parçalara ters yönde bir meyil vererek, kök pasosunun ters taraftan oyularak yeniden kaynaklanması veya kaynak esnasında parçaların iyi bir şekilde tesbit edilmesiyle açısal distorsiyon azaltılabilir.

5.- İç köşe birleştirmelerinde distorsiyonlar

5.1.- Enine distorsiyonlar

İç köşe dikişlerindeki enine distorsiyon derecesi aşağıdaki oranla ifade edilmektedir:

$$\frac{\text{Dikiş kalınlığı}}{\text{Sac kalınlığı}} = \frac{a}{s}$$

Bu oranın değeri; 0,3 ise distorsiyon az

0,5 ise distorsiyon normal 0,8 ise distorsiyon fazladır.

5.2.- Boylamasına distorsiyonlar

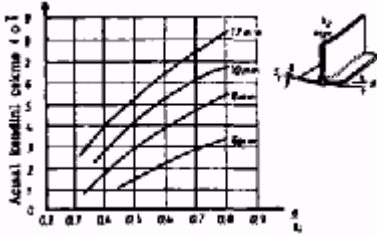
Dikişin içerisinde meydana gelen çekme kuvvetleri, konstrüksiyonun rijitliğine karşı bir etki

meydana getirir. Bunun için, kirişlerdeki boylamasına distorsiyon aşağıdaki orana bağlıdır:

$$\frac{\text{Kiriş kesiti}}{\text{Dikiş yüzeyi}} = \frac{F(\text{kiriş})}{F(\text{kaynak})}$$

5.3.- Açısal distorsiyonlar

Açısal distorsiyona, tek taraflı tavlama sonunda sacda (levhada) meydana gelen sıcaklık farkları sebep olur. Paso sayısının ve levhalar arasındaki açıklığın artması, açısal distorsiyonu artırır. Şekil IX.5'de dikiş kalınlığının sac kalınlığına oranına bağlı olarak, açısal distorsiyondaki değişme verilmiştir. Ters yönde bir eğim verilerek, açısal distorsiyon önlenabilir.



Şekil IX.5.- İç köşe dikişlerinde açısal distorsiyon miktarı.

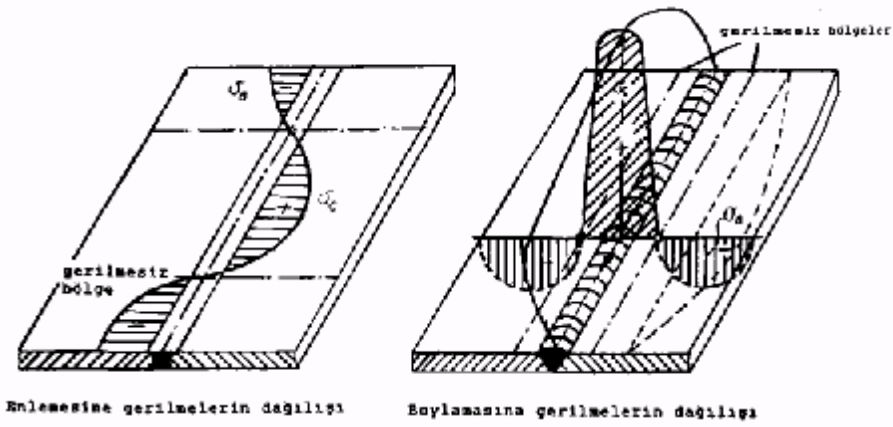
6.- Kaynak gerilmeleri

Kaynak esnasında parçaların bölgesel olarak ısıtılması, gerilmelerin ve distorsiyonların teşekkülüne sebep olmaktadır. Gerilmeler; bölgesel olarak ısıtılan parçaların uzama veya kısaltmalarının tahdit edilmesi neticesinde meydana gelir.

Gerilmeler de enine, boyuna ve derinlemesine gerilmeler olarak tasnif edilirler.

6.1.- Enine gerilmeler

Şekil IX.6'da görüldüğü gibi; kaynak esnasında parçaların kaynak eksenine dik yöndeki hareketlerinin tahdit edilmesiyle, enine gerilmeler meydana gelir. Enine gerilmeler aynı zamanda, boylamasına kendini çekmelerin hasil ettiği enine gerilmelerle birleşirler.

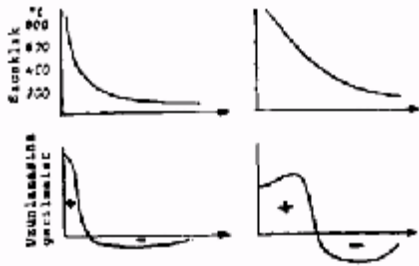


Şekil IX.6.- Bir V-alın birleştirmesinde boylamasına ve enlemesine gerilmeler.

Sıçrayarak ve geri adım usulüyle kaynak, paso sayısının artırılması enine gerilmelerin azaltılmasına sağlar. Hızlı kaynak yapılması da, enine gerilmeleri azaltır.

6.2.- Boylamasına gerilmeler

Kaynak esnasında kaynak eksenini boyunca parçaların farklı sıcaklıklarda olmaları, boylamasına gerilmelerin teşekkülüne sebep olur. Sıcaklık dağılımındaki değişmeye bağlı olarak, gerilme dağılımındaki değişme şekil IX.7'de görülmektedir.



Şekil IX.7.- Sıcaklık dağılımına bağlı olarak boylamasına gerilme dağılımı.

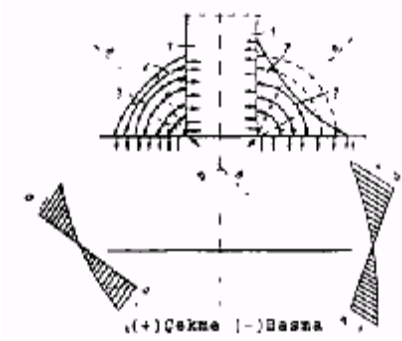
Kaynak hızı azaltılarak, ön tavlama tatbik edilerek veya uygun kaynak sıraları takip edilerek boylamasına gerilmeler azaltılabilir.

6.3.- İç köşe dikişlerinde kendini çekme gerilmeleri

İç köşe dikişlerinde kendini çekmeler sebebiyle meydana gelen gerilme dağılımı, şekil IX.8'de görüldüğü gibidir. Isınan bölgedeki genişleme ve kendini çekme, boylamasına ve enlemesine yönlerde kuvvetli biçimde tahdit edilir. Böylece; büyük kısmı dikişte toplanan üç eksenli bir gerilme hali meydana gelir.

7.- Kendini çekme momenti

Boylamasına kendini çekme gerilmelerinin sebep olduğu kendini çekme kuvvetleri, ağırlık merkezinden geçen eksenin dışında bir kendini çekme momenti meydana getirir (Şekil IX.8).



1- Isı iletme bölgesi

2- İlk katılaşma bölgesi

3- Son katılaşma bölgesi

Şekil IX. 8.- İç köşe dikişlerinde kendini çekme tesiri.

Bilhassa kaynakları simetrik olmayan konstrüksiyonlarda, bu momentler çarpılmalara sebep olurlar. Kendini çekme momenti şu formülle hesaplanır.:

$$M_s = P_s \cdot e$$

P_s : Kaynağın kendini çekme kuvveti

e : kaynağın, ağırlık merkezine olan uzaklık

Kaynak dikişlerinin konstrüksiyonun ağırlık merkezine getirilmesi veya dikişlerin ağırlık merkezine göre simetrik olarak yer alması, kendini çekme momentinin tesirini ortadan kaldırır. Aynı zamanda, simetrik dikişlerin aynı anda kaynak edilmesi gerekir (Şekil IX.9).



Şekil IX.9.- Çeşitli durumlarda kendini çekme momentinin değeri.

Kaynak dikişlerinin asimetrik biçimde tertip edilmesi halinde kendini çekme momentinin tesirini ortadan kaldırmak için, aksi yönde bir eğim vermek gerekir.

8.- Distorsiyonlara ve gerilmelere engel olmak için alınacak tedbirler

8.1.- Konstrüktif tedbirler

- Kaynak dikişleri gerektiğinden fazla olmamalıdır. Aksi takdirde, gerilme ve distorsiyonlar artar.
- Mümkünse ince sacların iç köşe dikişleri inkitalı şekilde yapılmalıdır,
- Kaynak dikişleri konstrüksiyonun ağırlık merkezine yerleştirilmeli veya simetrik olarak

tertiplenmelidir.

d-) Mümkün olduğu kadar kuvvet hatlarının ani yn değiştirmelerinden kaçınılmalıdır,

e-) Kaynak dikişleri birbirine çok yakın olmamalıdır (alın dikişlerinde en az 200 mm aralık olmalı),

f-) İnce saclardan yapılan konstrüksiyonlar, burkulma mukavemetlerini artıracak şekilde takviye edilmelidir.

g-) Mümkün olduğu kadar, şekil değiştirme kabiliyeti yüksek malzemeler kullanılmalıdır,

h-) Konstrüksiyon, kaynak sırasında parçaların kendini çekebilmeleri gözönüne alınarak tertiplenmelidir.

8.2.- Teknolojik tedbirler

a-) Uygun kaynak sırası takip edilmelidir,

b-) Kök pasosu kalın bir elektrod ile yapılmalıdır.

c-) Açısal distorsiyonu önlemek için, mümkün olduğu kadar kalın tabakalar halinde kaynak pasosu çekilmelidir.

d-) Küçük pasolarda yapılan kaynakta, pasolara önce levha kenarlarından başlanmalıdır,

e-) Dikişler sıırayarak veya geri adım usulüyle yapılmalıdır,

f-) Takviyeler en son kaynak yapılmalıdır.

8.3.- İşletmeyle ilgili tedbirler

a-) Kaynak ağızları dikkatli şekilde hazırlanmalıdır,

b-) Parçalar kaynaktan evvel puntalanmalıdır.

c-) Kaynak sırası ve plnına uyulmalıdır.

d-) Sertleşme kabiliyeti yüksek malzemelerde n tavlama tatbik edilmelidir.

8.4.- Kaynaktan sonraki tedbirler

a-) Gerilme uçlarının ortadan kaldırılması için, kaynaktan sonra dikişler ekilenmelidir

b-) Konstrüksiyon statik bir zorlama tesiri altında bırakılarak, akma sınırının aşıldığı bölgelerde gerilmelerin ortadan kalkması sağlanır.

c-) Kaynaktan sonra uygun sıcaklıklarda, tavlama tatbik edilmesi gerilmeleri azaltır,

d-) Dikişler zerindeki çıkıntı ve çentikler, mekanik olarak ortadan kaldırılmalıdır.

9.- Kaynak plânı ve kaynak sırası plânı

Kaynak sırasında oluşan çarpılma ve kendini çekmelerin ortadan kaldırılması; kaynaktan sonra büyük masraflara sebep olan, doğrultma ve düzeltme işlemlerini gerektirir. Bir düzeltme işlemi, yaklaşık olarak ilk kaynak zamanına eşittir. Böylece zaman, işçilik ve malzeme kaybı olmaktadır. Uygun bir kaynak sırasının takip edilmesiyle, düzeltme için gerekli *zaman* kaynak zamanının %10 il 20'sine düşmektedir.

Bu sebepten; kaynak ve kaynak sırası plânı büyük önem taşır.

9.1 .-Kaynak plânı

Kaynak plânı; kaynak tekniğine ait bütün bilgileri ihtiva eden, bir iş talimatıdır. Kaynak plânı kaynak mühendisi veya teknoloğu tarafından dört nüsha olarak hazırlanır. Bir kaynak plânında şu bilgiler bulunur:

- a-) Parçalar
- b-) Malzeme
- c-) Kaynak usulü
- d-) Kaynak ağızlarının şekli
- e-) Dikişin kalınlığı
- f-) Paso sayısı
- g-) Kaynak pozisyonları
- h-) Kaynak dikişlerinin sayısı
- l-) Münferit kaynak dikişlerinin boyu
- k-) Kaynak dikişlerinin toplam uzunluğu
- l-) Elektrodtipi
- m-) Elektrod çapı
- n-) Elektrod miktarı
- o-) Kaynak zamanı (dak/m)
- p-) Toplam kaynak zamanı (dak)
- r-) Ücret grubu
- s-) Düşünceler

9.2.- Kaynak sırası plânı

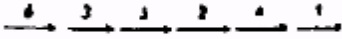
Kaynak sırası plânında; birleştirilecek parçalara ait kaynak dikişlerinin ve pasoların teşkil tarzı, uygulanacak sıralar ayrı ayrı belirtilir. Kaynak sırası plânı kaynak teknoloğu veya mühendisi tarafından hazırlanır ve içerisinde aşağıdaki bilgiler bulunur:

- a-) Teknik resimler
- b-) Montaj resimleri
- c-) Kaynak usulü
- d-) Gerekli kaynak tertibatları ve aletleri
- e-) Gerekli imâlat süresi

Kaynak sırası plânı; yazılı kısım, iş sırası listesi ve resimler olmak üzere üç kısımdan meydana gelir. Bu kısımlarda aşağıdaki bilgiler bulunur:

- a-) Yazılı kısım
- Malzeme

- Kaynak usulü
- Kaynak teli veya elektrod cinsleri
- Kaynakçı sınavı
- Kaynak konstrüksiyonunun boyutu
- Kaynakçı sayısı
- Sorumlu kaynak mühendisi veya mühendis
- b-) İşletme sırası listesi
- İş sırası
- Kaynak ağzı şekli ve hazırlama tarzı
- Kaynak sırası
- Düşünceler (gerekli kaynak tertibatları, ısıl işlemler)
- c-) Resimler
- Krokiler
- Kaynak yönü (Şekil IX.10)



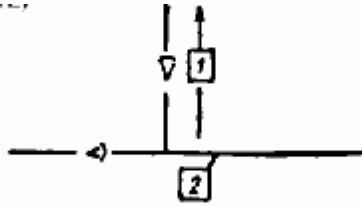
Şekil IX. 10.- Kaynak yönünün okla gösterilmesi.

- Kaynakçı sayısı (Şekil IX.11)



Şekil IX. 11.- 1. Kaynakçı (I) ve 2. kaynakçı (II) ile kaynak yapılacak kısımlar.

- Dikiş sırası (Şekil IX.12)

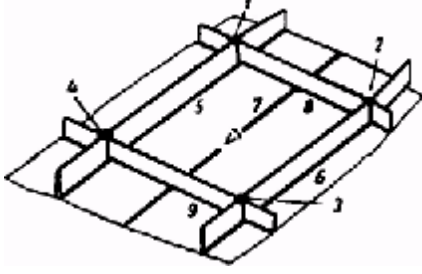


Şekil IX. 12.- Dikiş sırası ve kaynak yönü.

9.3.- Kaynak sırası tespitinin esasları

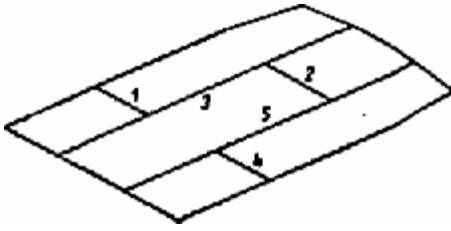
a-) Birleştirilecek parçaların münferit olarak kendini çekebilmesini temin etmek üzere, kaynak sırası tesbit edilir. En fazla distorsiyona uğrayacak ve sabit bağlantı sağlayacak parçalar, en son olarak kaynak edilir.

b-) Çarpılma eğilimi fazla olan ince sacların kaynağında, parçalar takviyelerle donatılır. Şekil IX.13'de bir takviye sistemi görülmektedir.



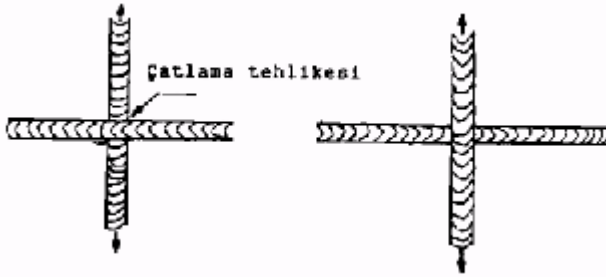
Şekil IX. 13.- İnce sacların kaynağında takviyeler ve kaynak sıraları.

c-) Boylamasına ve enlemesine dikişlerin birbirleriyle karşılaşmaları durumunda, önce enlemesine ve kısa olan dikişler yapılmalıdır (Şekil IX.14).



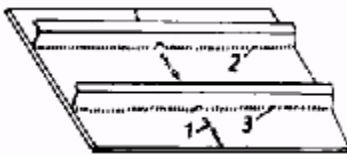
Şekil IX. 14.- Birbirini kesen dikişlerde kaynak sıraları.

d-) İki alın dikişinin birbiri ile karşılaşmaları halinde, zorlamaya maruz yöndeki dikiş önce ve devamlı olarak kaynaklanmalıdır (Şekil IX.15).



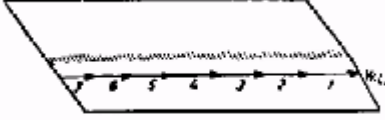
Şekil IX. 15.- İki alın dikişinin birbirini kesmesi halinde kaynak sırası.

e-) Bir alın dikişi ile bir iç köşe dikişinin birbirini kesmesi durumunda, alın dikişi önce kaynak edilir (Şekil IX.16).



Şekil IX. 16.- Bir alın ile iç köşe dikişinin birbirini kesmesi hali.

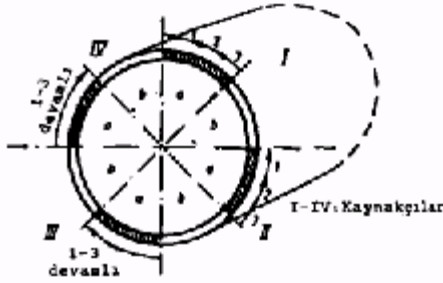
f-) Bir metreden uzun alın birleştirilmelerinde, kök pasosu geri adım usulüyle kaynaklanmalıdır. Böylece, enine distorsiyonun dikiş boyunca muntazam bir şekilde dağılması sağlanmış olur (Şekil IX.17).



Şekil IX. 17.- Kök pasosunun geri adım usulü ile kaynak edilmesi.

g-) Kaynağa daima konstrüksiyonun ağırlık merkezinden başlamalı ve muntazam şekilde, dışa doğru gidilmelidir.

h-) Bir hacim teşkil eden konstrüksiyonların kaynağında; dikişlerin sırası, meydana gelecek çarpılma momentlerinin ortadan kaldırılmasını sağlayacak şekilde tertiplenmelidir (Şekil IX.18).



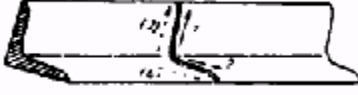
Şekil IX. 18.- Çevresel dikişlerin kaynağı.

i-) Birbirinin tam simetriğine düşen dikişlerde çarpılma momentinin önlenmesi için, bunların aynı anda kaynak yapılması gerekir.

k-) Büyük konstrüksiyon gruplarının birbirine birleştirilmelerinde (meselâ, gemi inşasında), toplam birleştirme yeri bütün gemi kesitinden geçmelidir.

10.- Kaynak sıralarına ait misaller

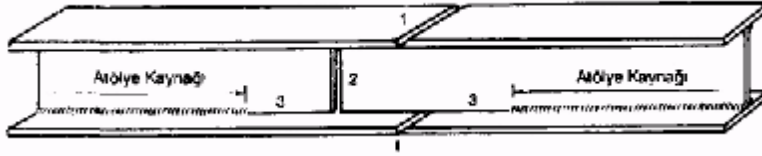
a-) Köşebentlerin kaynağı (Şekil IX.19).



b-) U-profillerin kaynağı (Şekil IX.20).



c-) Taşıyıcı kirişlerin kaynağı (Şekil IX.21).



11.- Kaynaklı parçalarda distorsiyonların düzeltilmesi

Kaynaklı parçalarda meydana gelen distorsiyonların düzeltilmesinde bazı esaslara uyulması, düzeltme için gerekli zamanı en aza indirmemizde yardımcı olur. Düzeltme işleminde aşağıdaki sebeplerle, alevle düzeltme tatbik edilir:

- a-) Basit bir düzeltme usulüdür,
- b-) Gerekli tertibat, her işletme veya atölyede bulunabilir,
- c-) Portatif bir sistem olup, her yerde kullanılabilir.

11.1.- Alevle düzeltmenin esası

Alevle düzeltme işleminde; parça malzemenin cinsi ve distorsiyon derecesine bağlı olarak, uygun bir sıcaklığa ısıtılır ve çekiç, mengene gibi aletlerle doğrultulur. Ayrıca; ahşap çekiç, gönye, germe civataları, kriko ve delikli levhalar da kullanılır.

Tavlama işleminde, nötr veya az miktarda yanıcı gazın fazla olduğu alev türü kullanılır. Üflecin çekirdeğinin parçaya uzaklığı, 5 mm kadar olmalıdır. Kaynakta olduğu gibi, sac kalınlığına uygun büyüklükte üfleçler kullanılır. Tavlama sıcaklığı 650 ilâ 850 °C arasında bulunmalıdır. Tavlama esnasında, aşağıdaki hususlar gözönünde bulundurulmalıdır:

- a-) Malzeme 200 ilâ 350 °C arasında iken çekiçle vurularak, doğrultulmamalıdır. Çünkü, bu sıcaklıklar arasında çatlama tehlikesi vardır.
- b-) Tavlama sıcaklığının 850°C'nin üzerine çıkması, bu bölgede istenmeyen içyapı değişmelerine sebep olabilir.
- c-) Tavlanan kısımların sıcaklıkları, daima kontrol edilmelidir,

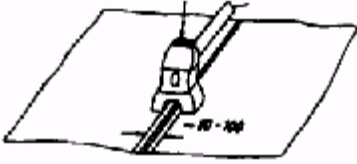
d-) Genellikle, -5°C'nin altındaki sıcaklıklarda doğrultma yapılmamalıdır.

Alevle tavlanaacak alanın genişliği, distorsiyona uğramış alan kadardır. Tavlama alanının geniş olması, malzemenin akma kabiliyetine bağlıdır. Tavlanaacak bölge genişliği tesbit edilirken, malzeme (parça) genişliğinin de gözönüne alınması lazımdır.

Tavlama esnasında parçanın sıkıca tesbit edilmesi, doğrultmanın tesirini artırır. Sertleşme meyli olmayan malzemelerde tavlanan kısımların basınçlı hava ile çabuk soğutulması, kendini çekme tesirini artırır.

Çok eksenli olarak distorsiyona uğramış kısımlarda; önce bir eksen, daha sonra diğer eksen boyunca doğrultma yapılmalıdır.











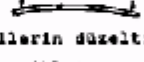





Kaynak dikişinin zorlamaya maruz kalan kısımları, darbeli olarak düzeltilmemelidir. Böyle yerler, tavlandıktan sonra çekme ve basma tatbik eden aletlerle veya yarıklı demirci baskılarıyla düzeltilmelidir (Şekil IX.22).



Şekil IX.22.- Kaynak dikişinin yarıktı demirci çekici ile düzeltilmesi.

112.- Alevle düzeltme usulleri

Alevle düzeltmede uygulanacak usulün seçimi, düzeltilecek parçanın şekline bağlıdır. Şekil IX.23'de temel alevle düzeltme usulleri görülmektedir

Usulün adı	Tavilama tarzı	Kullanma yerleri
Noktalama usulü		Sacların düzeltilmesi
Isı yolu 1.Yanyana noktalama usulü 2.Çizgisel usul	 	 Tek tarafından kaynak yapılmış parçaların düzeltilmesi
Zigzag usul		 Her tarafından tesbit edilmiş bir sac çerçevesinin düzeltilmesi
Isı çemberi Isı elipsi	 	 Boru bağlantılarının düzeltilmesi
Isı kaması		 Profilin düzeltilmesi  sac kenarlarının düzeltilmesi
Kombine usul 1.Isı yolu ve Isı kaması 2.Isı haçı ve Isı çemberi	 	 Profilin düzeltilmesi  Kalın sacdan usul bir çerçevesinin düzeltilmesi

Şekil IX.23.- Temel alevle düzeltme usûlleri. 116

A-) Noktalama usulü

- a-) Üçgen tertibi
- b-) Satranç tertibi
- c-) Sıralı tertip
- d-) Helezoni tertip
- e-) Noktalı tertip

B-) Isı yolu usulü

- a-) Yan yana noktalama usulü
- b-) Çizgisel usul
- c-) Zikzak usul
- d-) Isı çemberi veya elipsi

C-) Isı kaması usulü

D-) Kombine usul

- a-) Isı yolu ve ısı kaması
- b-) Isı haçı ve ısı çemberi

12.- Literatür

(1)-ANIK, Selâhaddin

Kaynak Tekniği Cilt I"

İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 960, 1973-1980

(2)- ANIK, Selâhaddin

"Kaynaklı parçalarda meydana gelen distorsiyonlara ve gerilmelere ait esaslar"

O. Kaynak Tekniği, K.T.2, 1966

(3)- ANIK, Selâhaddin

"Kaynak yapılırken takip edilecek sıra"

Türk Kaynak Cemiyeti Yayını No.8, 1961

(4)- KIHARA, H.-WATANABE, M.-

MASUBUCAI, K. - SATOH, K.

"Researches on Welding Stress and Shrinkage Distorsion in Japan"

The Society of Naval Architects of Japan 60 th. Anniversary Series Volume. 4, 1959

(5)- MALISIUS, R.

"Schrumpfungen, Spannungen und Risse beim Schweissen"

DVS-Fachbuchreihe Schwweisstechnik Band 10

Deutscher Verlag für Schweisstechnik GmbH Düsseldorf, 1977

(6)- ANIK, Selâhaddin

"Kaynaklı parçalarda oluşan çekme ve çarpılmalar"

Mühendis ve Makina Dergisi Sayı 284 ve 285,1983

X. BÖLÜM

DOLDURMA KAYNAĞI

1.- Tarifi ve Önemi

Doldurma kaynağı; lehimleme, metal püskürtme veya eritme kaynağı usullerinin biriyle bir ana metal üzerine, bileşimi ve özellikleri verilen bir metalin bir veya birkaç tabaka halinde doldurulması veya kaplanmasıdır. Tamir veya eksik kısımların tamamlanması amacıyla yapılan doldurmada dolgu malzemesi, esas metale çok yakın veya aynı bileşimdedir. Esas metale yeni özellikler kazandırmak üzere yapılan doldurmalarda, dolgu malzemesi değişik bileşimdedir. Esas metale verilecek yeni özellikler şunlar olabilir:

- a-) Sertlik,
- b-) Sıcak haldeki sertlik,
- c-) Aşınmaya karşı dayanıklılık,
- d-) Abrazyona dayanıklılık,
- e-) Korozyona dayanıklılık,
- f-) Sıcak halde oksidasyona dayanıklılık,
- g-) Darbelere dayanıklılık.

Dolgu malzemelerinin çoğu, yüksek sertliğe sahiptir. Bu sebepten doldurma kaynağı, sert dolgu olarak da bilinir.

2.- Doldurma malzemelerinin sınıflandırılması

Doldurma malzemesinin verdiği özellikler, tatbik edilecek kaynak usulü ve tatbik şartlarını gösteren çeşitli kodlamalarla doldurma malzemelerinin ifade edilmesi mümkündür. Çeşitli standartlarda doldurma malzemelerinin gösterilişi aşağıda verilmiştir:

Tablo X.1.- IIW/IIS'ye göre doldurma malzemesinin alaşım grupları

İşareti	Alaşım tipi
A	% 0,4'ten az miktarda karbon içeren hafif alaşımlı veya alaşımsız elikler
B	% 0,4'ten fazla karbon içeren hafif alaşımlı veya alaşımsız elikler
C	Manganezli ostenitik elikler
D	Manganez içermeyen krom-nikelli ostenitik elikler
E	Kromlu elikler
F	Alaşımlı hız elikleri
G	Tungsten ve kobalt içeren ve içermeyen özel kromlu dökümler
H	Orta derecede alaşımlandırılmış sıcaka dayanıklı elikler
J	Alüminyum ve alüminyum alaşımları
K	Magnezyum ve magnezyum alaşımları
L	inko ve çinko alaşımları
M	Kurşun ve kurşun alaşımları
N	Krom ve tungsten içeren kobalt esaslı alaşımlar
P	Aglomera veya taneli sinterlenmiş metalik karbürler
Q _a	Krom ve bor içeren nikel esaslı alaşımlar
Q _b	Molibdenli krom içeren veya içermeyen nikel esaslı alaşımlar
S	Bakır ve alüminyum alaşımları
T	Bakır esaslı kompleks bronz alaşımları
U	Nikel içeren veya içermeyen bakır-çinko alaşımları
V	Kalay-Kurşun-Antimuan antifriksiyon alaşımları
W	Bakır
Z	Diğer alaşımlar

Tablo X.2.- DIN 8555'e göre doldurma malzemesinin alaşım grupları

Alaşım grup no	Alaşım tipi
1	% 0,4 'e kadar karbon ve en fazla % 55'e kadar Cr,Ni,Mn ve Mo gibi alaşım elemanları içeren alaşımsız veya hafif alaşımlı çelikler
2	% 0,4'den fazla karbon ve en çok %5'e kadar Cr,Mn,Mo ve Ni gibi alaşım elemanları içeren alaşımsız veya hafif alaşımlı elikler
3	W ve Cr esaslı olup, Mo,Ni,V, (Co) içeren sıcak işlem elikleri
4	W, Cr ve V veya Cr,Mo,W ve V,(Co) içeren hız çelikleri
5	% 0,2'e kadar karbon ve % 5 ilâ % 30 Cr içeren düşük (az) karbonlu çelikler
6	% 0,2 ilâ 2 karbon ve % 5 ilâ % 18 Cr içeren çelikler
7	% 11 ilâ 18 Mn ve % 0,5 C, % 3 Ni'li manganez sert eliği
8	Cr-Mn-Ni alaşımlı ostenitik elikler
9	Cr-Ni'li paslanmaz veya ısıya dayanıklı elikler
10	Ledeburitik Cr-C-Fe alaşımları, Cr-sert alaşımları
20	Cr, W (Ni), (Mo)'li ve Co-esaslı steitler
21	Metalkarbür esaslı sert metallere (sinterlenmiş veya dökülmüş)
22	Ni-Cr-B alaşımları (Ni-esaslı)
23	Mo, (Cr) li ve Ni-esaslı alaşımlar
30	Kalay bronzları
31	Alüminyum bronzları
32	Cu-Ni alaşımları

Aşağıda AWS-A.5.13-56.T'de bulunan başlıca dolgu malzemesinin grupları verilmiştir.

I-) Demir esaslı olanlar

A-) Sertleşebilen alaşımlar

1- Karbonlu çelikler

a- Az

b- Orta

c- Yüksek

2- Hafif alaşımlı çelikler

a- Az karbonlu

b- Orta karbonlu

c- Yüksek karbonlu

d- Dökme tipler

3-Orta alaşımlı çelikler

a- Orta karbonlu

b- Yüksek karbonlu

c- Dökme tipler

4- Orta-yüksek alaşımlar

a- Az karbonlu

b- Orta karbonlu

c- Yüksek karbonlu

d- Dökme tipler

5- Hız çelikleri

B-) Ostenitik çelikler

- Krom ve Krom-Nikelli

a- Az karbonlu

b- Yüksek karbon, az nikel

c- Yüksek karbon, yüksek nikel

2- Yüksek mangan

C-) Ostenitik (ısı işlem uygulamalı)

1- Yüksek kromlu demir

2- Yüksek alaşımlı demir

a- % 1,7 karbon

b- % 2,5 karbon

c- Çok yüksek alaşımlı

II-) Kobalt esaslı alaşımlar

A-) Hafif alaşımlı

B-) Yüksek alaşımlı

III-) Karbürler

A-) İlaveli

B-) Kompozitler

C-) Tozlar

IV-) Bakır esaslı alaşımlar

A-) Bakır-çinko

B-) Bakır-silisyum

C-) Bakır-alüminyum

V-) Nikel esaslı alaşımlar

A-) Nikel- bakır (Monel)

B-) Nikel-krom (Nichrome)

C-) Nikel- krom- tungsten- molibden

(Hastelloy)

3.- Doldurma usulleri ve doldurmaya hazırlama

Doldurma usulünün seçimi, aşağıdaki bilgilerin ışığında yapılmalıdır:

Ark kaynağı ile, birim zamanda daha çok metal yığılabılır. Bundan dolayı bu usul, büyük yüzeylerin kaplanması için uygun olmaktadır. Küçük parçaların doldurulması, kenar ve köşelerin tamamlanması üfleç ile daha hassas olarak yapılabilir. Ark ile yapılan doldurmada, yığılan ilk tabakanın bileşimi esas metal ile karışma sebebiyle değişir. Bu sebepten ark ile yapılan doldurmada, birden fazla tabaka halinde doldurma yapmak lazımdır. Üfleçle yapılacak doldurmada, böyle bir mecburiyet yoktur.

Doldurulması gereken yüzeyler tercihen, taş veya talaş kaldırma ile temizlenmelidir. Çok sert esas metal üzerine sert dolgu yapılması durumunda, dolgu tabakası ve esas metal arasında bir tampon tabaka kullanmak gerekir. Bu tampon tabakasının malzemesinin seçimi, çok önemlidir. Tampon tabakası,

yatak vazifesi görür ve çatlamaya mani olur.

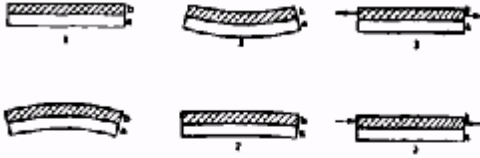
Ark ile yapılan doldurmada; kuru elektrod kullanılır, mümkün olduğu kadar düşük akım şiddetinde, kısa ark boyu ile ve elektrod dik tutularak doldurma yapılır. İyi doldurma elektrodları, düşük kaynak akımında kolayca erirler ve geniş dikişler verirler (Şekil X.1).



Şekil X.1.- Ark kaynağı ile yapılan doldurmada pasoların durumu

Üfleçle yapılan doldurmada genellikle, sola kaynak usulü kullanılır. Alev, yumuşak ve karbonlayıcı olmalıdır. Bakır ve alaşımlarında çukur teşekkülünü önlemek için, oksitleyici alev kullanılır.

Doldurma işleminden hemen sonra, parçalara doğrultma işlemi tatbik edilir. İyi seçilmiş bir ön çarpılma şekillendirmesi (işlemden önce parçanın ters yönde şekillendirilmesi), düzeltme işlemini kolaylaştırır. Aynı zamanda bu işlem yapılarak, doldurma metalinin çekme gerilmesi yerine basma gerilmesiyle yüklenmesi temin edilmiş olur(Şekil X.2).



Şekil X.2.- Düzeltme işlemini kolaylaştıran ters çarpılma işlemi.

Üsttekiler yanlış, alttakiler doğrudur: a) Esas metal, b) Doldurma malzemesi.

1) Doldurulmuş (sıcak), 2) Doldurulmuş (soğuk), 3) Düzeltilmiş

3.1.- Ön tavlama

Ön tavlamanın gayesi; esas metalde meydana gelebilecek olan çarpılmaları, çatlakları ve iç gerilmeleri azaltmak ve aynı zamanda doldurma metalinin esas metal ile iyi bir şekilde birleşmesini temin etmektedir. Ön tavlama sıcaklığı genel olarak, esas metalin ve doldurma malzemesinin bileşimi ile parçanın boyutlarına bağlıdır. Ön tavlama şu prensipler gözönünde bulundurulur:

Az su alan malzemedan yapılmış küçük parçalara, köşe ve kenar doldurmalarında elektrod ve üfleç tarafından tatbik edilen ısı yeterlidir; ayrıca bir ön tavlamaya gerek yoktur. Bunun dışındaki malzemeler için, tablo X.3'de verilen ön tavlama değerleri tatbik edilir.

Manganezli ostenitik çelik (%1,3 C, %12 Mn) soğuk olarak doldurulmalıdır ve bazı hallerde doldurma işlemi su içerisinde yapılmalı ve parça işlemden sonra mümkün olduğu kadar yüksek hızda soğutulmalıdır. Böylece manganez karbürlerin çökmesiyle meydana gelen çatlama tehlikesine ve C ile Mn miktarlarının azalmasından dolayı ostenitik yapının martenzite dönüşmesine engel olunur.

3.2.- Isıl işlemler

Doldurulan kısımların sonradan işlenmesi (talaş kaldırılarak) gerektiği durumlarda, dolguyu yumuşatmak ve sonra tekrar sertleştirmek gerekir.

3.3.- Mekanik işlemler

Cr-Ni-Mn'li ostenit çelik, Cr-Ni-Mn'li ostenitik-ferritik çelik ve manganezli ostenitik çelikler soğuk olarak dövülebilirler. Bir çok halde, bu işlem dolgu tarafından yerine getirilir.

4.- TIG usulü ile doldurma

Doğru veya alternatif akım membaı tarafından iş parçası ile tungsten elektrod arasında ark teşekkül ettirildikten sonra, doldurma malzemesi el ile sevk edilir. Aynı zamanda dolgu malzemesi, bir asal gaz ortamı ile korunur. Bu asal gaz; argon, helyum veya argon-helyum karışımı olabilir.

Bu usulde üfleçle yapılan doldurmada olduğu gibi, esas metal ile dolgu malzemesinin karışımı çok azdır. Karbon ve alaşım elemanlarının yanmaları gözönüne alınarak, doldurma malzemesi seçimi yapılmalıdır. TIG usulü doldurmanın otomatik ve yarı otomatik uygulamaları da vardır.

Tablo X.3.- Yüksek karbonlu çeliklerde doldurma öncesi ön tavlama sıcaklıkları

Esas metal IIW sınıfı	Alaşım tipi	Öntavlama sıcaklığı (°C)	
		Örtülü elek. ve TIG kay.	Gaz kaynağı ve sert lehim
A	C %0,4 ihtiva eden kromlu çelik	200-300	200-300
B	C %0,4 ihtiva eden Cr-Mo li Çelik	250-300	400-450
C	Mn li ostenitik çelik	Ön tavsız	-----
D	Cr-Ni-Mn li ostenitik çelikler	200-300	600-700
-	Cr-Ni-Mn li ostenitik-ferritik Çelikler	200-300	-----
E	Kromlu çelikler Cr%12-18 C%0,10-0,25	200-300	-----
F	Mo-V-Cr-W lı hız çelikleri	400-500	600-700
G	Cr-C'lu hususi dökme demir	300-400	600-700
N	Co-Cr-W alaşımları	300-400	600-700
P	Çelik matriste tungsten karbürler	400-500	600-700
Qa	Ni-Cr-B alaşımları	400-500	600-700
Qb	Ni-Mo-Cr-W alaşımları	400-500	-----
S	Cu-Al alaşımları	Çelik 200-300 kır dökme ve bakırlı malzeme 400-500	-----
T	Cu-Sn alaşımları		-----
U	Cu-Zn-Ni alaşımları	-----	çelik tavlama istememez. Kır dökme ve bakırlı malzeme 400-500

5.- MIG usulü ile doldurma

Eriyen metal elektrod (dolgu malzemesi) ile iş parçası arasında ark teşkil edilir ve bu ark, bir soy gaz atmosferi ile korunur. Otomatik veya yarı otomatik olarak tatbik edilir. Kullanılan elektrik akımı

yoğunluğu yüksektir ve eriyen dolgu malzemesi miktarı fazladır. Kullanılan dolgu malzemeleri ve sertlikleri, tablo X.4'de verilmiştir.

Tablo X.4.- MIG usulü doldurmada kullanılan doldurma malzemeleri.

IIW sınıfı	Alaşımların cinsi	Sertlik
A	Hafif alaşımlı çelik (%0,4'den az karbonlu)	40 RC
B	Hafif alaşımlı çelik (%0,4'den çok karbonlu)	60 RC
C	Mn'li ostenitik çelik	50 RC
E	Kromlu çelik	45 RC
S	Cu-Al alaşımları	300 HB
U	Cu-Zn-Ni alaşımları	260 HB

6.- Tozaltı kaynağı ile doldurma

Otomatik olarak bir kangaldan alınan dolgu malzemesi elektrod ile iş parçası arasın da teşkil edilen ark ile doldurma yapılır. Yüksek akım yoğunluğu veya birden fazla dolgu teli aynı anda kullanılarak, birim zamanda çok malzemenin yığılması temin edilir.

Tozaltı kaynağı ile doldurmada kullanılan doldurma teli ile kaynak tozunun bileşiminin birbirine uygun olması gerekir. Kaynak tozu erimiş metali ve alaşım elemanlarını, havanın zararlı tesirlerine karşı korumanın yanında; ihtiva ettiği alaşım elemanlarıyla, erimiş doldurma malzemesinin alaşımlandırılmasını da sağlar. Doldurmadan sonraki soğuma ne kadar hızlı olursa, dolgu tabakası o kadar sert olur.

7.- Püskürtme ile doldurma

7.1.- Metal püskürtme ile doldurma

Gaz alevi ile yapılan püskürtmede; tel şeklindeki doldurma malzemesi, oksii-asetilen alevi ile eritilir ve basınçlı hava ile parça üzerine püskürtülür. Bu işlem bir tabanca vasıtasıyla yapılır.

Elektrik arkı ile metal püskürtmede; tel şeklinde iki doldurma malzemesi arasında teşkil edilen arkla eritilen doldurma malzemesi, basınçlı hava ile püskürtülür. Bu usulde, erime sıcaklıkları yüksek olan metallerin püskürtülmesi mümkün olmaktadır.

7.2.- Metal püskürtme ve eritme yolu ile doldurma

Bu usulde; püskürtme tabancasına toz halinde gelen malzeme, kaplanması gereken parça üzerine püskürtülür ve sonra ikinci bir işlemle parça üzerinde eritilir. Tabanca normal olarak oksii-asetilen ile çalışır ve toz basınçlı hava ile püskürtülür. Doldurulan tabakanın eritilmesi genel olarak üfleçle ve bazen de, endüksiyonla ve fırında ısıtma ile yapılır.

Genellikle yüksek ergime noktalı, büyük oranlarda nikel ihtiva eden kromlu ve borlu alaşımlar bu usulle püskürtülür. Doldurma malzemesinin parça üzerine kaplandıktan sonra eritilmesi neticesinde, esas metal ile iyi bir yapışma temin edilir. Bu sistemle, 2 mm kalınlığa kadar doldurma yapmak mümkündür. Kaplama tabakasının sertliği ve yoğunluğu, yaklaşık olarak doldurma malzemesininkine eşittir.

7.3.- Plazma arkı ile doldurma

En yeni usullerden birisidir. Direkt tesirli plazma alevi kullanılır. Su ile soğutulan ve ucu bir meme şeklinde daralan ve anot olarak kullanılan bir zarf ve merkezinde izole edilmiş bir katottan meydana gelir. Bu üfleçten geçen gaz (argon, hidrojen ve azot), anot ve katot arasında teşekkül eden bir plazma jeti halinde çıkar. Toz halindeki doldurma malzemesi plazma jetinde erir ve parça üzerine püskürtülür. Doldurma malzemesinin parça üzerinde tutunması, mekanik olarak yapışmasıdır. Bu usulde çok yüksek sıcaklıklar sağlanması sebebiyle; erime sıcaklıkları yüksek olan krom, molibden, tungsten, tantal ile bunların oksitlerinin püskürtülmesi mümkün olmaktadır.

7.4.- Plazma arkı ile doldurma ve eritme

Kullanılan tabancada, iki ark vardır. Birincisi plazmayı meydana getirir; ikincisi de tabanca ile iş parçası arasında teşekkül ederek doldurma malzemesinin parça üzerinde eriyerek daha iyi yapışmasını temin eder. Doldurma tabakasının kalınlığı, 0,25 ilâ 6 mm arasında değişir. Doldurma malzemesi, toz halindedir.

8. Literatür

(1) - ANIK, Selâhaddin - TÛLBENTÇİ, Kutsal "Doldurma ve doldurma malzemesi" Türk Kaynak Cemiyeti Yayını, No.7, 1967

(2) - "Welding Handbook, Section III" Amerikan Welding Society, 1965

XI. BÖLÜM

ELEKTRİK DİRENÇ KAYNAĞI

1.- Prensibi

Direnç kaynağı; iş parçalarından geçen elektrik akımına karşı iş parçalarının gösterdiği dirençten sağlanan ısı ve aynı zamanda, basıncın tatbikiyle yapılan bir kaynak usulüdür. Malzemeden geçen elektrik akımının meydana getirdiği ısının dışında, herhangi bir ısı tatbik edilmemektedir. Isı, kaynak edilecek kısımlarda meydana gelir ve basınç kaynak makinasındaki elektrodlar veya çeneler vasıtasıyla uygulanır.

Elektrik direnç kaynağı için gerekli alçak gerilim ve yüksek akım şiddetindeki elektrik gücü, kaynak transformatörlerinden sağlanır. Basınç ise; hidrolik veya mekanik donanımlarla temin edilir.

2.- Elektrik direnç kaynağı usulleri

Elektrik direnç kaynağı usulleri, icra şekillerine göre aşağıdaki gibi tasnif edilebilir:

A-) Nokta kaynağı

- a-) Normal nokta kaynağı
- b-) Kabartılı nokta kaynağı

B-) Dikiş kaynağı

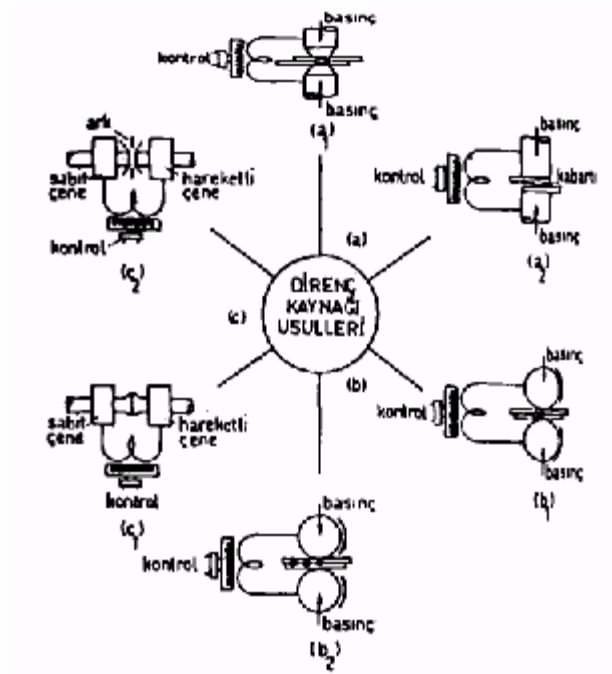
- a-) Sürekli dikiş kaynağı
- b-) Aralıklı dikiş kaynağı

C-) Alın kaynağı

- a-) Basınçlı alın kaynağı
- b-) Yakma alın kaynağı

Bu direnç kaynağı usulleri prensipleriyle, şematik olarak şekil XI.1'de verilmiştir.

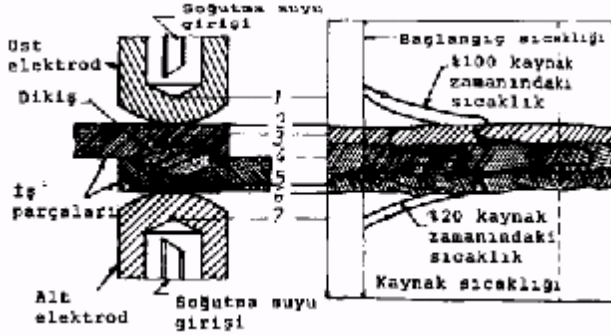
Bütün direnç kaynağı usulleri, uygun bir akım şiddeti-kaynak zamanı düzenlemesini gerektirir. Kaynak bölgesinin ısınma ve soğuma hızları, zaman ekonomisi bakımından mümkün olduğu kadar yüksek olmalıdır. Demir esaslı malzemelerde bu hız gevrek bir kaynak dikişi meydana getirecek kadar yüksek ise, ayrıca bir temperleme işlemi gerekir.



Şekil XI. 1.- Başlıca direnç kaynağı usullerinin şematik olarak gösterilişi.

3.- Nokta kaynağı

Nokta kaynağı; elektrodlar tarafından bir arada tutulan iş parçalarında geçen elektrik akımına karşı iş parçalarının gösterdikleri dirençten elde edilen ısı ile parçaların bölgesel olarak eritilip basınç altında birleştirilmeleridir. Kaynak dikişinin boyut ve şekli, elektrodların boyut ve şekline bağlıdır (Şekil XI.2).



Şekil XI.2.- Nokta kaynağında dirençler ve sıcaklık gradyanı

Genel olarak nokta kaynağı, dört periyottan meydana gelir:

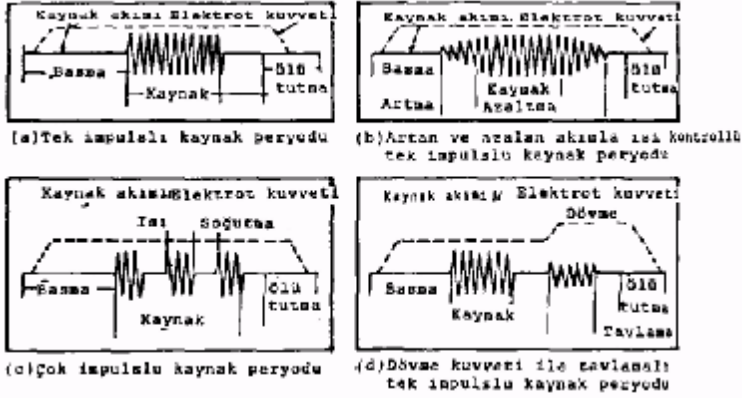
a-) **Basma süresi:** Elektrod kuvvetinin ilk uygulandığı an ile kaynak akımının verildiği ilk an arasında geçen süredir.

b-) Kaynak süresi: Kaynak akımının geçtiği zaman aralığıdır.

c-) Tutma süresi: Kaynak akımının kesilmesinden sonra, elektrod kuvvetinin etkisinin devam ettiği süredir.

d-) Ölü süre: Elektrodun iş parçası ile temasta olmadığı, zaman aralığıdır.

Şekil XI.3'de bu süreler ve bu sürelerde elektrod kuvvetinin değişimi şematik olarak görülmektedir.



Şekil XI. 3.- Nokta kaynağı işleminde çeşitli periyotların şematik olarak gösterilmesi.

3.1.- Nokta kaynağı usulleri

Nokta kaynağı usulleri, iki temel grupta toplanırlar:

- a-) Tek noktalı kaynak
- b-) Çok noktalı kaynak

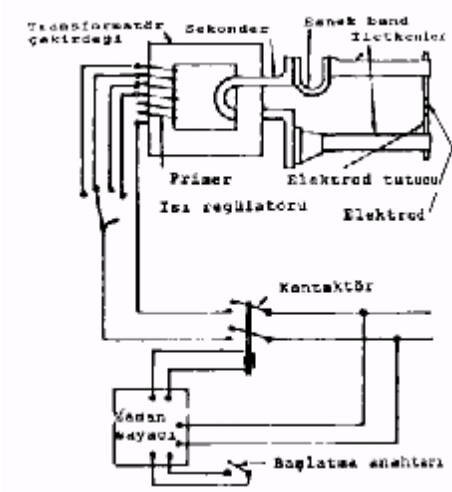
Tek noktalı kaynak, akımın uygulama periyodu boyunca bir kaynak noktası meydana gelecek şekilde yapılan nokta kaynağıdır. Çok noktalı kaynağa ise, akımın tatbik periyodu süresinde aynı anda iki veya daha fazla kaynak noktası meydana gelir. Çok noktalı kaynağa noktalar seri veya paralel olabilir.

3.2.- Nokta kaynağı işleminin esasları

Direnç kaynağında gerekli ısı, yüksek kaynak akımları ile sağlanmaktadır. Isı üretim hızı, malzemenin direnci ve akım şiddetine bağlıdır. Bu ısı miktarı şu formülle hesaplanır:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Burada; (t) saniye cinsinden kaynak süresini, (R) ohm cinsinden iş parçasındaki toplam direnci ve (I) amper cinsinden kaynak akımını ifade eder. Şekil XI.4'de bir nokta kaynağı makinası, şematik olarak verilmiştir.



Şekil XI.4.- Nokta kaynağı makinasının prensibi.

Kaynak esnasında elektrodlar iş parçalarına, önceden ayarlanmış zamanlarda ve hızlarda yaklaşır ve uzaklaşır. Elektrodların yaklaşma hızı yüksek olmalı, fakat elektrod yüzeylerinin deformasyonuna sebep olmamalıdır. Bölgesel olarak ısıtılan iş parçaları, kaynak işlemi esnasında hem genişler hem de büzülürler.

Kaynak makinasının sekonder devresi; kaynak edilecek iş parçaları da dahil olmak üzere, akımın akışını etkileyen bir seri dirençtir. Bu devre üzerinde herhangi bir noktada üretilen ısı, o noktadaki dirençle doğru orantılıdır. Bu sebepten; sekonder devredeki elektriksel sistemler, ısıyı istenilen yerde üretecek ve diğer bölgeleri izafi olarak soğuk tutacak biçimde dizayn edilmelidir. Verilen bir akım değeri için, birim zamanda kaynak yerinde meydana gelen ısı miktarına şu faktörler tesir eder:

- a-) Kaynak edilecek malzemenin direnci
- b-) Elektrod malzemesinin direnci
- c-) İş parçaları arasındaki temas direnci
- d-) İş parçaları ile elektrodlar arasındaki temas dirençleri

Kaynak esnasında üretilen ısı; iş parçalarına ve elektrodlara, çevreye verilir. Bu ısının bir kısmı parçaların kaynaklanacak yerlerinin eritilmesine harcanırken, bir kısmı da kayıp olarak yayılmaktadır. Isı kayıpları, kaynak zamanının artmasıyla artmaktadır.

Kaynak esnasında geçen akım üzerinde, tatbik edilen basıncın ve parçaların yüzey düzgünlüklerinin de tesiri vardır.

Kullanılan kaynak elektrodları saf bakır olduğunda iyi bir iletkenidir. Fakat sertlikleri ve yumuşama sıcaklıkları düşüktür. Yüksek akım şiddeti, yüksek basınç ve yüksek kaynak hızlarında bakır alaşımları kullanılmaktadır. Bakır-Tellur, Bakır kadmiyum, bakır krom ve bakır tungsten gibi. Genel olarak alaşımın sertliğinin artması, elektriksel ve direncini de artırır. Bu nedenle herhangi bir uygulama için belirli bir alaşımın seçimi; onun mekanik özelliklerine göre değişen ısı ve elektriksel özelliklerin esas alınması ile

gerçekleştirilir. Örneğin alüminyumun kaynağı için kullanılan elektrodlar, yüksek basma mukavemeti yerine yüksek iletkenliğe sahip olmalıdır. Diğer taraftan paslanmaz çeliğin kaynağı için kullanılan elektrodlarda maksimum basma kuvveti elde etmek için yüksek iletkenlikten fedakarlık edilir.

Elektrodların uçlarının çabuk bozulmamaları için su ile soğutma yapılmaktadır.

3.3.- Kabartılı nokta kaynağı

Kabartılı nokta kaynağı, prensip olarak normal nokta kaynağına benzerdir. Normal nokta kaynağında sekonder akımın geçiş yüzeyi, elektrod uçlarının boyutları ve şekilleriyle sınırlandırılmış iken; kabartılı nokta kaynağında, birleştirilecek parçaların birinde veya ikisinde bulunan kabartılarla sınırlandırılmıştır (Şekil XI.5).



Şekil XI. 5.- Kabartılı nokta kaynağı.

Kabartılı nokta kaynağında da, parçaların elektriki direnci ile bölgesel erime sağlanır ve basınç tatbik edilerek kaynak yapılır. Kabartılar, ısının düzgün dağılımını sağlar. Kabartılar, çeşitli biçimlerde olabilir. Bu kabartılar preslerde şekillendirilebildiği (sun'i kabartı) gibi, parçalarda tabii olarak da (tabii kabartı) olabilir. Şekil XI.6'da bazı kabartı tipleri görülmektedir.



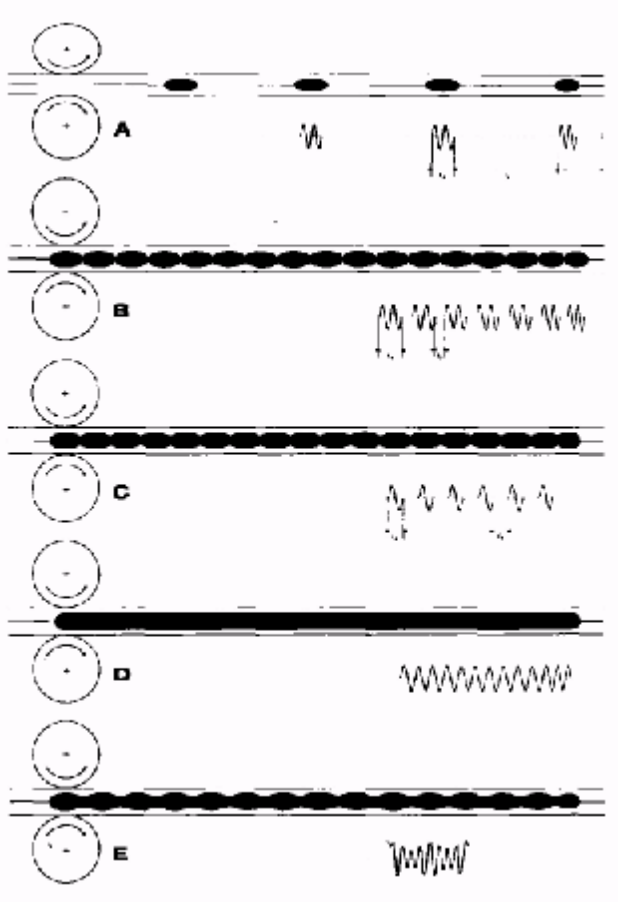
Seki I XI. 6.- Kabartı tiplerinden bazıları

4.- Dikiş kaynağı

Prensip olarak normal nokta kaynağı gibi olan dikiş kaynağında, elektrodlar tekerlek biçimindedir (Şekil XI.7). Elektrodların bastırarak dönmeleriyle, sürekli veya kesikli kaynak dikişleri elde edilir. Kaynaklanacak parçaların biçimlerine göre, özel elektrod tipleri de vardır. Dikiş kaynağında sızdırmaz bir bağlantı elde edilebilmesi, kaynak şeridinin genişliğine bağlıdır. Kaynak şeridinin ideal genişliği, levha kalınlığına bağlı olarak şu formülle bulunur (Şekil XI .8).

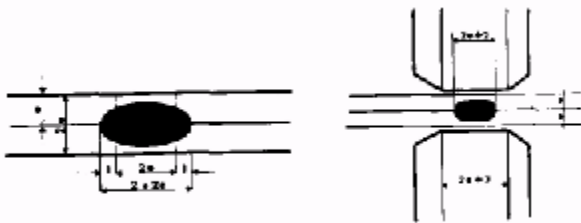
$$L = 2(e + 1)$$

L : Şerit genişliği (mm)
e : Levha kalınlığı (mm)



Şekil XI. 7.- Elektrik direnç dikiş kaynağının çeşitli şekilleri.

İdeal kaynak dikişi elde edebilmek, kaynak akım şiddeti ve kaynak hızına da bağlıdır. Levha kalınlığına bağlı olarak, akım şiddeti ve kaynak hızı arasındaki bağıntı aşağıdaki gibi olmalıdır:

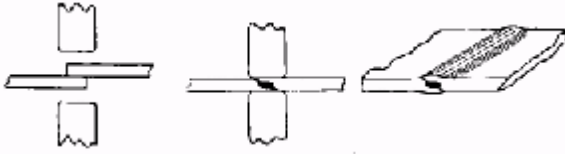


Şekil XI. 8.- Kaynak şeridinin ve dikişin genişliği

<i>Levha</i> <i>kalınlığı</i> <i>(mm)</i>	<i>Akım</i> <i>Şiddeti</i> <i>(amper)</i>	<i>Kaynak</i> <i>Hızı</i> <i>(m/dak) (v)</i>
0,5	9250-975. v	9,5
1,0	10600-2260. v	4,7
1,5	11850-3800.V	3,10
2,0	12850-5550.V	2,30
3,0	15000-9600.V	1,55

Elektrik direnç dikiş kaynağının; ezme kaynağı, yardımcı ilâve metal kullanarak dikiş alın kaynağı ve boruların alın dikiş kaynağı gibi özel uygulamaları vardır.

Ezme kaynağında, levhalar hafifçe üst üste bindirilir. Bu bindirme miktarı, levha kalınlığının 1 ilâ 1,5 katıdır. (Şekil XI.9). Elektrodun basma kuvvetiyle, bindirilen kısımlar kaynak esnasında ezilerek geniş ve düz bir dikiş elde edilir

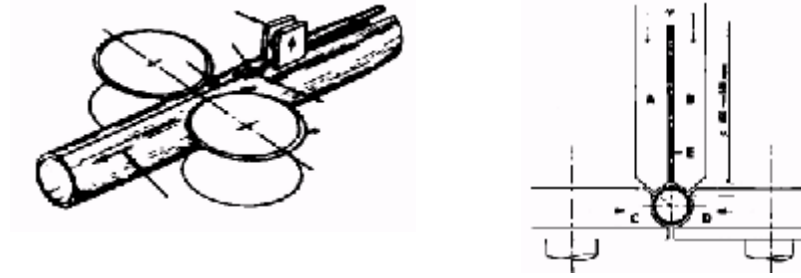


Şekil XI. 9.- İki yüzün ezilmesiyle sağlanan dikiş kaynağı.

Fakat bu tip birleştirmelerin mukavemeti, normal dikiş kaynağının mukavemetinden düşüktür. Bu usul, birleştirilecek yüzeylerin düzgün olmasının istendiği durumlarda tatbik edilir. Örnek olarak, kaynaktan sonra kaplanacak parçaların kaynağı verilebilir.

Kalınlık fazlalığı olmadan direnç kaynağı yapılabilmesi için tatbik edilen diğer bir özel uygulama, yardımcı ilâve metal kullanarak yapılan dikiş kaynağıdır. Birleştirilecek levhalar alın altına getirilir ve kaynak sırasında, levhalar ile elektrodlar arasına 0,2 x 4 mm boyutunda yumuşak çelik şerit bantlar konur. Bu bantlar daha düzgün bir temas direnci sağlar ve kaynak akımını birleştirilecek levhaların iki tarafına doğru dağıtır. Bu usul, 1 ilâ 4 mm arasında değişen kalınlıklardaki levhalara uygulanır.

Boruların alın dikiş kaynağı, bantlardan dikişli boru imâlatında kullanılır. Bir rulodanbant şeklinde gelen levha kıvrılarak, boru halini alır ve aynı eksene monte edilmiş elektrodların altından geçirilerek kaynak edilir (Şekil XI.10). Kaynak akımı bir dikişten diğerine bantı katederek ulaşır. Kaynaktan sonra meydana gelen fazlalıklar kesme aletleriyle otomatik olarak alınır.



Şekil XI. 10.- Boruların alın dikiş kaynağı.

5.- Alın kaynağı

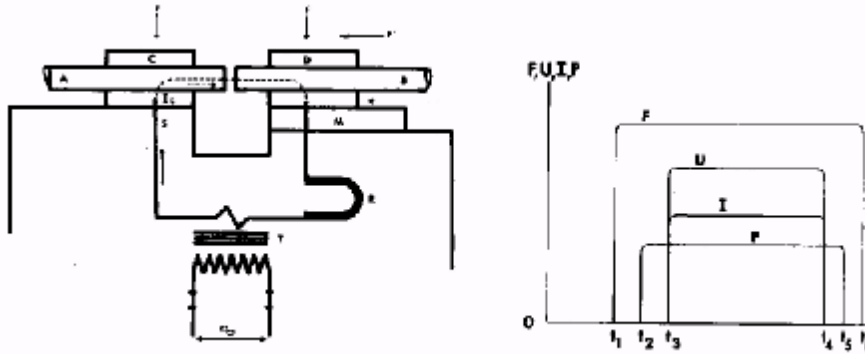
Alın kaynağı, üç çeşittir

- a-) Basınçlı alın kaynağı
- b-) Ön ısıtmasız yakma alın kaynağı
- c-) Ön ısıtmalı yakma alın kaynağı

Basınçlı alın kaynağında, parçalar yüksek bir basınçta temas ettirilir ve akım tatbik edilir. Yakma alın kaynağında ise, parçalar temas etmeden elektrik akımı uygulanır.

5.1.- Basınçlı alın kaynağı

Kaynak edilecek parçalar, kaynak transformatörünün kutuplarına elektriksel olarak bağlanmış çeneler vasıtasıyla sıkıştırılır (Şekil XI.11). Sıkıştırma çeneleri, sabit tezgahdan bağımsızdır.



- | | |
|---|-------------------------------------|
| A, B : Kaynak yapılacak parçalar | F : Sıkıştırma kuvveti |
| C : Gövdeden bağımsız sıkıştırma çenesi | U : Sekonder akımının gerilimi |
| D : Hareketli tablaya bağlı sıkıştırma çenesi | I : Sekonder kaynak akımı yoğunluğu |
| S, R : Sekonder devre kabloları | I : Sekonder kaynak akımı yoğunluğu |
| T : Transformatör | P : Kaynak yapılacak parçaları |

bastıran kuvvet

Şekil XI. 11.- Basınçlı alın kaynağı maki naşının prensibi ve akım yoğunluğu ile kuvvetin zamanla değişimi.

Kaynak işlemi esnasında; kuvvetli bir şekilde parçalar birbirine bastırılır. Bu esnada parçalara sekonder akım uygulanmamıştır. Sekonder devre akımı, parçaların sıkıştırma çenelerinin dışında kalan kısımları üzerinde kapanır. Parçaların temas yüzeylerinde direnç yüksek olduğundan, bu bölgelerde erime başlar. Aynı anda parçaların, sıkıştırma kuvvetine karşı mukavemetleri azalır. Böylece plâstik hale gelen ve eriyen uçlar birbirine kaynar.

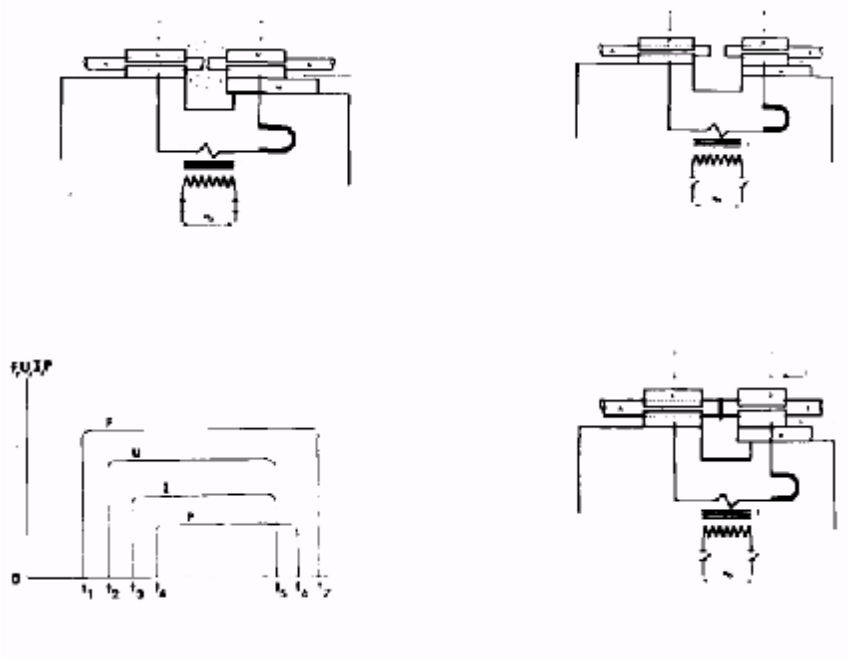
Uygulanan basınçlar 0,5 ilâ 1,2 kg/mm² arasındadır. Parçaların alınları, oldukça düzgün olmalıdır.

5.2.- Yakma alın kaynağı

Kaynak edilecek parçalar, çeneler vasıtasıyla sıkıştırılır. Bu çeneler kaynak makinasının sekonderiyle bağlantılı olup, kaynak akımının sürekliliğini sağlarlar. Kaynak işlemi, şu şekilde yapılır:

- Parçalar birbiri ile temas etmeden, çeneler arasına sıkıştırılır.
- Transformatöre, dolayısıyla parçalara akım tatbik edilir.
- Hareketli tabla yavaş yavaş hareket eder.
- Tabla hareketinin devamıyla, parçalar birbiriyle temas eder ve sekonder elektrik devresi kapanır.
- Parçaların temas noktalarında kıvılcımlar çıkarak, erime başlar. Böylece parçaların alınları kaynak sıcaklığına ulaşır.
- Tablanın ani hareketiyle birbirlerine tema eden alınlarda kaynama meydana gelir. Bütün bu safhalar, şekil XI.12'de görülmektedir.

-

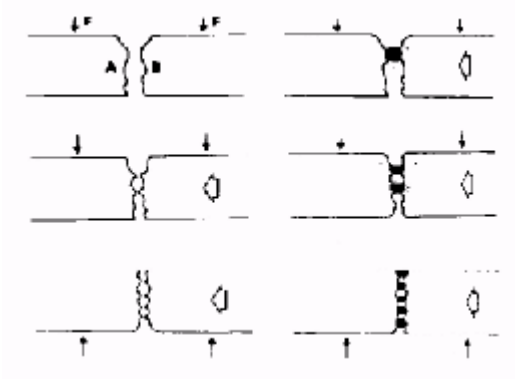


- F : Sıkıştırma kuvveti
 U : Sekonder akımın gerilimi
 I : Sekonder kaynak akımı yoğunluğu
 P : Hareketli tablanın uyguladığı kuvvet

Şekil XI. 12.- Yakma alın kaynağı safhaları ve kaynak parametrelerinin zamanla değişimi.

Yakma alın kaynağında kaynak sıcaklığına ısıtma, dirençle ısıtmadan farklıdır. Parçaların alın yüzeylerinde bulunan pürüzler, iki yüzey arasında yanmaların (kivılcımların) oluşmasına sebep olur. Temas eden pürüzlerin alanı, toplam alın kesitlerinin çok az bir kısmıdır. Temas eden pürüzler, sekonder devre akımının kapanmasına sebep olurlar. Pürüzlerin temasından doğan basma çok zayıf olduğundan, temas noktalarının direnci çok yüksektir

Çok yoğun akım geçirildiğinde, pürüzler kuvvetli olarak ısınır ve erimeye başlarlar. Erime halindeki parçacıklar patlar ve yanan zerrecikler dışarı fırlar. Fırlayan bu zerreciklerin yerlerinde kraterler (çukurcuklar) ve yeni pürüzler meydana gelir. Bu pürüzler üzerinde de benzer yanma ve patlamalar olur. Böylece, kıvılcım bütün yüzeye yayılır (Şekil XI.13). Erime ve patlamalar sebebiyle meydana gelen malzeme kaybı, hareketli tablaların yaklaşmasıyla karşılanır.



Şekil XI. 13.- Yakmanın safhaları.

- a-) Hareketli tablanın ilk hamlesi d-) Yeni kraterlerin teması
b-) İki pürüzün teması e-) Yeni kraterlerin oluşumu
c-) Fıskırma ve krater oluşumu f-) Yanmanın bütün kesite yayılması

Yanmanın bütün yüzeyi kaplaması ve birleştirilecek yüzeyin tamamının erimesinden sonra, tablanın ani hareketiyle yüksek sıcaklıktaki yüzeyler birbirine bastırılır. Böylece pürüzlerin temas dirençleri ortadan kalkar ve kıvılcımlanma da biter. Kıvılcımlanma süresi; malzemenin ısı iletkenliğine, parçaların kesitine, kıvılcımlanma çevrimine ve sekonder devre gücüne bağlıdır.

6.- Literatür

(1) - LHEUREUX, G.E. - BELOTE, E.J.

"Le Soudage par Resistance"

Dunod, 1965

(2) - ANIK, Selâhaddin - ÖREN, Tuncer

"Dövme alüminyum alaşımlarının elektrik direnç kaynağı" Türk Kaynak Cemiyeti Yayını,

No.16,1964

(3)- ANIK, Selâhaddin - ERYÜREK, Barlas

"Effect of Contact Resistance in Resistance Spot Welding" IIW/IIS - Doç. 111-563-77,1977

(4)- ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Teknolojisi El Kitabı"

Ergör Matbaası, 1983

XII. BÖLÜM

SÜRTÜNME KAYNAĞI

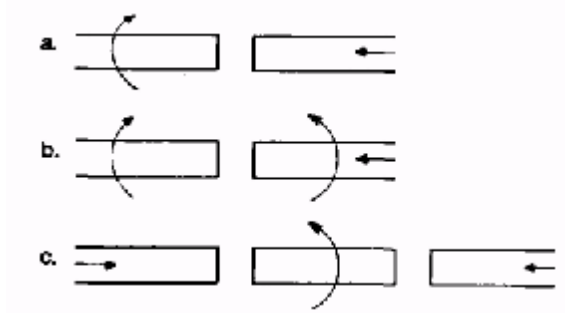
1.- Tarifi ve prensibi

Sürtünme kaynağı, bir tür basınç kaynağıdır. Malzemenin eritilmeden; sürtünme ısı ile plâstik deformasyona uğratılarak kaynaklandığı bir usuldür. Sürtünme ısısının meydana gelebilmesi için, parçalardan enaz birisinin hareket ettirilmesi gerekir. Bu hareket dönme şeklinde olabileceği gibi, doğrusal da olabilir. Her iki hareket türünün meydana getirilmesinde; kaynaklanacak parçalardan biri veya her ikisi hareketli olabilir. Şekil XII.1'de, hareket cinsleri görülmektedir.

Basınç, sabit olan parça tarafında

Basınç, dönen parça tarafında

Basınç, dönen her iki parça tarafında



Şekil XII.1.1.- Sürtünme kaynağında, parçaların hareketlerinin türleri.

- a-) Parçalardan biri sabit, diğeri dönmektedir
- b-) Her iki parça ters yönde dönmektedir
- c-) Kaynaklanacak parçalar sabit olup, arada bir parça dönmektedir.
- d-) Parçalardan birisi küçük genlikti, alternatif hareket yapmaktadır.

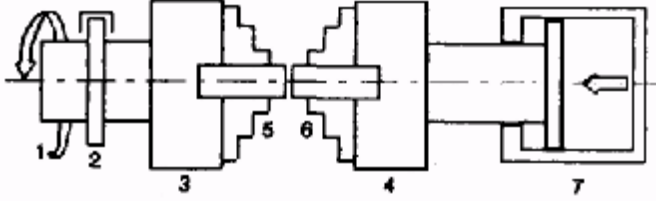
Sürtünme kaynağında parçalar arasında sürtünme sebebiyle ısınma meydana gelirken, bir de basınç uygulanır. Bunun sonucu olarak başlangıçta bölgesel kaynamalar ve daha sonra, bu kaynamış kısımların makaslanma durumu ortaya çıkar. Malzeme uygun plâstikliğe geldiği zaman, hareket durdurulur ve basınç yükseltilir. Böylece birleşme bölgesinde, plastik yığılma meydana gelir. Parçalarda

kaynaktan sonra aksenal yönde bir kısalma ortaya çıkar.

2.- Sürtünme kaynağının çeşitleri

2.1.- Sürekli tahrikle sürtünme kaynağı

Sürtünme enerjisinin, dönme ile sürekli bir tahrik grubu tarafından sağlandığı sürtünme kaynağı türüdür (Şekil XII.2). Kaynak üzerinde; devir sayısı, sürtünme kuvveti ve süresi, malzemenin bileşiminin etkisi vardır.

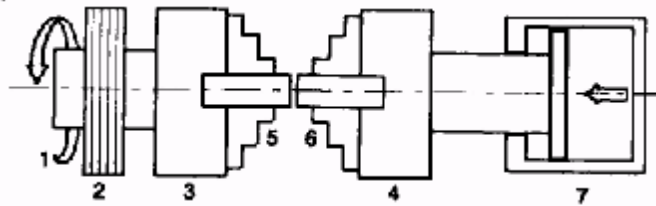


Şekil XII.2.- Sürekli tahrikle sürtünme kaynağı

- 1-) Tahrik motoru
- 2-) Fren
- 3a-) Dönen iş parçasının bağlı olduğu ayna
- 3b-) Sabit parçanın bağlanma aynası
- 4a-) Dönen iş parçası
- 4b-) Sabit iş parçası
- 5-) Yağma silindiri

2.2.- Volan tahrikli sürtünme kaynağı

Bu usulde; dönen bir volanda toplanmış dönme enerjisinin, sürtünme kaynağı işleminin şelf frenlemesiyle parçaya iletilmesiyle kaynak yapılır. Şekil XII.3'de prensibi görülen bu usulde; kaynak işleminin başındaki devir sayısı, volanın kütlesi, yağılma basınç ve süresi etkili rol oynar.



Şekil XII.3.- Volan tahrikli sürtünme kaynağı

- 1-) Tahrik motoru
- 2-) Değiştirilebilir volan
- 3a-) Dönen parçanın bağlı olduğu ayna
- 3b-) Sabit parçanın bağlı olduğu ayna
- 4a-) Dönen iş parçası
- 4b-) Sabit iş parçası
- 5-) Yağma silindiri

2.3.- Kombine sürtünme kaynağı

Sürekli tahrikli ve volan tahrikli usullerin beraber uygulandığı bir usuldür.

3.- Sürtünme kaynağının uygulanması

Sürtünme kaynağı; kütle veya seri imalâтта, aynı veya farklı cins malzemelerin kaynağında kullanılabilir. Bilhassa diğer kaynak metotlarının uygun olmadığı kaynak uygulamalarında, tercih edilmektedir. 0,6 ilâ 200 mm çapları arasında dolu silindirik parçalar ve 900 mm çapına kadar boru parçaları kaynak yapılabilmektedir.

Sürtünme kaynağının tatbik edileceği malzemenin mukavemeti; aksenel basınç ve dönme momentlerine karşı yeterli olmalıdır. Malzeme sürtünme kaynağına yetecek derecede, sıcak plâstik şekil değiştirme kabiliyetine sahip olmalıdır. Malzemenin içerisinde gayri safiyetlerin bulunması, atmosfer şartlarına karşı ilgisi, su alma durumu gibi faktörler sürtünme kaynağına sınırlama getirmektedir.

Sürtünme kaynağında erime bölgesi dardır ve bağlantının mukavemeti yüksektir.

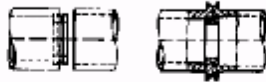
Sürtünme süresi; malzemeye, kaynak ağızlarının hazırlanmasına ve kaynak yapılacak parçalardaki sıcaklık dağılımına bağlıdır. Bu süre, yeterli deformasyonu sağlayacak kadar olmalıdır. Alaşimsız veya yüksek alaşimli çeliklere de, uzun sürtünme süreleri gerekir. Bunlarda sertleşmeyi önlemek için, soğuma süreleri mümkün olduğu kadar uzatılmalıdır. Bu ise, ısının tesiri altındaki bölgenin genişletilmesiyle sağlanır. Ostenitik çeliklerin yüksek süneklik ve sıcak deformasyon değerleri sebebiyle, kısa sürtünme süreleri yeterli olmaktadır. Tablo XII.1'de çeşitli malzemeler için, sürtünme kaynağı parametreleri ve şekil XII.4'de ise çeşitli bağlantılarda ağız hazırlama ve kaynaktan sonraki durumlar görülmektedir.

Tablo XII. 1.- Çeşitli malzemelerin sürtünme kaynağında, kaynak parametreleri.

Malzeme		Çap (mm)	Sürtünme Kuvveti (kg/mm ²)	Yığıma kuvveti (kg/mm ²)	Sürtünme süresi (sn)	Yığıma süresi (sn)
Çelikler	Alaşımsız ve düşük alaşımlı	20	50-80	150-250	3-6	2-3
	Yüksek alaşımlı çelikler	20	60-80	250-300	6-10	2-3
Nimonic		20	60-100	180-400	5-10	2-3
Inconel		20	60-100	400-500	5-10	2-3
Al		20	10-30	30-80	0,1-4	2-5
Ti-Al		20	20-30	60-80	2-8	2-5
Cu		20	10	20-60	1-6	2-5
Pb		20	50-70	70-100	2-4	2-3



İşlenmemiş masif kesitlerin kaynağı



Boruların sürtünme kaynağı



Çubukta plaka kaynağı



Plakayla boru kaynağı

Şekil XII.4.- Sürtünme kaynağı örnekleri.

4.- Literatür (I)-VIII', V.I.

"Friction Welding of Metals" American Welding Society, 1962

(2) - "Reibschweißen von metallischen Werkstoffen Konstruktion und Fertigung"

Merkblatt, DVS 2909, Teil 3,1981

(3) - VIII'.V.I. - SHTERNIN, LA

"Welding with Friction Heating"

Technical Information Bulletin, No.53,1957

(4) - ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Teknolojisi E! Kitabı"

Ergör Matbaası, 1983

(5) - ANIK, Selâhaddin - GULBAHAR, Bahadır

"Metalik Malzemenin Sürtünme Kaynağı"

Mühendis ve Makina Dergisi

Sayı 279, 1982

XIII. BÖLÜM

ELEKTRON IŞINI İLE KAYNAK

1.- Prensibi ve önemi

Bir konstrüksiyonun parçalarının birleştirilmesinde faydalanılacak usulün seçimi için şu hususlar gözönüne alınır:

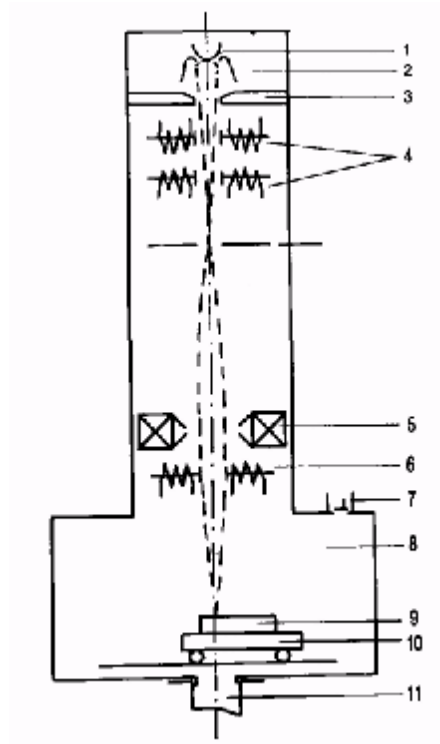
- a-) Bağlantı için gerekli olan teknolojik kalite özellikleri (statik ve dinamik mukavemet, şekil değiştirme kabiliyeti, korozyona dayanıklılık),
- b-) Şekil ve boyut şartları (büzülmeler, kendini çekmeler, çarpılmalar ve kaynak yerine ulaşılabilirlik).
- c-) Uygulamanın, usul tekniği bakımından ekonomikliği (yatırım maliyeti, işletme ücretleri, enerji, bakım, tamirat, ilâve metal).

Yukarıda belirtilen kriterler, yüksek yoğunluklu enerji menbaının kaynak için kullanılması konusundaki araştırmaları ortaya çıkarmıştır. Laser ışınlarıyla elde edilen sonuçlar ince ve hassas kaynak işleri için özel bir uyum göstermesine karşılık; kalın kesitler için aynı uyum sağlanamamıştır. Elektron ışınlarıyla kaynağın geliştirilmesi, 100 mm'den kalın parçaların kolayca kaynaklanmasını mümkün kılmıştır.

Elektron bombardımanı ile kaynak olarak da bilinen elektron ışını ile kaynağın ilk uygulamaları; reaktör tekniği, roket ve uçak inşaatı gibi yeni ve önemli konularda olmuştur. Bu sahalarda kullanılan özel malzemelerin işlenmesi, şimdiye kadar alışılmış vasıtalarla tatmin edici bir şekilde yapılamamış ve parçaların şekillendirilmesinde genellikle zorluklarla karşılaşmıştır.

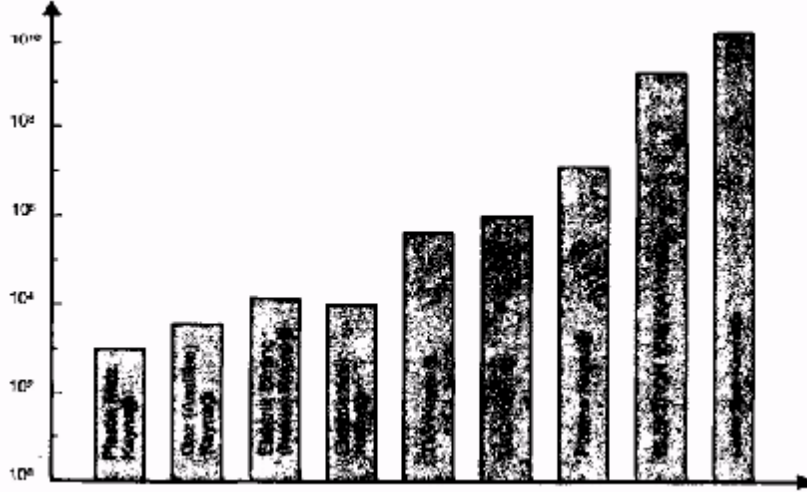
Elektron ışını ile kaynak makinasının yapısı, şematik olarak şekil XIII.1 .'de görülmektedir.

Daha önceki bölümlerde görüldüğü gibi; kaynak için gerekli ısı gaz alevi, elektrik arkı veya direnci ve sürtünme gibi menbaalardan sağlanmakta idi. Elektron ışını ile kaynakta gerekli ısı, elektron ışınlarından sağlanmaktadır. Elektron ısım ile temin edilen ısının veya gücün yoğunluğu, klâsik kaynak usullerinden yüksektir. (Şekil XIII.2). Elektron ışınlarının güç yoğunluğu takriben 10^8 W/cm²dir. Bu güç yoğunluğu ile, tabancadan 1 m uzaklıklara kadar çalışma imkanı ortaya çıkar. Elektron ışınlarının ısı konsantrasyonu, gaz alevi ve elektrik arkındakinden 10.000 misli daha yüksektir. Elektrik ark kaynağında yüzeye bırakılan ısı, yarım daire şeklinde bir bölgeye yayılırken; elektron ışının yüksek ısı yoğunluğu sebebiyle, parçanın derinliklerine nüfuz eden kanal şeklinde bir ısı dağılımı ortaya çıkar.



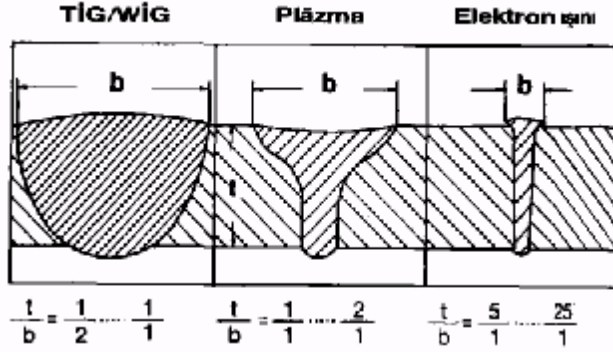
1. Katot
2. Wehnelt silindiri
3. Anot
4. Ayar bobinleri
5. Magnetik mercekle
6. Saptırma bobinleri
7. Hava girişı
8. Kaynak hücresi
9. İş parçası
10. Hareketli masa
11. Vakum flanşı

Şekil XIII. 1.- Bir elektron ışını ile kaynak makinasının yapısı (şematik).



Şekil XIII. 2.- Kaynak tekniğinde kullanılan ısı menbaalarının güç yoğunlukları

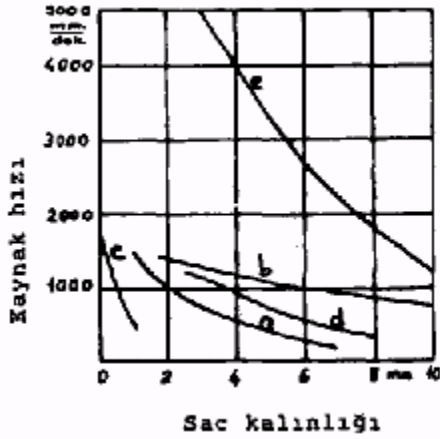
Elektronlar ısılarını bırakmadan önce, parçanın derinliklerine kadar ilerleyen bir buhar teşekkül ettirirler. Kaynak profilinin derinliğinin ortalama genişliğine oranı, 25/1'e kadar çıkar (Şekil XIII.3).



Şekil XIII. 3.- TIG, plazma ve elektron ışını ile yapılan kaynaklarda erime bölgesi formlarının karşılaştırılması.

Elektron ışını ile; mikron mertebesinde, 100 mm kalınlıklara kadar levhaların tek paso ile kaynağı mümkün olmaktadır. Diğer kaynak usulleriyle bu kadar kalın levhaların tek paso ile kaynağı yapılamamaktadır. Aynı zamanda; diğer kaynak metodlarına nazaran, kaynak hızı daha yüksektir (Şekil XIII.4.). Kaynaktan sonra parçalarda meydana gelen distorsiyon miktarı da, yaklaşık olarak ark kaynağının onda biri kadardır.

Elektron ışını ile laser ışını ile kaynak karşılaştırılacak olursa; elektron ışını ile kaynakta harcanan güç az, verim daha yüksektir. Elektron ışınlarının kumandası yani kaynak bölgesine yönlendirilmesi, mekanik kumandalı diğer kaynak usullerine göre çok kolaydır. Çünkü elektron demetinin yönlendirilmesi, elektrik veya magnetik alanlarda gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil XIII.4.- Çeşitli kaynak usullerinde sac kalınlıklarına bağlı olarak, kaynak hızı değişimi

a-) TIG/WIG b-) MIG c-) Mikroplazma d-) Plazma e-) Elektron ışını

Elektron ışını ile kaynakta; şekil XIII.1 'de görüldüğü gibi bir üreteçte elde edilen elektron demeti ayar ve saptırma bobinleri, magnetik merceklerle yönlendirilir ve kaynak yerine ulaştırılır. Saptırma bobinleri vasıtasıyla, her istenen hareket elektron ışın demetine verilebilir.

2.- Kaynağın yapılması ve kaynak makinaları

Elektron ışını ile yapılan kaynakta, birleştirilecek parçalar lalın ağız formunda hazırlanır ve ilâve metal kullanmadan kaynak yapılır. Derin nüfuziyet sebebiyle altlık kullanılmaz. Fakat akmayı veya yetersiz birleşmeyi önlemek için, kaynak karakteristikleri çok dikkatli olarak seçilir. Elektron ışınının birleşme yerlerini etkilemeden geçmemesi ve aralığın erimiş hacimle tamamen doldurulabilmesi için, kaynaklanacak iki parça arasındaki aralığın 1/100 mm'den fazla olmaması lazımdır. Bu dar tolerans, freze veya taşlama suretiyle ağızların itinalı bir şekilde hazırlanmasını gerektirir. Diğer kaynak usullerinde, bu kadar dar toleranslara gerek yoktur.

Bazı durumlarda metalürjik sebeplerden dolayı, birleştirilecek parçaların arasına mekanik olarak ilâve bir tel veya bant yerleştirilir. Araya konan bu ilâve metal elektron ışınının tesiriyle esas metal ile beraber eriyerek, aralığın tam olarak doldurulmasını sağlar.

Diğer usullerde olduğu gibi, elektron ışını ile kaynakta kaynak yerinin kimyasal olarak saflığını bozacak hiçbir işlem meydana gelmez. Bu sebepten kaynak metalinin bileşimi esas metalinkiyle aynıdır ve bir homojenlik sağlanmış olur.

Elektron ışınlarının üretimi, 10^{-4} Torr'dan daha küçük bir yüksek vakum gerekir. Vakum olmaması durumunda, elektronlar gaz moleküllerine çarparak hem enerjilerini kaybederler hem de dağılırlar. Bu sebepten, elektron bombardımanı kaynağı vakum içerisinde yapılır. Bu durum ise; diğer kaynak usullerine göre bir dezavantaj teşkil eder. Aynı zamanda vakum kamarasının büyüklüğü, iş parçasının büyüklüğünü sınırlar.

Elektron ışını üreten tabanca ve çalışma kamarası, birbirlerine yalnız elektron ışınının geçeceği dar bir delikle bağlanırlar ve iki hacim de ayrı pompalarla tahliye edilirler (Şekil XIII.5). Çalışma kamarasının hacmi dişli çark imalâtında 1 litre iken, uçak ve roket kaynaklarında 50 m^3 'e kadar çıkar.

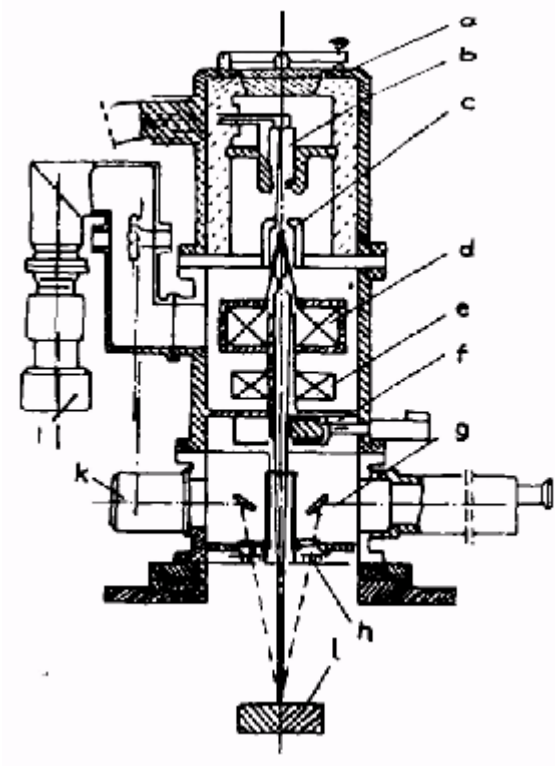
Seri imalâtta küçük iş parçaları için kamara yarı vakum makinaları ile bir dakika civarında boşaltılırken, yüksek vakum tesislerinde pompalama süreleri 5 ilâ 30 dakika arasındadır.

Elektron ışını ile kaynakta; kamaralı, zamanlı veya sürekli makinalar kullanılmaktadır.

Kamaralı makinalarda hacim 1 ilâ 100 m^3 arasında değişir ve pompalama süreleri 2 ilâ 20 dakika arasındadır. Değişebilen iş parçası tablaları ve dönebilen düzenlerle donatılmışlardır. Genel maksatlı makinalardır.

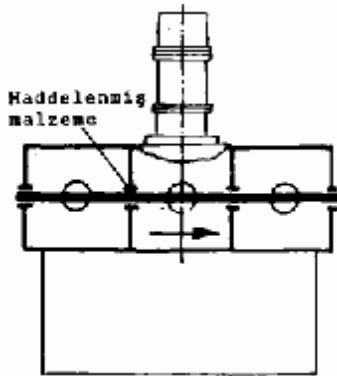
Seri imalâtta kullanılan zamanlı makinalarda, çalışma kamaraları iş parçasının boyutuna göre ayarlanabilir.

Sürekli makinalar, band veya çubuk şeklindeki parçaların sürekli olarak kaynaklanması için dizayn edilmiştir (Şekil XIII.6). Daha çok yarı mamul parçaların kaynak ve ısıtılmasında kullanılır.



- a-) Kapak
- b-) Katot taşıyıcı
- c-) Anot diyaframı
- d-) Magnetik mercek
- e-) Saptırma sistemi
- f-) Ventil
- g-) Büyütücü bakış yeri
- h-) Buhar koruyucusu
- i-) Iş parçası
- k-) Işıklandırma
- l-) Difüzyon pompası

Şekil XIII. 5.- Ayrı tahliyeli elektron ışını tabancası.



Şekil XIII.6.- Sürekli makina.

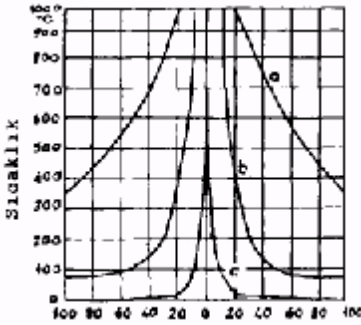
Pürüzsüz, eğri yüzeyli, büyük ve ağır iş parçalarının kaynağında taşınabilir vakum kamaraları kullanılır. Bunlarda elektron ışını menbaı, iş parçası vakum kabının eksik duvarını oluşturacak şekilde ve vakum bakımından sızdırmaz tarzda, iş parçası tarafındaki açık kamaranın üzerine yerleştirilir. Büyük yüzeyli uçak parçalarının kaynaklanması, bu şekilde yapılmaktadır.

3.- Elektron ışını ile yapılan kaynağın, metalürjik özellikleri

Bağlantının metalürjik özellikleri üzerinde, şu faktörlerin etkisi vardır:

- a-) Çok hızlı ısınma ve soğuma çevrimi,
- b-) Metal erime bölgesinde, kısmen buhar haline geçer,
- c-) Erimiş banyoda gaz absorpsiyonu veya etkisi yoktur (oksidasyon gibi).

Elektron ışını ile kaynakta, dikişin etrafındaki sıcaklık dağılımı diğer kaynak usullerine göre çok değişiktir (Şekil XIII.7). Sıcaklık dikişin kenarında hemen düşer ve çok dar bir ısının tesiri altındaki bölge meydana gelir.



Şekil XIII.7.- Çeşitli kaynak usulünde tek paso halinde sıcaklık dağılımları

a-) Gaz eritme kaynağı b-) Açık ark kaynağı c-) Elektron ışını ile kaynak

Elektron ışını ile kaynakta yüksek ısı konsantrasyonu sebebiyle, yüksek ergime noktalı malzemelerin (tungsten gibi) kaynağı kolayca yapılabilir. Çabuk soğuma sebebiyle erimiş metalde tane irileşmesi önlenmiş olur. Fakat bu durum, dönüşmeyle sertleşen malzemelerde sertleşmeye sebep olur.

Elektron ışını ile kaynakta ışınların odaklandığı yerde meydana gelen yüksek sıcaklık, büyük oranda buharlaşmaya sebep olur. Bu durum kolay buharlaşan malzemelerin kaynağında, bileşimin değişmesine sebep olur. Meselâ; pirincin kaynağında kaynak bölgesindeki çinko yaklaşık olarak tamamen buharlaşır.

İçerisinde gaz bulunan malzemelerin elektron ışını ile kaynağında, dikiş içerisinde hızlı soğuma sebebiyle gaz kabarcıkları kalır.

Farklı ısı iletme kabiliyetindeki malzemelerin kaynağında elektron ışını ile kaynağın kullanılması, üstünlük sağlar. Çünkü yoğun ısı sebebiyle, parçalar aynı anda erirler.

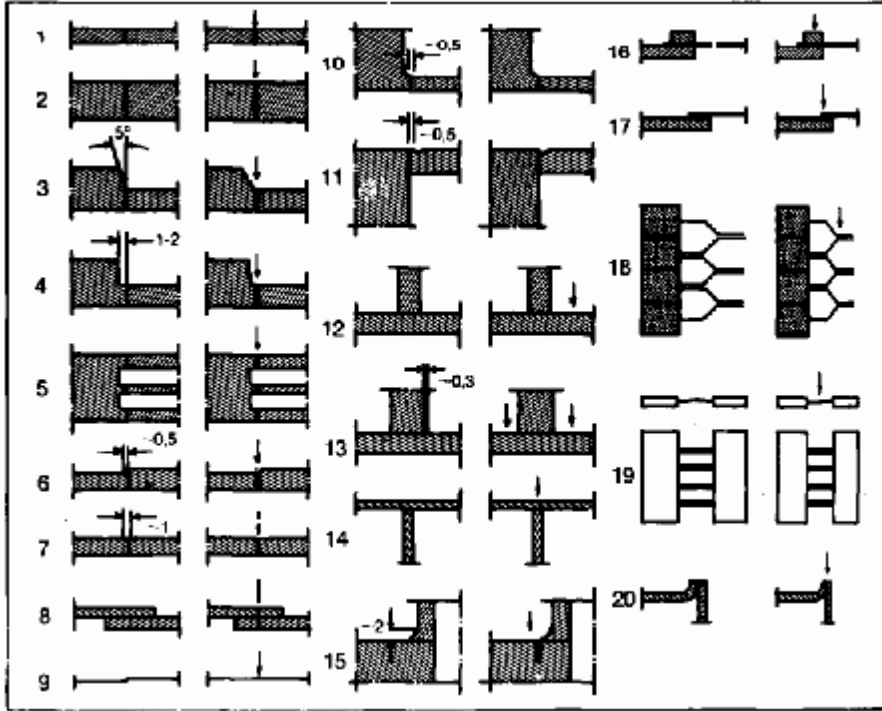
4.- Şekillendirmenin esasları

Elektron ışını ile kaynakta derin bir nüfuziyet elde edilmesi sebebiyle, T-birleştirmelerde yatay levha tarafından kaynak yapmak mümkündür. Bu durum bilhassa uçak inşasında kaplama saclarının ve petek konstrüksiyonlarında da takviyelerin birleştirilmesinde kolaylık sağlar.

Fakat T-birleştirmelerinin klâsik usullerde olduğu biçimde yapılması da mümkündür.

Elektron ışınlarının yeterli enerji ile gönderilmesi halinde, hacimsel olarak birbirinden ayrı olan bölümlerde elektron ışını ile kaynak yapmak mümkün olmaktadır. Böylece ulaşılmaması zor olan yerlerde, kaynak yapılmış olur.

Elektron ışını ile kaynakta kullanılan başlıca alın birleştirmeleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir (Şekil XIII.8)



Şekil XIII. 8.- Elektrod ışını ile kaynak işlemi için uygun birleştirme biçimleri ve ışın doğrultuları.
Kaynaktan önce (solda), kaynaktan sonra (sağda).

5.- Literatür

(1)- ANIK, Selâhaddin-DORN, Lutz-GÜLBAHAR, Bahadır "Elektron ışını ile kaynağın diğer rakip kaynak usulleriyle mukayesesi" Sakarya D.M.M.A. Dergisi, Sayı 9, 1980

(2)- ANIK, Selâhaddin-DORN, Lutz-GÜLBAHAR, Bahadır "Elektron ışını ile kaynağın teknikteki uygulamaları" Sakarya D.M.M.A. Dergisi, Sayı 11,1981

(3)- "Electron Beam Welding"

Sciaky Electric Velding M.Ltd., 1971

XIV. BÖLÜM

LASER IŞINI İLE KAYNAK VE KESME İŞLEMİ

1. - Önemi ve prensibi

Montaj parçalarının sürekli olarak küçülmesi, birleştirme tekniğinin daha küçük boyut alanlarına yayılmasını gerekli kılmaktadır. Küçük boyutları kapsayan alanda, klasik kaynak usulleri (elektrik direnç kaynağı müstesna) kullanılamaz. Bu durum; termokompresyon, ultrasonik, elektron ışını ve laser ışını ile kaynak gibi yeni birleştirme usullerinin gelişimini teşvik etmiştir. Bunlardan laser ışını ile kaynak, aşağıdaki avantajlara sahiptir:

a-) Birkaç mikron mertebesindeki bölgelere odaklanabilirle kabiliyeti ve 10^8 W/cm^2 'nin üzerindeki yüksek güç yoğunluğu sebebiyle; tungsten gibi yüksek ergime sıcaklığı (3400 °C) olan metaller kendiliklerinden erirler ve ısıya duyarlı civar bölgeler üzerindeki etki minimuma iner.

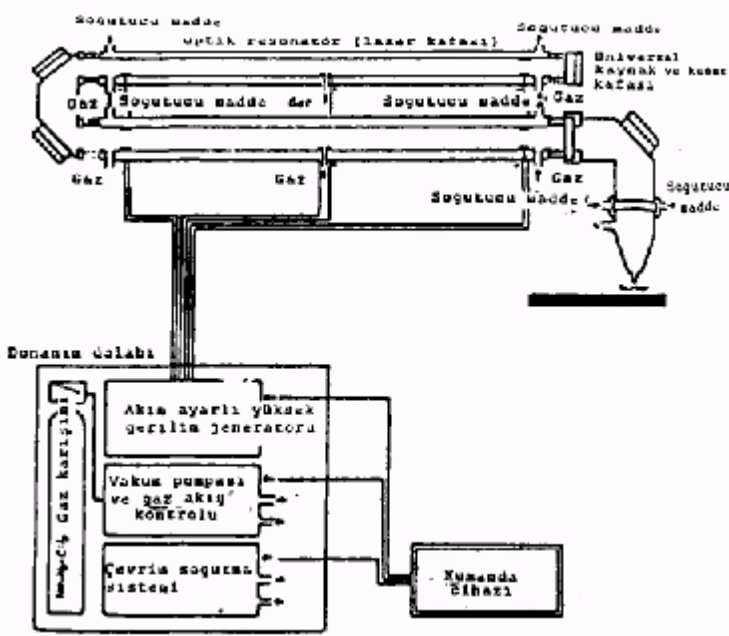
b-) Laser ışını temassız olarak çalışır, yani takım ile iş parçası arasında hiçbir mekanik kontakt oluşmaz ve iş parçasının istenmeyen alaşımlanması veya distorsiyonu önlenmiş olur.

c-) Kaynak süresi; iri taneli olma, tekrar kristalleşme ve segregasyon gibi uygun olmayan iç yapı değişmelerine engel olacak ve hızlı üretimi sağlayacak kadar kısadır.

d-) Laser ışınının üretimi; mikrop plazma kaynağındaki gibi koruyucu gazların kullanılmasını, elektron ışını ile kaynaktaki gibi vakumun sağlanmasını gerektirmez. Bu sebepten bilhassa seri imalat için, üretim hızı, otomatize edilebilme imkanı gibi üstünlükleri vardır.

Laser sistemi esas olarak, optik resonatör (Laser kafası) ve kumanda düzenli enerji menbaında meydana gelir. Laser kafasının içerisine sevk edilen enerjinin bir bölümü, laser aktif madde (ortam) tarafından hacim ve zamana bağlı olarak elektromagnetik bir ışına çevrilir. Aktif madde katı, sıvı veya gaz şeklinde olabilir. Sıvı hal laseri, malzeme işlemek üzere şimdiye kadar hiç kullanılmamıştır. Laserler sürekli veya darbeleri olarak çalışırlar. Farklı laserler, farklı dalga boylarında ışın ortaya çıkarırlar.

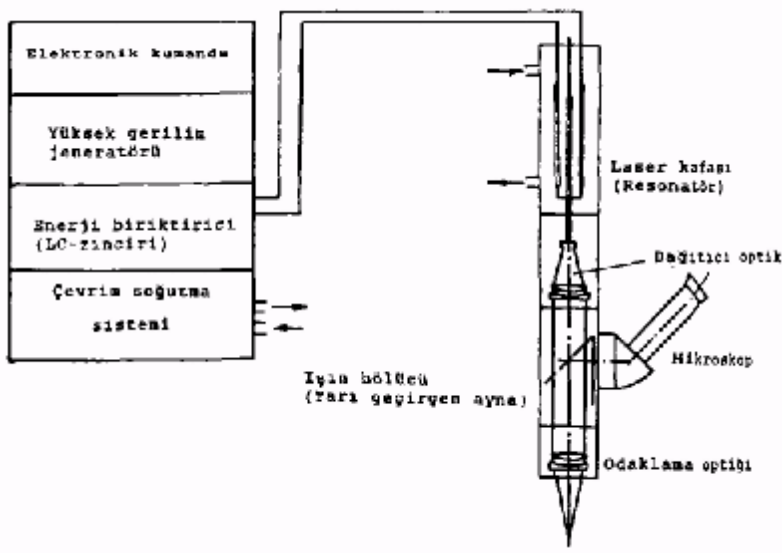
Gaz hali laseri olarak, CO_2 - laseri kullanılır. CO_2 laseri % 10 ilâ 20 gibi oldukça yüksek verimle ve teorik olarak 50 ilâ 100 W'lık çıkış güçlerinde elde edilirler. Elde edilen ışın, 10 mikron dalga boyunda infraruj bölgededir. CO_2 - laseri esas olarak, sürekli şekilde çalışır. Fakat darbeleri tahrik veya özel anahtarlarla, darbeleri olarak da çalışabilir. Şekil XIV. 1 'de, şematik olarak bir CO_2 - laserinin prensibi görülmektedir.



Şekil XIV, 1, - CO₂ - laserinin prensibi.

Gaz hali laseri olarak, argon-iyon laseri de kullanılmaktadır. Bu laser 0,51 mikron dalga boyunda çalışır ve bu sebepten, iyi odaklanabilir ve metal yüzeylerine absorbe edilebilme avantajları vardır. Yalnız verimi düşüktür (% 0,1'den küçük).

Katı hal laseri olarak tatbikatta; Neodin-YAG (Yttrium Alüminyum Granat), Neodin Cam veya Rubin (yakut) kullanılır. Katı hal laserleri, optik olarak yani ışık şeklinde tahrik edilirler. Katı hal laserlerinin birim hacim başına depolanan laser aktif Neodyum gaz moleküllerinin sayısı, CO₂ laserindeki moleküllerden çok fazladır. Bu sebepten katı laser kafaları, daha küçük ve hafiftir. Işıkların dalga boyu 1,06 mikron kadardır. Güç değerine bağlı olarak, laser kafaları ayrıca soğutulur. Bir katı hal laserinin prensip şeması, şekil XIV.2' de verilmiştir. Neodyum-YAĞ ve Neodyum-Cam laserleri birbirinden, darbeli frekans ve güç çekişleri bakımından ayrılırlar. Neodyum-YAĞ laseri, 800 W'lık güçlere kadar olan sürekli işletmeler için uygundur. Neodyum-YAĞ kristalinin çok iyi ısı iletmesi sebebiyle çabuk soğuması, cam kristale göre bir avantaj teşkil eder. Fakat cam kristalleri daha ucuzdur. Cam kristalleri kötü ısı iletimleri sebebiyle, oldukça kısa darbe sırasıyla çalışılır (4 Hz'den küçük). Rubin laseri, YAĞ veya Cam laserlerinden daha kötü verime sahiptir. (%0,1 - 1) fakat dalga boyu 0,69 mikrondur.



Şekil XIV.2.- Katı hal laserinin prensibi

2. - Laser ışını ile kaynak işlemi

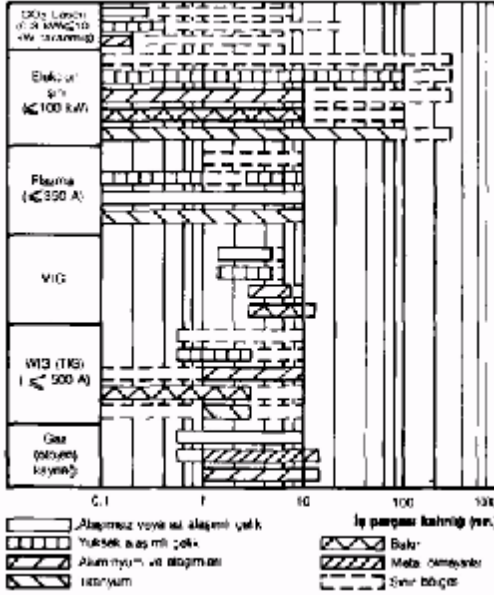
Laser ışını ile kaynak, bir eritme kaynağıdır. Güç yoğunluğu, malzeme kuvvetle buharlaşmadan eriyecek şekilde ayarlanmalıdır. Teorik olarak ilave metal kullanılmadan kaynak yapıldığı için, parçalar birbirlerine tam olarak yaklaştırılmalıdır. Ağızlar arasındaki açıklığın miktarı, erimiş banyo genişliğinin 1/5'i kadar olmalıdır. Erimiş banyo genişliği ise, 100 mikron civarındadır. Laser kaynağı, aşağıdaki üstünlüklere sahiptir:

- a-) Enerji şevkinin ve *zamana* bağlı kumandanın basitliği sebebiyle, hemen hemen bütün malzemeler birbirleriyle kaynak edilebilirler,
- b-) İyi bir şekilde otomatize edilebilir,
- c-) İş parçasının üzerine, hiçbir kuvvetin tesiri yoktur,
- d-) Atmosferde çalışma imkânı vardır,
- e-) Hiçbir takım aşınması yoktur,
- f-) Büyük çalışma aralıkları imkanı vardır,
- g-) Isının tesiri altındaki bölgeler dardır,
- h-) Zor ulaşılan yerlerde kaynak yapma imkanı vardır.

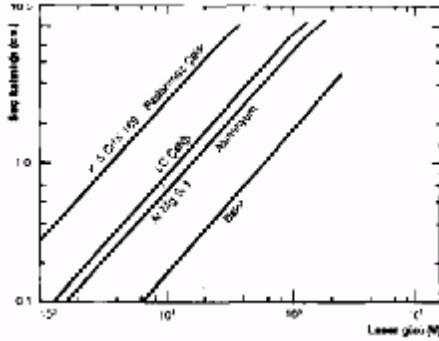
2.1. - CO₂ - Laseri ile kaynak

Eritme kaynağında CO₂ - Laser ışını ile kaynağın uygulanma sınırları, bazı kaynak usulleriyle beraber mukayeseli olarak şekil XIV.3'de verilmiştir. Şimdiye kadar yapılan uygulamalarda CO₂ - Laser ışını kaynağı, 3 mm'nin altındaki kalınlıklarda bulunan levhaların alın kaynağında kullanılmıştır. Bu uygulamalarda, küçük termik zorlamaların meydana gelmesi laser ışını ile kaynağın avantajıdır. Fakat ağızların hassas olarak hazırlanması ve çok konsantre edilmiş ışın gönderilmesi gerekir. Optimum kaynak için, levha kalınlığı ve malzeme cinsine bağlı olarak gerekli minimum güçler şekil XIV.4'de

görülmektedir. Laser gücünün artmasıyla, nüfuziyet derinliği artmaktadır.



Şekil XIV. 3.- CO₂ - Laser ışını ile kaynağın, uygulama alanı sınırları.



Şekil XIV.4.-CO₂ - Laser/ ile optimum kaynak için gerekli minimum güç.

22.- Katı hal laseri

Katı hal laseri, darbe mm ölçülerindeki, hassas ve mikrokaynaklar için kullanılır.:

- a-) 0,1 ila 1,0 mm ölçülerindeki, hassas ve mikrokaynak için,
- b-) Alın, T ve bindirme birleştirmelerinde temassız nokta ve dikiş kaynaklarında,
- c-) Kaynak kabiliyeti çok düşük malzemelerin kaynağında,
- d-) Tamamen işlenmiş hassas parçaların kaynak işlemlerinde,
- e-) Çok farklı kalınlıklardaki levhaların birleştirilmelerinde,
- f-) Zor ulaşılan yerlerdeki kaynaklar için,
- g-) Birçok noktanın aynı anda kaynağı için,

Katı hal laseriyle kaynak daha çok, hassas cihazlarda ve elektroteknikte küçük parçaların ve farklı kimyasal bileşimdeki parçaların kaynağında kullanılır. Böyle uygulamalarda genellikle, nokta kaynağı

bağlantıları mukavemet için yeterlidir. Nokta kaynağı bağlantılarının yan yana dizilmeleriyle, dikiş kaynakları yapılır. Laser ışınının aynalarla saptırılmasıyla, aynı anda birçok noktada kaynak yapılabilir. Yüksek hassasiyette monte edilmiş yapı gruplarında; elektrik, magnetik ve mekanik özellikler bozulmadan laser ışını ile kaynak mümkündür. Laser kaynağının uygulamaları, tablo XIV.1'de görülmektedir.

Tablo XIV. 1. - Laser kaynağının uygulama alanları.

	UYGULAMA	Malzeme veya malzeme kombinasyonları
Genel Elektroteknik	Aşırı sıcaklık şalterinde kontakt Ölçme cihazları için spiral yayların nokta kaynağı Eksenel bağlantı bir daldırma termometrenin termobimetali Bağlantı telli helezoni rezistansın nokta kaynağı Bağlantı telli elektrik fişinin kontakt yayı. Küçük çıkıntılar (soğutma kanatçıkları, elektronik devre elemanlarının bağlantı çıkıntıları) ana malzemeye bağlantı noktaları Teyp kafası parçalarının birleştirilmesi. Taşıyıcı malzeme üzerindeki ikili altın kaplı kontakların nokta kaynağı. Ampul endüstrisinde ince tellerin alın kaynağı Televizyon tüpü parçalarının nokta kaynağı Termo elemanlarda nokta kaynağı	Bimetal/Yay bronzu Çelik veya Piring/Yay bronzu veya termobimetal Termobimetal/Çelik veya yeni gümüş Çelik/Krom - nikel çeliği Yay bronzu/piring Alüminyum Konstantan Duraterm/altın kaplama çelik Tungsten (Wolfram) Nikel alaşımı Nikel/konstantan
Elektroteknik	Kılıf içindeki yan iletkene zarar vermeden diodların nokta kaynağı Fişlerin bir solar (güneş) hücresi ile kontaktı	Gümüş/Gümüş
Saatçilik	Oynak yayın makara üzerine nokta kaynağı	Bronz/Piring Paslanmaz Çelik/demir-nikel alaşımı
Cihaz tekniği tıp	Nükleer teknolojide kovanların sızdırmaz dikiş kaynağı- Kalp pili kılıfının dikiş kaynağı - Cam imalatında kırık dikiş kaynağı Dişçilik takımlarının imali.	Krom-Nikel çeliği Krom-Nikel çeliği Krom-Nikel çeliği

3. Laser ısı ile kesme

Laser ışını ile kesmede; dar kesme ağzının genişliği ve kesme kenarlarındaki ısının tesiri altında kalan bölgeler, klasik kesme usullerine göre daha dardır. Kesmede genellikle, CO₂-Lasere kullanılır. Çelikler (kurşun, kalay, çinko ve krom kaplı), titanyum, zirkonyum, tantal, nikel ve bunların alaşımları laser ışını ile kesilebilir. Alüminyum, piring, bakır, gümüş ve altın gibi yüksek yansıtımlı malzemeler hiçbir şekilde CO₂- Lasere ile kesilemezler.

Laserle kesme; eriterek veya yakarak yapılabilir. Yakma ile kesme, eriterek kesmeye göre on kat daha yüksek olabilir. Laser ile yakılarak kesme yapılabilmesi için, malzemenin aşağıdaki şartları sağlaması gerekir:

- a-) Malzeme oksitlenebilmelidir.
- b-) Yanma sonunda ekzotermik reaksiyon meydana gelmelidir,
- c-) Malzemenin tutuşma (yanma) sıcaklığı, erime sıcaklığının altında olmalıdır,
- d-) Malzeme, yüksek sıcaklıkta eriyen oksitler meydana getirmemelidir.

Yukarıdaki şartları; %2'den az karbon ihtiva eden çelikler, titanyum ve molibden gibi malzemeler sağlar. Ayrıca organik ve anorganik malzemelerin de laser ışını ile kesilmesi mümkündür. Bunlara örnek olarak akrilik cam, polietilen, polipropilen, deri, ahşap, lastik, yün ve pamuk gibi organik maddeler; cam, seramik, kuvarz, porselen, asbest, mika gibi anorganik maddeler verilebilir.

Basınçlı oksijen veya hava kullanılarak, laser ışını ile su altında kesme yapılabilir.

Kesme işleminin yapılmasında, laser kafası veya iş parçası hareket ettirilebilir. Büyük parçaların kesilmesinde, laser kafasının hareket ettirilmesi gerekir. Çünkü iş parçasının hareket ettirilmesi halinde, odak noktasının yeri değişebileceğinden kesme ağızları bozuk olabilir. Laser kafasının kumandası, fotoelektrik kopya veya pnömatik ayarlayıcılarla olabilir. Pnömatik ayarlayıcılar (reaktör memeli olanlar), üzerlerinde delik veya girinti-çıkıntı ihtiva etmeyen sürekli düzgün yüzeyler için uygundur.

10 mm levha kalınlıklarına kadar, giyotinle kesme ve laser ışını ile kesme birbirleriyle rekabet halindedir. Giyotinle kesme ve zımbalamada, takımların imali daha ucuzdur. Fakat giyotinle kesmenin ekonomik olabilmesi için, kesilecek parça sayısının 1000 adedin üzerinde olması gerekir. Bu değer altındaki kesmelerde, laser ışını ile kesme daha ekonomik olmaktadır. Ayrıca laserle kesme; zımbalamaya göre daha az gürültülü ve çevre sağlığı yönünden daha az zararlıdır. Tablo XIV.2'de laser ışını ile yapılan kesmelere ait örnekler görülmektedir.

Tablo XVI.2.- Laser ışını ile yapılan kesme örnekleri.

UYGULAMA	Malzeme veya malzeme kombinasyonları
Oto parçalarının ön fabrikasyonu için preslenmiş karoseri parçalarının kesilmesi	St 37 - 2
İklimlendirme ve havalandırma tekniğinde konstrüksiyon parçalarının kesilmesi	Galvanizli veya plastikte (sun'i malzeme ile) kaplanmış St 37-2 çelik sac
Işıklı reklamlar için harf sembollerin imali	Pleksiglas/St 37 - 2
Uzay ve havacılık endüstrisi için üst üste konan plakaların kesilmesi	Titanyum ve Titanyum kaplı malzeme
Gözlük çerçevelerinin şekilli kesilmesi	Sun'i malzeme (plastikler)

4.2. - Yivleme (çizme)

Çizme işlemi için; çizik izinde kör delikler meydana getiren, darbeli laser ışınları kullanılır. Elmasla yapılan çizmeye nazaran, daha hızlı çizme yapılır.

Laserler çizme işleminin uygulama alanlarından biri de, yarı iletken yapımında kullanılan silisyum tabakaların çizilmesidir. Çizme hızı, 10 ila 20 cm/sn mertebesindedir. Ayrıca elektronik endüstrisinde

alüminyum oksidin çizilmesi, kuvvetli şekilde takım aşınmasına sebep olur. Çünkü alüminyum oksidin sertliği, elmasın sertliğine yakındır. CO² - Laser ışını ile alüminyum seramiği, 0,6 mm derinlikte çizilebilir.

4.3.- Gravür yapma, helezon açma ve hakketme

Metal, oksit ve seramik malzemeler üzerinden belirli kalınlıklarda malzeme kaldırılarak; gravür, helezon ve hakketme işlemleri yapılabilir. Malzeme kaldırılarak işleme usulü; mika, lastik, alüminyum, sert metal ve kağıda hakketme yoluyla baskı yapılmasında kullanılır.

5.- Laser ışını ile kaynak ve işlemenin üstünlüğü

Laser kaynağının endüstriyel uygulamaya girmesi, alışılmış birleştirme usullerinin hiçbirini alternatif kabul etmeyen birleştirme şekillerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Kaynak neticelerinin emniyeti, yüksek çalışma hızı, ücret ve malzemedan sağlanan tasarruf laser ışını ile kaynağa büyük üstünlük sağlamıştır.

6.- Literatür

(1)- ANIK, Selâhaddin - DORN, L. - GÜLBAHAR, B.

"Laser kaynağının teknikteki uygulama imkanları" Sakarya D.M.M.A. Dergisi, Sayı 10,1980

(2)- BEARDSSEN.E.L - SCHMATZ, D.J.

"High Speed Welding of Sheet Steel with a CO₂ - Laser" Welding Journal, Nr.4, sah. 227/229, 1973

(3)- ROESS, D. - RAUSCHER, G. "Materialbearbeitung mit Laserlicht"
Schweizerische Technische Zeitschrift, H.36/37, S.765/772

XV. BÖLÜM

SERT LEHİMLEME

1 .- Tarifi ve prensibi

İki metalik malzeme; kendileri erimeden, erime derecesi daha düşük olan bir ilave malzemenin (lehim alaşımının) eritilmesiyle birleştirilirse, bu işleme "lehimleme" adı verilir.

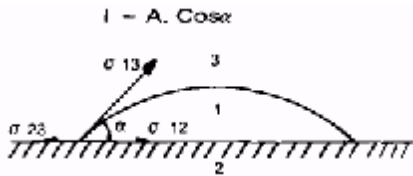
Yukarıda yapılan tariften de görülebileceği gibi, lehimleme sırasında birleştirilecek parçalar erimemektedir. Eritme kaynağında ise, birleştirilecek parçalar bölgesel olarak erilmektedir.

Lehimlemede çalışma sıcaklığına kadar tavlanan (ısıtılan) esas malzemenin yüzeyine düşen bir damla lehim alaşımı yüzeyde yayılmaya başlar ve katılaşmadan sonra, yüzeylerde birleşmeyi sağlar. Burada birleşme, bir difüzyon olayıdır. Esas malzemedeki bazı elemanlar lehim alaşımına ve lehim alaşımındaki bazı elemanlar, esas metale difüzyon yoluyla geçer.

Bir lehim alaşımının esas metal ile iyi bir şekilde birleşebilmesinin birinci şartı, iyi bir ıslatmadır. Islatma, lehim alaşımının esas metal üzerinde yayılabilme kabiliyetidir. Lehim alaşımı damlasının esas metal yüzeyine düşmesiyle meydana gelen durum, şekil XV.1'de görüldüğü gibidir. Burada (α) sıvı haldeki lehim damlasının kenar açısı, (τ) lehim ile esas metal arasındaki sınır yüzeyi gerilimini, (τ_{13}) lehim damlasının yüzey gerilimini ve (τ_{23}) de yayılma gerilimini ifade ettiğine göre yayılma (ıslatma) için aşağıdaki ifade yazılır:

$$\tau_{23} = \tau_{12} = \tau_{13} \cos \alpha$$

Islatma yüzeyinin büyümesi, yani (α) açısının küçülmesi ıslatma olayının ve lehim olayının ve lehim yayılmasının daha iyi olmasını sağlar. Islatmanın değerinin belirtilmesinde, çeşitli kriterler öne sürülmüştür. Bunlardan "Feduska" tarafından; ıslatma yüzeyi (A) ile gösterilerek, aşağıdaki ıslatma indeksi (I) tarif edilmiştir:



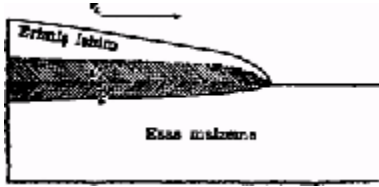
Şekil XV. 1. - Lehim damlası ile esas metal arasındaki birleşme ve ıslatma.

1 -) Lehim damlası 2 -) Esas metal 3 -) Hava

Yukarıda görüldüğü gibi; (A) büyür, (α) küçülürse ıslatma daha iyi olur. "Islatma (sulandırma)

malzemesi" adı verilen bazı maddelerin kullanılmasıyla, yayılma ve ıslatma kabiliyeti iyileştirilebilir.

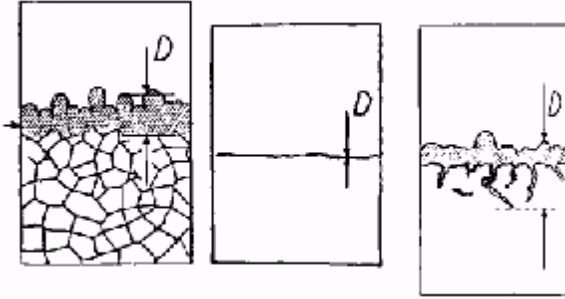
Şekil XV.2'de lehim alaşımının esas metal üzerinde yayılması şematik olarak görülmektedir. Sabit bir katılma sıcaklığında



Şekil XV. 2. - Esas metalin ve lehim alaşımının difüzyon bölgeleri.

lehimin yayılma hızı, V_L ile gösterilmiştir, iki malzeme arasındaki ayırma çizgisi, difüzyon dolayısıyla ortadan kaybolur. Lehimin difüzyon bölgesi (D_L), esas metalin difüzyon bölgesi (D_G)'den daha büyüktür. Lehimlenmiş malzemelerin katılma sırasında, katılma genellikle difüzyon bölgesinden başlar. Difüzyon bölgesinin durumu, birleştirilecek malzemelerin cinsine göre değişir. Şekil XV.3'de, malzeme ve lehim alaşımı cinsine göre difüzyon bölgesindeki değişimler görülmektedir. Burada;

a-) Bakır ve bakır alaşımlarının gümüş malzeme ile standart bir lehim alaşımı kullanılarak lehimlenmesindeki durumu gösterir.



Şekil XV. 3. - Çeşitli lehimleme ve esas metal çiftlerinde, difüzyon bölgeleri.

Bakır ile gümüşün birleştirilmesinde difüzyon bölgesi ($D = D_G + D_L$) genellikle kolay ölçülebilir ve 2 ila 20 mikron arasındadır.

b-) Çeliğin standart bir lehim alaşımı ile (L Ağ 30 Cd veya L Ağ 40 Cd) birleştirilmesindeki durumu gösterir. Buradaki difüzyon bölgesi çok dar olup, genişliği 0,5 mikron civarındadır.

c-) Çeliğin L Ms 60 lehimi ile birleştirilmesindeki durumu gösterir. Difüzyon bölgesi çok geniş olup, bir kaç milimetre mertebesindedir. Difüzyon, gayet kolay olmaktadır. Derin difüzyon bölgesi, birleşme bölgesinde çekme gerilmelerine ve dolayısıyla çatlamalara sebep olur.

2. -Lehimlemenin sınıflandırılması

Lehim işlemi, lehimleme sıcaklığı ve lehimleme aralığına göre tasnif edilir:

A-) Lehimleme sıcaklığına göre

a-) Yumuşak lehimleme

b-) Sert lehimleme

B-) Lehimleme aralığına göre

a-) Kapiler lehimleme

b-) Lehim kaynağı

Erime sıcaklığı, 450 °C nin altında bulunan lehim alaşımlarıyla yapılan birleştirmeye yumuşak lehimleme, 450°C nin üstünde bulunan lehim alaşımlarıyla yapılan birleştirmeye de "sert lehimleme" adı verilir.

Birleştirilecek parçalar arasındaki açıklık 0,1 mm civarında ise, kapiler lehimleme; parçalara (V) veya (X) ağızı açılarak yapılan lehimlemeye de lehim kaynağı adı verilir.

3. -Lehimleme işleminin karakteristik değerleri

3.1. - Lehimlemede sıcaklıklar

Çalışma sıcaklığı: Esas malzemenin temas yüzeyleri arasında, erimiş durumdaki lehim alaşımının girebileceği minimum sıcaklıktır. Bu sıcaklık, yaklaşık olarak ilave metalin (lehim alaşımının) üst erime noktasına yakındır (tablo XV.1).

Islatma (sulanma) sıcaklığı: Erimiş haldeki lehim alaşımının, esas malzeme üzerinde tutunabileceği bir sıcaklıktır. Böylece eriyen lehim alaşımı, temas yüzeyleri arasına akıp, birleşmeyi sağlar. Bu sıcaklık, birleşme sıcaklığı olarak da bilinir.

Maksimum lehimleme sıcaklığı: Lehimde bulunan alaşım elemanlarının buharlaşacağı veya esas malzemenin tane irileşmesine uğrayabileceği veya dekapanın zarar görebileceği sıcaklıktır.

Tablo XV. 1. - Minimum sulanma ve çalışma sıcaklıkları (St. 42 esas malzeme için).

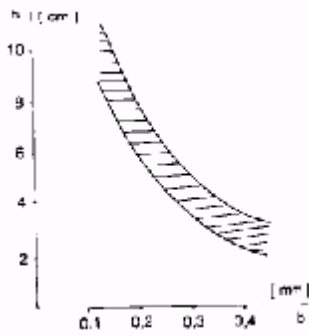
Lehim alaşımı	Minimum sulanma sic. (°C)	Çalışma sıcaklığı (°C)	Solidus (°C)	Likidus (°C)
LMs	765	900	890	900
LMs 60	776	890	880	890
% 40 Ag Cu - Zn - Cd	570	610	595	630

Islatma sıcaklığı ile çalışma sıcaklığı arasındaki esas fark; ıslatma sıcaklığının erimiş haldeki lehim alaşımının aralığa girişinden önce, çalışma sıcaklığının da girişten sonra ölçülmesidir. Islatma sıcaklığı belirli sınırlar arasında bulunabilir. Fakat bilhassa alt sınır önemlidir. Minimum ıslatma sıcaklığı olarak adlandırılan bu sıcaklık, esas metalin sıvı haldeki lehim alaşımı ile birleşebileceği minimum sıcaklıktır.

3.2. - Parçalar arasındaki aralıklar

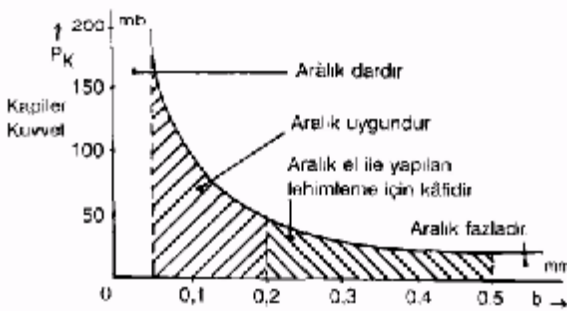
Kapiler lehimlemede sıvı haldeki lehim alaşımı, kapiler tesir (kapiler doldurma basıncı) ile birleştirilecek aralıkta yükselir veya ilerler. Parçaların arasındaki aralığın 0,1 ila 0,5 mm arasında değişmesi halinde erimiş lehim alaşımının dikine yükselme miktarları, şekil XV.4' de verilmiştir. Yaklaşık olarak 0,3 mm aralığa kadar kapiler yükselme miktarı, aralık arttıkça önemli miktarda azalır. 0,3 mm'den sonra önemli miktarda değişme olmaz.

Kapiler yükselme miktarı; lehim alaşımının sıvı halindeki yüzey gerilimi ile doğru; parçalar arasındaki aralık, yerçekimi ivmesi ve lehim alaşımının (sıvı haldeki)



Şekil XV.4.- L Ag 30 Cd standart lehim alaşımı ile bakır, pirinç ve çeliklerin birleşmesinde kapiler yükselme miktarları.

yoğunluğuyla ters orantılıdır. Fırında dekaplanla yapılan lehimlemede erimiş lehim alaşımının yüzey gerilimi 500 dyn/cm iken, redükleyici atmosferde veya vakumda yapılan lehimlemelerde ise 1000 dyn/cm olarak alınır. Parçalar arasındaki aralık ile kapiler doldurma basıncı arasındaki ilişki, şekil XV.5'de görüldüğü gibidir. Aralığın 0,5 mm'nin üzerinde olması halinde,

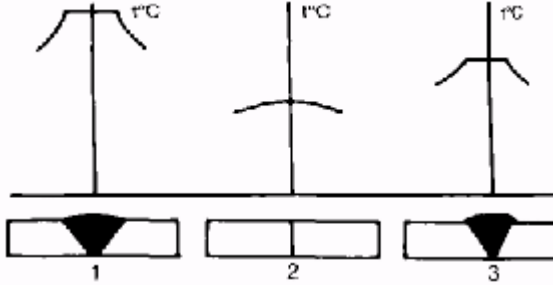


Şekil XV. 5. - Kapiler doldurma basıncı ile lehimleme aralığı arasındaki ilişki

P_k : Kapiler doldurma basıncı (mb) b : Lehimleme aralığı

Artık kapiler lehimleme sözkonusu olamaz. İyi bir kapiler doldurma basıncı elde edilebilmesi için, aralığın seçimi çok önemlidir. Eğer birleştirilecek parçalar birbirlerine geçecek tarzda hazırlanmışsa,

aralık sabit kalır ve kapiler lehimleme yapılır. Parçaların birbirine geçecek tarzda hazırlanmaması halinde, ağızların doldurulmasıyla lehimleme yapılır (lehim kaynağı). Bu iki durumda birleştirme biçimleri ve sıcaklık dağılımları, eritme kaynağı ile mukayeseli olarak şekil XV.6' da verilmiştir.



Şekil XV. 6. - Eritme kaynağı, kapiler lehimleme ve lehim kaynağında ağızların şekli ve sıcaklık dağılımları.

1 -) Eritme kaynağı 2 -) Kapiler lehimleme 3 -) Lehim kaynağı

Lehimlemede parçalar arasında bırakılan açıklığın yanında, lehimlenecek bölgenin genişlik ve boyu da önemlidir. Şekil XV.7'de lehimleme aralığının, çeşitli birleştirme hallerinde bu boyutları görülmektedir. Parçalar arasında bırakılacak açıklıktan sonra ikinci önemli boyut, lehimleme uzunluğudur. Lehimleme aralığı (b), işlem esnasında sıcaklığın etkisi ile bir miktar değişir. Aralığın seçiminde, bu durumun gözönüne alınması gerekir. Bu olay, bilhassa iç içe giren silindirik parçaların lehimlenmesinde dikkati çeker. Silindirik parçalarda bu genişleme miktarı;

$$D_t = D_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

olarak ifade edilir. Burada;

D_t : Isınmadan önceki çap (mm)

D_0 : Isındıktan sonraki çap (mm)

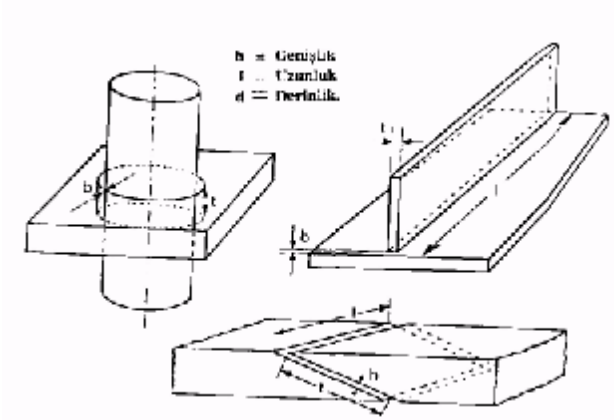
α : Lineer genişleme katsayısı (mm/m. $^{\circ}$ C)

Δt : Sıcaklık farkı ($^{\circ}$ C)'dir.

Eğer birbiri içerisine geçen silindirik parçalar farklı malzemelerden yapılmış ise, her birinin ısıl genişmesi ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Buna göre; birbirine geçen silindirik parçaların ortalama çapı R, dış parçanın ısıl genişleme katsayısı α_2 ve iç parçanın α_1 olmak üzere aralıktaki değişme miktarı aşağıdaki ifadeyle bulunur:

$$\Delta b = R \cdot \Delta t \cdot (\alpha_2 - \alpha_1)$$

Eğer $\alpha_2 - \alpha_1$ farkı pozitif ise aralıktaki genişleme, negatif ise daralma olmaktadır.



Şekil XV. 7. - Lehimleme aralığının boyutları

Modern imalâtta lehimleme aralığı, otomatik olarak doldurulur. Lehimlenecek kısma konan lehim alaşımı erime derecesine eriştikten sonra, kendiliğinden aralığı doldurur. Bunun temin edilebilmesi için kapiler doldurma basıncının, 50 milibardan büyük olması ve lehim alaşımının da uygun formda birleştirilecek kısma konması lazımdır. Bu ise, lehimleme aralığının, 0,2 mm'den küçük olması halinde sağlanır.

4. - Dekapanlar ve lehim alaşımları

4.1. - Dekapanlar

Genel olarak havada kalan metalik yüzelerde bir oksit tabakası teşekkül eder. Lehimleme esnasında sıvı haldeki lehim alaşımının birleşme sağlayabilmesi için, yzelerin temiz ve oksitsiz olması gerekir. Bu sebepten lehimleme işleminde ayrıca, dekapan adı verilen yüzey temizleyicileri kullanılır.

Dekapan metalik olmayan bir malzemedir. Birleştirilecek yzelere yeter miktarda sürüldüğü zaman; yzeleri temizleyerek, oksit filmini kaldırmakta ve lehimin yüzeye birleşmesini sağlamaktadır. Ayrıca, yeni oksit filminin meydana gelmesini engellemektedir. Lehimlemede kullanılan dekapanların vazifeleri, Şöyle sıralanabilir:

- Oksit tabakasını özür ve yeniden oksitlenmeye engel olur.
- Lehim alaşımının yüzey gerilimini azaltarak, esas metalin yüzeyinin daha iyi ıslatılmasını ve lehimin yüzeyde yayılmasını temin eder.
- Dekapanlar, esas metal ile derhal birleŐen metal iyonlarını ihtiva ederler. Bunlar erime işlemi esnasında redüklenerek, birleşmeyi kolaylaŐtırırlar,
- Bazı hallerde örtü vazifesini gören dekapanlar birleşme bölgesinin çabuk soğumasını önlerler.
- Dekapanlar esas vazifelerini sıvı halde yerine getirdiklerinden; erime dereceleri, lehim alaşımınınkinden biraz düşüktür. Böylece; dekapanın erimesi, lehimleme işlemine baŐlamının zamanının geldiğini ifade eder.

Bir çelik malzemenin yüzeyindeki oksit tabakasının kalınlığı 35 mikron ise, bunu çözebilmek için yüzeye sürülen dekapanın kalınlığı 0.01 mm civarındadır. Bir lehimleme aralığının iki tarafında bulunan oksit tabakasının tamamen çözülebilmesi için, aralığın en az 0,02 mm olması lazımdır. Daha küçük aralıklarda, oksit tabakasının çözülmesi mümkün olmamaktadır. Sert lehimlemede ise aralık, en az 0,5 mm olmalıdır. Tablo XV.2'de, dekapanların başlıca önemli elemanları ve kullanılma şekilleri verilmiştir.

Son zamanlarda geliştirilen ve geniş kullanma alanı olan fırında ve koruyucu gazla yapılan lehimlemelerde, gaz dekapan kullanılmaktadır. Gaz dekapan olarak, dissosiyeye olmuş amonyak gazı kullanılır. Fırına gönderilen amonyak, hidrojen ve azota ayrışarak dekapan vazifesi görür.

Tablo XV. 2. - Dekapanların başlıca önemli elemanları ve kullanma şekilleri.

Lehim grubu	İhtiva ettiği başlıca elemanlar	Dekapanın en fazla bulunduğu form
Cu Cu - Zn Cu - Zn - Ni	Boraks Asitborik Bazı organik maddeler	Macun ve toz
Ag Cu - P	Asitborik Boratlar Fluorürler	Macun ve Toz
Al Mg	Fluorürler Klorürler	Toz

Metalik malzemelerin lehimlenmesinde kullanılan dekapanlar, DIN 8511'de tesir sıcaklıklarına göre dört grupta toplanmıştır:

- a-) F-SH 1 Grubu : Etki sıcaklıkları 600 ilâ 800 °C arasında olup, bor bileşikleri ve florürlerden meydana gelirler. Çalışma sıcaklığı, 600°C'nin üzerinde olan lehim alaşımları için kullanılırlar,
- b-) F-SH 2 Grubu : Tesir sıcaklığı 750 ilâ 1100 °C arasında olup, bor bileşikleridir ve 800 °C'nin üzerinde eriyen lehimler için kullanılır,
- c-) F-SH 3 Grubu : Tesir sıcaklıkları 1000 °C'nin üzerinde olup, fosfatlar ve silikatlardan meydana gelirler,
- d-) F-SH 4 Grubu : Tesir sıcaklıkları 600 ila 1000 °C arasında olan alaşımlardır ve 600 °C'nin üzerinde eriyen lehim alaşımları için kullanılırlar.

Dekapanların etki süreleri, minimum 10 saniye olarak alınır. Dekapan, parçanın tavlanamaya başlamasıyla aktif duruma geçer ve tesir sıcaklığında yüzeydeki oksit tabakasını çözer. Tavlamanın aşırı olarak devam ettirilmesi, dekapanın etkisiz hale gelmesine sebep olur. 5 dakikadan fazla sürelerde yapılan tavlamalarda, dekapanın oksit çözme kabiliyeti kalmaz ve birleştirilecek yüzeylerde yeni oksitlerin meydana gelmesini önleyemez. Genel olarak lehimleme işleminin en çok 2 dakika içerisinde

yapılmasıyla, dekapanın oksit çözme kabiliyetinden tam olarak faydalanılmış olur. Dekapanların kullanılmasında, aşağıdaki hususların göz önünde bulundurulması gerekir:

- a-) Pasta halindeki dekapanlar, kullanılmadan önce iyice karıştırılmalıdır.
- b-) Dekapan sürülecek kısımların üzerindeki pislikler, iyice temizlenmelidir,
- c-) Temizlenen kısımlar üzerine dekapan, bir kıl fırça ile sürülmelidir.
- d-) Dekapan, cilt ile temas etmemelidir.
- e-) Lehimlemenin yapıldığı yer, kâfi derecede havalandırılmalıdır, Lehimlemeden sonra dekapan artıkları, mekanik veya kimyasal olarak temizlenmelidir.

4.2. - Lehim alaşımları

Pratikte en fazla kullanılan lehim alaşımları, tablo XV.3'de görülmektedir. Bu alaşımların tatbik edildiği esas metaller ve erime dereceleri ise, tablo XV.4'de verilmiştir.

Tablo XV. 3. - Pratikte en fazla kullanılan lehim alaşımları.

Lehim grupları	Bileşimleri (%)											
	Cu	Zn	Ag	Ni	Cd	Sn	P	Si	Min.	Al	Mg	Fe
Cu	98-100	-	1 max	-	-	-	-	2 max	2 max	-	-	-
Cu-Zn	50-82	Kalanı	1 max	1 max	-	4-5 max	-	3-2 max	1 max	-	-	1,2 max
Cu-Zn-Ni	43-50	Kalanı	1 max	3-11	-	3-5 max	-	3-2 max	-	-	-	-
Cu-P	Kalanı	-	15 max	-	-	-	7 max	-	-	-	-	-
Ag	14-35	Kalanı	12-75	3-5 max	25 max	5-5 max	-	-	-	-	-	-
Al	4-7 max	-	-	-	-	-	-	4-13	0,1-5	Kalanı	-	-
Mg	-	-	-	-	-	-	-	0,3 max	0-0	8,8-12	Kalanı	-

Tablo XV.4. - Bazı lehim alaşımlarının tatbik edildiği esas metaller ve erime sıcaklıkları

Lehim grupları	Erime dereceleri (°C)	Tatbik edildiği esas Metaller	Kullanılan Isı-Mantaları
Cu	1083	Fe-Metalleri, Ni ve Cu, Ni alaşımları	Ülmeç, fırın, yüksek basınç koruyucu gaz
Cu-Zn	865-910	Fe-Metalleri, Cu ve Cu alaşımları, Ni ve Ni alaşımları	" " " "
Cu-Zn-Ni	800-910	Fe-Metalleri, Ni ve Ni alaşımları	" " " "
Cu-P	750-800	Cu ve Cu alaşımları	" " " "
Ag	810-870	Fe ve Fe olmayan metaller (Al, Mg ve Ti hariç)	" " " "
Al	580-620	Al ve Al alaşımları	dadırma
Mg	550-600	Mg ve Mg alaşımları	Ülmeç, fırın koruyucu gaz

Lehimlemede kullanılan alaşımlar, genel olarak gümüş lehimleri ve ısıya dayanıklı yüksek sıcaklık lehimleri olarak iki grupta toplanırlar.

A-) Gümüş lehimleri

İçerisinde minimum % 8 gümüş ihtiva eden lehim alaşımları, "gümüş lehimi" olarak adlandırılır. Alaşımdaki gümüş oranının üst sınırı yoktur. Lehim alaşımlarına gümüş, aşağıdaki sebeplerden dolayı katılır:

- a-) Belirli bir erime derecesi elde etmek,
- b-) Yüksek bir çekme mukavemeti sağlamak,
- c-) Lehimleme hızını yükseltmek.
- d-) Lehim bağlantısının şekil değiştirme kabiliyetini artırmak,
- e-) Lehimlenecek yerin rengini, parçaya uydurmak,
- f-) Yüksek korozyon mukavemeti sağlamak,
- g-) Lehimlemeden sonra temizleme işlemini azaltmak.

Lehim alaşımları içerilerinde; bakır, çinko, kalay, kadmiyum, fosfor gibi elementleri ihtiva ederler.

B-) Isıya dayanıklı yüksek sıcaklık lehimleri

Erime sıcaklıkları genellikle 800 ilâ 1200 °C arasında olan, lehim alaşımlarıdır. Jet motorlarının yakıt sistemi borularında, atom reaktörlerinde ve uzay tekniğinde olduğu gibi yüksek sıcaklıkta çalışan alanlarda kullanılmaktadır. Tablo XV.5'de, yüksek sıcaklık lehim alaşımları kullanma yerleriyle beraber verilmiştir.

Tablo XV. 5. - Yüksek sıcaklık lehimleri.

Lehim grupları (Bileşimi)	Çalışma sıcaklığı (°C)	Kullanma yerleri
Ag 85-Mn 15	970	500°C ye kadar ısıya dayanıklıdır. Paslanmaz çeliklerin ve nikel alaşımlarının fırında H ₂ ve N ₂ atmosferi altında yapılan lehimlemelerinde
Au 37,5 - Cu 62,5	1000	Fe-Ni-Co alaşımlarının yakıtında veya H ₂ atmosferindeki fırın lehimlemelerinde
Ni 7-Cr 16,5 (Fe-Si-C) 10-B 3,5	1035	800 °C ye kadar ısıya ve korozyona dayanıklıdır. Paslanmaz çeliklerin ve nikel alaşımlarının lehimlenmesinde kullanılır. H ₂ atmosferi altında fırın lehimlemelerinde (jet uçaklarında)
Ni-Cr-Mn (ötektik)	1070	Paslanmaz ve alaşımlı çeliklerin vakumda yapılan lehimlerinde, Reaktör inşaatında ve koruyucu gazla lehimlemede
Ag 63-Pb 32-Mn 5	1230	800 °C ye kadar ısıya dayanıklıdır. Paslanmaz çeliklerin, kovan ve nikel alaşımlarının birleştirilmesinde jet motorlarında, Fırın H ₂ atmosferi altında yapılan lehimlemelerde, koruyucu gazla lehimlemede

5.- Lehimleme usulleri

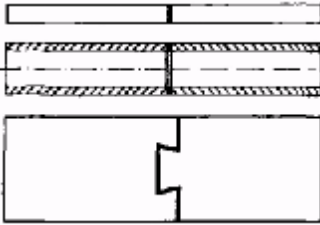
Sert lehimlemede parçaların lehimleme sıcaklıklarına ısıtılmasında takip edilen yollara göre, aşağıdaki lehimleme usulleri vardır:

- a-) Üfleçle lehimleme
- b-) Fırında lehimleme
- c-) Endüksiyonla lehimleme
- d-) Elektrik direnci ile lehimleme
- e-) Elektrik arki ile lehimleme
- f-) Erimiş lehim banyosuna daldırarak lehimleme
- g-) Dekapan banyosuna daldırılarak lehimleme

Yukarıda belirtilen usullerden her birisinin üstün olduğu uygulamalar vardır. Örneğin; farklı kalınlıkta ve ısı iletimindeki parçaların lehimlenmesinde üfleç ile lehimlemenin kullanılması uygun olmaktadır. Küçük ve ince parçaların lehimlenmesinde fırında lehimleme; kablo klemenslerinde, lehim banyosuna daldırarak lehimleme; karışık parçaların lehimlenmesinde ise, dekapan banyosuna daldırarak lehimleme kullanılır.

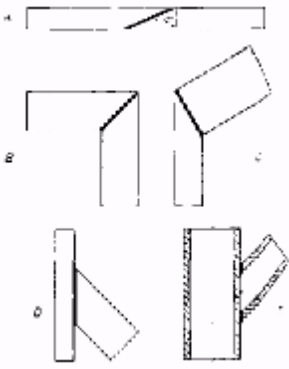
6.-Lehimlemede kullanılan birleştirme ve ağız hazırlama şekilleri

1 mm kalınlığa kadar ince parçaların birleştirilmesinde, düz alın birleştirmeler ve bazı hallerde kırlangıç kuyruğu birleştirme şekli kullanılır (şekil XV.8).



Şekil XV. 8 - Alın altına lehimleme ağızları.

Bağlantının çekme mukavemetinin yüksek olmasının istendiği yerlerde, ağızlar belirli açılarda birleştirilir (şekil XV.9). Sert lehimlemenin tatbik edildiği konstrüksiyonlar, dört grupta toplanırlar:



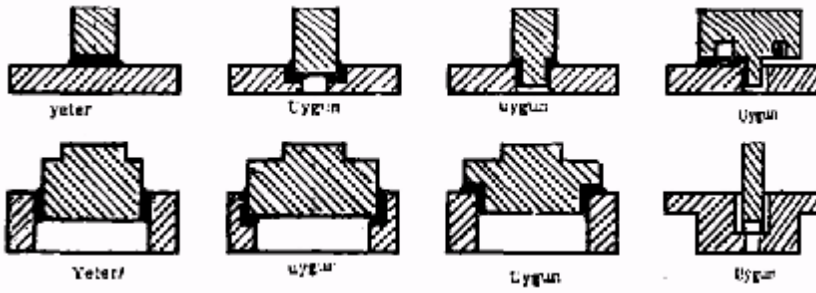
Şekil XV. 9. - Açılı birleştirme örnekleri

a-) Saplama birleştirmeler (şekil XV. 10)

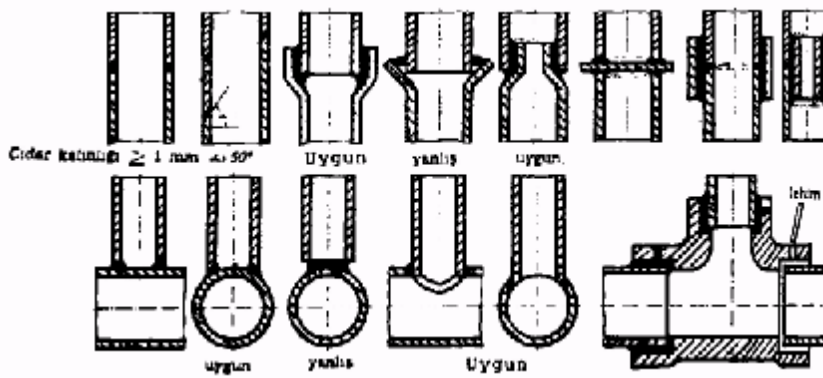
b-) Boru birleştirmeleri (şekil XV.11)

c-) Flanş birleştirmeleri (şekil XV.12)

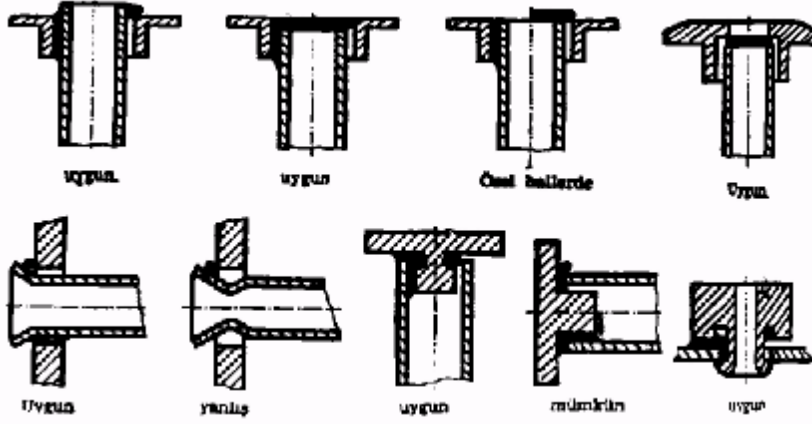
d-) Sacdan mamul parçalara ait birleştirmeler (şekil XV.13)



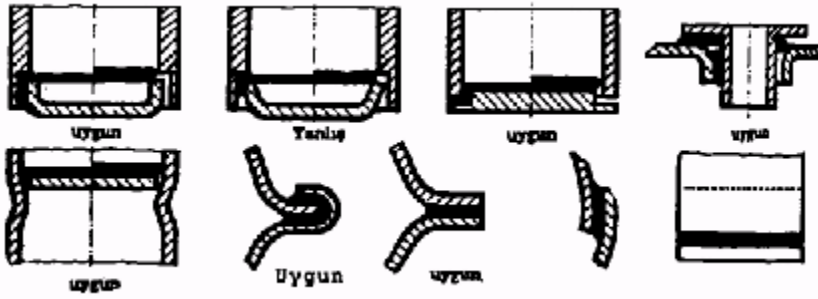
Şekil XV. 10. - Lehimleme ile saplama birleştirmeler.



Şekil XV. 11. - Lehimle boru birleştirmeleri



Şekil XV. 12. - Lehimleme ile flanş birleştirmeleri.



Şekil XV. 13. - Saçtan mamul parçaların lehimlenmesi.

7. • Literatür

(1)-ANIK, Selâhaddin

"Sert lehimleme ve alçak sıcaklıkta kaynak tekniği"

İskender Matbaası, 1965

(2) - ANIK, Selâhaddin

"Sert lehimleme"

İ.T.Ü. Mak. Fak. Makina Malzemesi ve İmal Usulleri Ens. Yayını, No. 27, 1966

(3) - ANIK, Selâhaddin - TÜLBENTÇİ, K. - ÖZGÖKTUĞ, T. "Kaynak Teknolojisi"

Eğitim Yayınları, 1976

(4) - LUDER, E.

"Handbuch der Löttechnik"

VEB - Verlag Technik, Berlin, 1952

(5) - "Brazing Manual"

American Welding Society, Inc. 1963

(6) - "Soldering Manual"

American Welding Society, Inc. 1964

(7) - ANIK, Selâhaddin
"Kaynak Teknolojisi El Kitabı"
Ergör Matbaası, 1983

XVI. BÖLÜM

METAL PÜSKÜRTME

1. - Tarifi ve gelişimi

Erimiş haldeki metali bir yüzeye püskürterek, orada bir tabaka meydana getirmeye "metal püskürtme" adı verilir. Bir metal veya alaşım, elektrik arkı ya da alev ile eritildikten sonra basınçlı hava ile küçük parçacıklar halinde püskürtülür. Püskürtülen metal tozu, daha önceden hazırlanan yüzeyde tutunarak orada bir püskürtme tabakası meydana getirir. Metal püskürtme, imalat ve tamiratta kullanılmaktadır.

İlk defa, 1910 yılında İsviçreli Schoop tarafından alevle püskürtme; daha sonra 1920 yılında, arklı püskürtme tabancası geliştirilmiştir.

2. - Metal püskürtme usulleri

Metal püskürtme, metalin eritilmesinde faydalanılan menbaa göre; alevle püskürtme ve arklı püskürtme olarak ikiye ayrılır.

2.1. - Alevle püskürtme

Gazlı püskürtme olarak da bilinen alevli püskürtmede püskürtülecek metalin eritilmesi için, gaz alevi kullanılır. Alevle püskürtme de kullanıma yerlerine göre, aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

A-) Anti-korozif alevle püskürtme tekniği

- a-) Tel sistemiyle çalışan cihazlar
- b-) Toz metal sistemiyle çalışan cihazlar
- c-) Plastik malzeme tozu ile çalışan cihazlar

B-) İmalat ve tamiratta alevle püskürtme

- a-) Tel sistemiyle çalışanlar
- b-) Toz sistemiyle çalışanlar

Bir alevle püskürtme cihazı, temel olarak şu fonksiyonları yerine getirir:

- a-) Püskürtülecek malzemenin nakli (meselâ, püskürtülecek telin sarılı olduğu bobinden itibaren cihazdan geçerek eriyinceye kadar takip ettiği yol),
- b-) Telin bir yanıcı gaz-oksijen aleviyle eritilmesi,
- c-) Erimiş metalin, püskürtme yapılacak esas metal üzerine nakledilmesi.

Yukarıdaki fonksiyonları yerine getirmek üzere; alevli püskürtme cihazında tahrik sistemi, meme sistemi ve ventil sistemi olmak üzere üç temel kısım vardır.

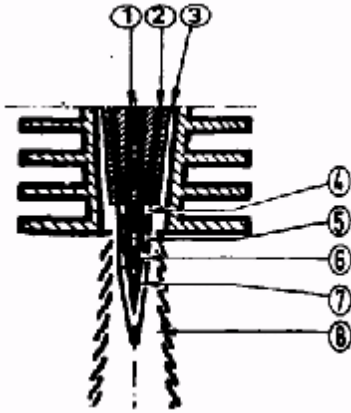
Tahrik sistemi; telin çeşitli hızlarda sevk edilmesini sağlar. Kademesiz ayarlanabilmesi, tesbit edilen devir sayısını koyabilmesi, hafif olması ve emniyetli olması istenir. Tahrik sistemi, elektrik motorları veya basınçlı hava ile çalışmaktadır.

Meme sistemi; yanıcı gaz ile oksijenin karışımını, telin erimesini ve püskürtülmesini sağlayan

önemli bir kısımdır. Şekil XVI.1'de bir alevli püskürtme memesi görülmektedir. Tel, meme sisteminin simetri eksenini boyunca ilerler. Telin etrafındaki kanaldan, oksijen-yanıcı gaz karışımı tele sürünerek çıkar. Bunun etrafındaki kanaldan da, püskürtme veya nakil işlemini yapacak olan gaz dışarıya püskürtülür. Meme içerisinde gaz karışımını temin eden kısım, ilk uygulamalarda eş basıncı olarak çalışmakta idi. Fakat bu sistemde gaz karışım oranlarının zaman zaman değişmesi ve geri tepmeler meydana gelmesi sebebiyle, enjektörlü sistemler geliştirilmiştir.

2.1.1. -Yanıcı gaz-oksijen alevinde, eritilmesi

Yüksek alev sıcaklığı sağlayabilmek için, yanıcı gaz olarak asetilen veya propan kullanılır. Oksijenin asetilenle teşkil ettiği alevin sıcaklığı 3200 °C, propanla ise 2800 °C'dir. Korozyona karşı korumada yapılan püskürtmede düşük ergime sıcaklıklı alaşımlar kullanılması sebebiyle, propan gazının kullanılması yeterli olmaktadır. Fakat yüksek derecede eriyen metallerin kullanıldığı püskürtmelerde, yanıcı gaz olarak asetilenin kullanılması gerekir. Bir oksi-asetilen alevinin yanma kademeleri, şekil XVI.1'de verilmiştir. Alevin ayarı, eritilecek metal miktarına göre ayarlanır.



Şekil XVI. 1. - Bir alevle püskürtme cihazında yanmanın kademeleri:

- 1- Püskürtülen tel,
- 2- Yanıcı gaz-oksijen karışımının geçişi,
- 3- Basıncı havanın geçişi,
- 4- Gaz karışımının yüksek bir hızla çıkışı,
- 5- Yanıcı gazların ayrıştığı bölge (C ve H J),
- 6- Açık renkli parlak koni (kızarmış karbon taneciklerinin teşkil ettiği),
- 7- Primer yanma bölgesi (en yüksek sıcaklığın hasıl olduğu bölge 3200 °C),
- 8- Sekonder yanma bölgesi (1000 ila 2000 °C arasındaki)

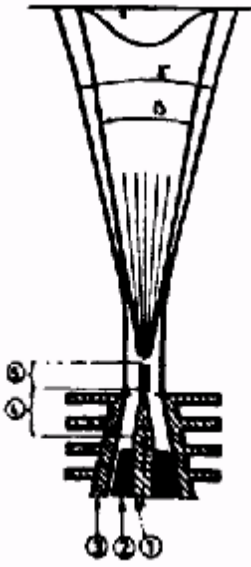
2.1.2.- Erimiş telin püskürtülmesi ve toz haline gelmesi

Genellikle eritmede, nötr bir alev kullanılır. Yalnız alüminyum malzemenin eritilmesinde, hafif

karbonlayıcı (asetileni fazla) bir alev kullanılır.

Erimiş haldeki telin püskürtülmesi, şematik olarak şekil XVI.2'de görülmektedir. Erimiş haldeki metalden püskürtülen taneciklerin büyüklüğü, 50 ilâ 200 mikron arasında olup; püskürtme basıncı ve ısı gücüne bağlıdır. Püskürtme gücü büyüdükçe, taneler küçülürler. Alev ayarı aynı kalmak üzere telin ilerleme hızı azaltılırsa, taneler yine küçülür.

Tanelerin çıkıştaki sıcaklıkları, erime sıcaklıklarından yaklaşık olarak 10 °C daha yüksektir ve hızları yaklaşık 160 m/sn civarındadır. Parçaya kadar uçan taneciklerin sıcaklıkları, halâ erime sıcaklığına yakındır ve parçacıklar plâstik haldedir.



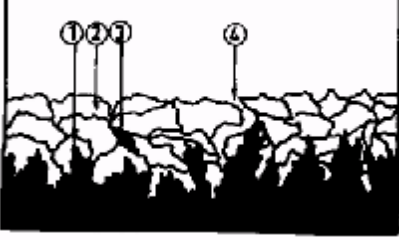
Şekil XVI.2. - Püskürtme memesi ile parça arasındaki durumun şematik olarak gösterilmesi:

- 1- Püskürtülen tel,
 - 2- Gaz memesi,
 - 3- Hava memesi,
 - 4- Eriyen bölge,
 - 5- Toz haline gelme bölgesi,
 - 6- Parçanın yüzeyi,
 - 7- Yığılan püskürtülmüş metal,
- α - Erime açısı
 \varnothing - Görülebilen alev konisinin açısı,
 β - Toz haline gelme açısı.

Parçaya hızla çarpan tanecikler, pul şeklinde deforme olur ve önceden hazırlanmış parça (esas metal) yüzeyindeki boşluklara dolarlar (şekil XVI.3).

Şekil XVI.2'de gösterilen erime (α) ve toz haline gelme (β) açılarının küçülmesiyle, erime ve yığılma

derecesi artar. Yığılma derecesi, esas metal üzerine yığılan tel malzemesi miktarıdır. Toz haline gelme açısının artmasıyla, yığılma derecesi düşmektedir. Tanelerin ufak olması da, yığılma derecesini azaltmaktadır.

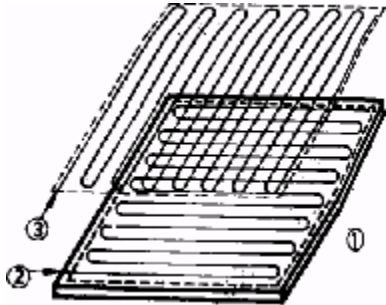


Şekil XVI.3. - Metal püskürtme tabakasının yapısı.

- 1- Esas metal yüzeyi
- 2- Püskürtülen tabaka
- 3- Oksit kalıntıları
- 4- Boşluklar (gözenekler)

Genel olarak püskürtme mesafesi, 100 ilâ 200 mm arasındadır. İnce sacların veya ısıya hassas malzemelerin üzerine püskürtme yapılırken, büyük püskürtme mesafeleri seçilir. Çarpılmaların fazla olduğu veya yapışma mukavemetinin kritik bulunduğu hallerde (alüminyum malzeme), ilk tabaka kısa mesafelerden ve hızla püskürtülür.

Püskürtme demetinin püskürtülen yüzeyle teşkil ettiği açı, 45° den az olmamalıdır. Aksi halde, püskürtülen tabaka, süngerimsi bir yapı olur. En iyi netice, 70° lik püskürtme açılarında elde edilmektedir. Ekonomik bakımdan dar açılı bir püskürtme demetinin kullanılması tavsiye edilir. Böylece kalınlığı düzgün olan bir püskürtme tabakası sağlanmış olur. Dar açılı püskürtme kullanılması halinde, tabancanın ilerleme hızının yüksek olması gerekir. Böylece istenen kalınlıktaki püskürtme tabakası; birkaç defada ve her bir tabaka bir öncekine dik olacak şekilde püskürtülür (şekil XVI.4). Kenarlar daima, ilk önce ve 45°C'lik açı ile püskürtülmelidir.



Şekil XVI.4. - Bir yüzeyin püskürtülmesinde çalışma prensibi:

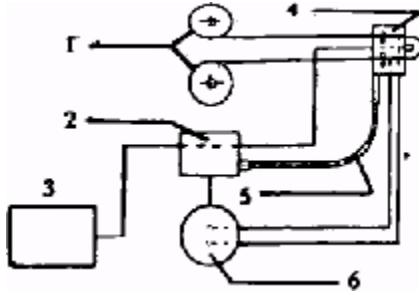
- 1- Kenarların ve köşelerin püskürtülmesi (45° lik bir açı ile).

- 2- İlk (esas) tabakanın püskürtülmesi (zikkazklar arası 2-4 cm kadar olmalı).
- 3- Diğer tabakaların püskürtülmesi (Daima bir evvelki tabakaya dikey olarak).

Kötü iklim veya atölye şartlarında, kum ile temizlenmiş yüzeylerde ince bir tabaka halinde su filmi kalır. Bu durum, iyi yapışmayı önler. Bu sebepten yüzeylerin püskürtme işleminden önce 60 ilâ 80°C arasında bir ön tavlama tabi tutulması ve atölyede klima tesisatının bulunması gerekir. Genel olarak; kum ile temizlemeden sonra hemen metal püskürtme yapılmalıdır. Bu arada süre üç saatten fazla olursa, yapışma iyi olmaz.

3.- Arklı püskürtme

Arklı püskürtmede; püskürtülecek tellerin eritilmesinde, elektrik arkından faydalanılır. Eritilmek üzere püskürtme tabancasına gelen iki tel arasında meydana getirilen ark ile erimiş metal elde edilir. Bu arada erimiş metal üzerine gönderilen basınçlı hava ile püskürtme işlemi yapılır. Otomatik olarak iki ayrı makaradan gelen teller, aynı zamanda arkı teşkil etmede kullanılan akımı da nakledeleler (Şekil XVI.5). Bir arklı püskürtme tesisatında şu kısımlar bulunur:



Şekil XVI.5. Bir arklı püskürtme tesisatı (şematik).

- 1- Tel makaraları,
- 2- Kumanda ve ayarlama cihazı,
- 3- Kompresör (70 rrl/saat, 6 atü),
- 4- Püskürtme tabancası,
- 5- Spiral mil,
- 6- Jeneratör (350 Amp.).

a-) Tel hareket mekanizması: Tellerin devamlı olarak memeye sevk edildiği ve kademesiz olarak tel ilerleme hızının ayarlanabildiği kısımdır.

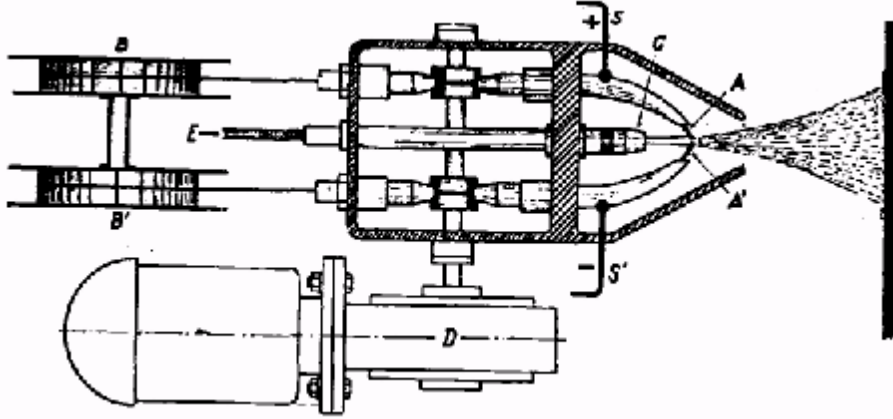
b-) Kontakt tertibatı: Ark için gerekli akımı tellere ileten tertibattır.

c-) Püskürtme tertibatı: Ark vasıtasıyla eritilen metalin, püskürtülmesine yarayan tertibattır.

Bir arklı püskürtme tesisatının kısımları, şematik olarak şekil XVI.6'da görülmektedir. Püskürtme tabancaları için, çeşitli konstrüksiyonlar geliştirilmiştir. Şekil XVI.7'de sırasıyla; Schoop püskürtme memesi (a), Çekoslovak tipi meme

(b) ve Alman tipi meme

(c) görülmektedir. Schoop tipi memede, püskürtme demeti tam olarak teşekkül edememektedir. Çünkü tel memeleri çok dar açıdır. Çekoslovak meme sisteminde, meme içerisinde teller birbirleriyle 60 ilâ 66°'lik açı yapmaktadır. Yatay tel memesi aynı zamanda, püskürtme memesi olarak da kullanılmaktadır. Bu sistemde püskürtme havası ile yalnızca, memelerden birisi soğutulmaktadır. Diğer meme ise, hafif bir hava akımı ile soğutulmaktadır.



Şekil XVI.6. - Arklı püskürtme sistemi.

A,A': Elektrotlar (teller)

B,B': Tel makaraları

C: Püskürtme memesi

D : Elektrod (tel) hareket motoru

E : Basınçlı hava girişi

S,S': Elektrik akımı bağlantıları

Alman meme sisteminde ise; teller tabancaya birbirlerine paralel olarak gelirler ve daha sonra kontakt memelerinde eğilirler. Püskürtme memesi, tel memelerinin ortasında bulunur.

Elektrik arkı ile püskürtme sisteminde, tel ilerleme hızı ve çalışılan akım şiddeti önemli faktörlerdir. Bu iki faktör birbirleriyle ilgili olup; akım şiddetinin yükselmesi halinde, tel ilerleme hızının da artması gerekir.

a-) Schoop meme sistemi.

1- Tel memeleri

2- Püskürtme memesi

b-) Çekoslovak meme sistemi.

1- Soğutma memesi

2- Püskürtme memesi

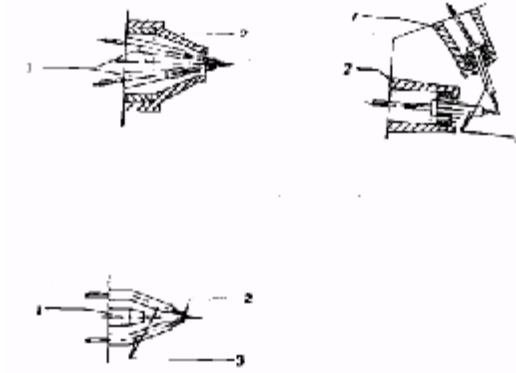
3- Tel memeleri

c-) Alman meme sistemi

1- Püskürtme memesi

2- Kısa devre noktası

3- Kontakt ve tel sevk memesi.



Şekil XVI. 7. - Meme sistemleri

Düzenli bir arkın sağlanamaması ve erimenin düzgün olmaması, gürültülü çalışma sebepleriyle arklı püskürtmede kaynak transformatörleri kullanılmaz. Arklı püskürtmede, kaynak jeneratörleri ve redresörleri kullanılır. Bu cihazlar, sabit bir erime miktarı sağlarlar.

Arklı püskürtmede erime gücü, akım şiddetine bağlıdır. Tablo XVI.1'de çeşitli malzemeler için arklı püskürtmenin çalışma değerleri verilmiştir.

Arklı püskürtmede metaller 4000 °C'nin üzerinde erirler. Bu sebepten, metal parçacıkları daha sıcak ve daha fazla plâstik durumdadırlar. Bunun neticesi olarak; tanecikler püskürtülen yüzeye daha yassılaştırmış bir durumda ulaşırlar ve bazıları birbirine kaynarlar. Arklı püskürtmedeki tabakanın oksit miktarı, alevle püskürtmedekinden daha azdır. Oksit kalıntıları ve gözeneklerin teşekkülüne, püskürtme mesafesi ve hava basıncı etki eder.

Tablo XVI.7. - Arklı püskürtmede çalışma değerleri.

Malzeme	Tel çapı (mm)	Telin ilerleme hızı (m/dak)	Erime gücü	Akım şiddeti (amper)	Enerji sarfiyatı (Kw/s)
Çelik	1,6	13,2	12,8	260-280	7,3
Cr-Ni'li çelikler	1,6	13,2	12,8	250-280	7,3
Bakır	1,6	14,6	15,6	230-240	6,2
Bronz	1,6	20,0	20,6	230-240	5,8
Pirinç	1,6	20,0	20,6	250-290	5,8
Çinko	2,0	20,0	16,9	250-290	5,6

Arklı püskürtmenin kullanıldığı alanlar, şöyle sıralanabilir:

a-) Aşınan parçaların (millerin) doldurulmasında.

b-) İmal edilen yeni parçalarda olabilecek ölçü düşüklüklerinin tamamlanmasında,

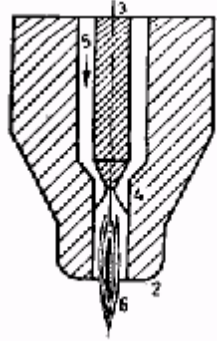
c-) Kır dökme demir parçaların üzerindeki, döküm hatalarının ortadan kaldırılmasında,

d-) Aşınmaya ve korozyona dayanıklı yüzeylerin meydana getirilmesinde. Meselâ; normal çelikten imal edilmiş parçaların üzerlerine, krom-nikel çeliği püskürtülerek korozyona dayanıklı yüzeylerin elde edilmesi gibi.

e-) Atmosferin tesirlere karşı yüzeylerin korunmasında; yüzeylere ince bir tabaka halinde çinko, alüminyum, kurşun ve kalay püskürtülmesi.

4.- Plazma arkı ile püskürtme

En yeni usullerden birisi de, plazma arkı ile püskürtmedir. Plazma, elektriği ileten iyonize olmuş bir gaz akımıdır. Metal püskürtme işleminde, direkt tesirli plazma alevi kullanılır. Bunun prensibi; su ile soğutulan ve ucu bir meme şeklinde daralan ve anot olarak kullanılan bir zarf ve merkezinde izole edilmiş olan katottan meydana gelir (şekil XVI.8). Bu üfleçten geçen gaz (argon, helyum, hidrojen ihtiva eden azot) anot ve katot arasında teşekkül eden arkda ısınır ve iyonize olarak, memeden bir plazma jeti halinde çıkar. Bu jetin çıkış hızı 5000 ilâ 6000 m/sn ve sıcaklığı 15000 ilâ 25000 °C arasındadır. Toz halindeki püskürtme malzemesi, plazma jetinde erir ve parça üzerine püskürtülür.



1. Zarf
2. Katot
3. Anot
4. Ark
5. Argon
6. Plazma jeti

Şekil XVI.8. - Plazma arkı hamlacı.

Plazma jetinin üretilmesinde akım menbaı olarak, boşta çalışma gerilimi nispeten yüksek olan redresörler kullanılır. Çalışma gerilimi argon ve azot için 20 ilâ 80 volt arasındadır. Arkın tutuşturulması için genellikle, yüksek frekans cihazları kullanılır.

Plazma arkı ile püskürtmede de, taneciklerin yüzeylerde tutunması mekanik olarak olmaktadır. Plazma ile püskürtmede yüksek erime sıcaklıkları sağlanması sebebiyle; erime sıcaklıkları çok yüksek olan krom, molibden, tungsten, tantal ve bunların oksitlerinin (alüminyum oksit de dahil) püskürtülmeleri mümkün olmaktadır.

5. - Püskürtülecek yüzeylerin hazırlanması

Püskürtülecek tabakanın esas metal üzerinde iyi bir şekilde tutunabilmesi için, esas metalin yüzeyinin uygun şekilde hazırlanması gerekir. Bilhassa püskürtülen tabakanın kalınlığı arttıkça; ısının

tesiri ile meydana gelen kendini çekme gerilmeleri, tabakanın yüzeyde tutunma mukavemetini azaltır ve çatlama ile tabakanın kalkması tehlikesi ortaya çıkar.

Yüzeylerin püskürtmeye hazırlanmasından sonra; yağ, su veya diğer kirletici maddelerle temas etmemesi gerekir. Hazırlanan yüzeylere, 4 saat içerisinde püskürtme yapılmalıdır. Kuru ve rutubetsiz havalarda bu süre, daha da uzun olabilir.

Yüzeylerin püskürtmeye hazırlanmasında; kum püskürtme veya mekanik olarak hazırlama metotları tatbik edilir.

5.1. - Kum püskürterek yüzey hazırlama

Kum püskürtmede püskürtülecek malzeme olarak silis kumu veya çelik kumu kullanılır. Büyük yüzeylerin hazırlanmasında, tane büyüklüğü 0,5 ilâ 2,0 mm arasında olan silis kumlan basınçlı hava ile yüzeylere püskürtülür. Kum taneleri keskin köşeli olmalı ve yüzeylere 60°lik açı ile püskürtülmelidir. Kum püskürtüldükten sonra; kumun yüzeye bıraktığı tozların temizlenmesi için, yüzeylere kuru hava püskürtülmelidir.

5.2. - Mekanik olarak yüzey hazırlama

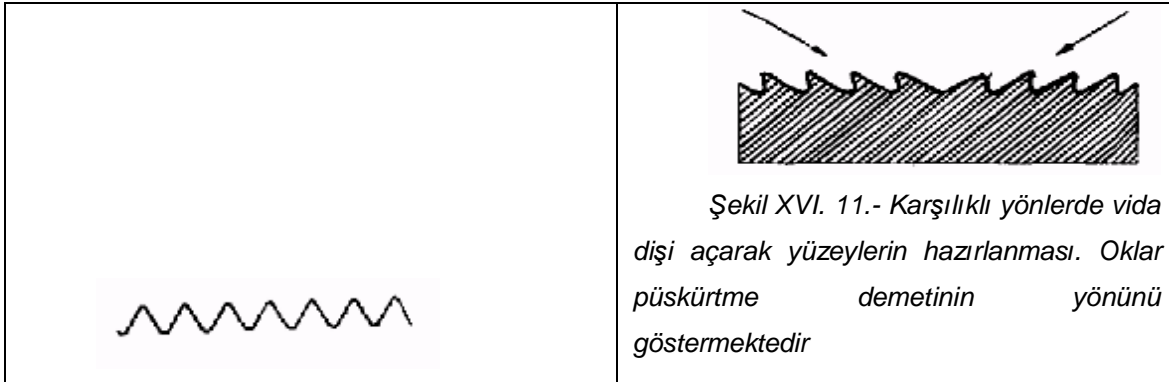
Mekanik olarak yüzeylerin hazırlanması denilince; yüzeylerde püskürtülen parçacıkların kolayca tutunmalarını temin edecek, çeşitli şekillerin meydana getirilmesi anlaşılır. Bu şekiller temel olarak aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

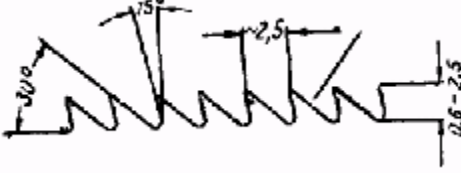
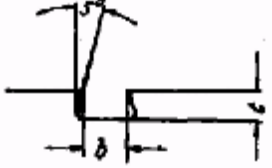
- a-) Vida açma (şekil XVI.9)
- b-) Testere dişi vida açma (şekil XVI.10)
- c-) Karşılıklı yönlerde testere dişi vida açma (şekil XVI.11)
- d-) Basit kırlangıç kuyruğu yarık açma (şekil XVI. 12)
- e-) Çeşitli profilde yarıklar açma

Vida açma işlemi; parçanın büyük kısımlarında daha kaba, ince kısımlarında daha küçük vidaların açılması şeklinde uygulanır.

Yüksek zorlamaya maruz kalan parçalara (silindir gömlekleri, yatakları ve milleri gibi), karşılıklı yönlerde testere vida açılır.

Büyük, uzun ve geniş parçalara; basit kırlangıç kuyruğu yarıklar açılır.



<p>Şekil XVI. 9. - Vida açma.</p>	
 <p>Şekil XVI.10- Testere dişi vida açma</p>	 <p>Şekil XVI.12.- Basit kırlangıç kuyruğu açarak yüzey hazırlama, (b) genişliği, en az 2. t kadar olmalı ve mümkün olduğu kadar 1,5 mm' yi aşmamalıdır.</p>

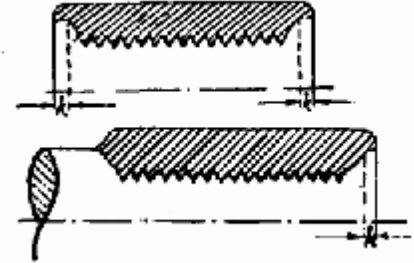
5.3. - Yüzey hazırlamanın özel uygulamaları

a-) Püskürtme tabakasının sonradan işlenmesi durumunda, esas metal ile püskürtme tabakası arasındaki geçiş durumu:

Bir milin doldurulması halinde; esas metal ile püskürtme tabakası arasındaki geçiş, meyilli olmalıdır (Şekil XVI. 13).



Şekil XVI. 13.- Bir milin doldurulmasında, esas metal ile püskürtülen tabaka arasındaki geçiş durumu.

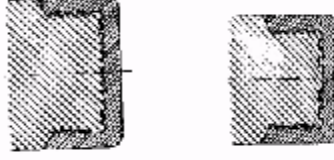


Şekil XVI. 14.- Millerin uç kısımlarının doldurulması.

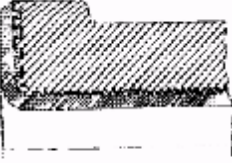
Bir milin uç kısmının püskürtme ile doldurulması halinde; esas metal ile püskürtme tabakası arasındaki durum, şekil XVI.14'de görüldüğü gibi olmalıdır.

Millerin uçlarının tamamının doldurulması durumunda tatbik edilecek yüzey hazırlama, şekil XVI. 15'de olduğu gibidir.

Bir silindirin iç kısmının doldurulması halinde, esas metal ile püskürtme tabakası arasındaki geçiş ve yüzey hazırlama şekil XVI.16'da görüldüğü şekilde olmalıdır.



Şekil XVI. 15.- Millerin uç kısımlarının tamamen doldurulması



Şekil XVI. 16.- Silindirlerin iç kısımlarının doldurulması.

b-) Kama yuvası açılmış millerin püskürtme ile doldurulması: Kama yuvalarının mil ile püskürtülerek doldurulması, sonradan frezelenmesi uygun değildir. Çünkü frezeleme esnasında püskürtme tabakası zedelenebileceği gibi, ilâve işçilik ve malzeme israfını gerektirir. Bunun için; püskürtmeden önce kama yuvasına uygun tahta malzemedan bir kama hazırlanır ve yuvaya yerleştirilir. Püskürtme, bundan sonra yapılır (şekil XVI.17).



Şekil XVI. 17.- Kama yuvalı millerin doldurulması.

c-) Döküm hatalarının püskürtülerek doldurulması:

Dökümden sonra meydana gelen boşlukların içine, doldurmadan evvel delik açılır (şekil XVI.18). Boşluklar çok sayıda ve birbirlerine yakın ise, bunlar birleştirilerek doldurma yapılır (şekil XVI.19).



Şekil XVI 18. - Dökümdeki tek boşlukların doldurulması.



Şekil XVI. 19.- Dökümdeki yanyana boşlukların doldurulması.

1- Boşluklar

2- Boşlukların doldurulması

Döküm parçalarda bulunan çatlakların sızdırmaz bir şekilde doldurulması için şekil XVI.20,21 ve 22'de görülen hazırlama biçimleri uygulanır.



Şekil XVI.20.- Çatlağın bulunduğu kısmın her iki tarafına yivler açarak püskürtme



Şekil XVI. 21.- Çatlağın bulunduğu kısma bir kırlangıç kuyruğu oyuk açarak püskürtme



Şekil XVI.22.- Kalın cidarlı dökme parçalarda, çatlağın her iki tarafına genişçe birer kırlangıç kuyruğu oyuk açarak püskürtme.

5.4.- Yüzey hazırlama usullerinin kullanılma yerleri

Yüzey hazırlama usullerinin başlıca kullanma yerleri ve tatbik edilecekleri malzemenin cinsi, tablo

XVI.2'de verilmiştir.

Tablo XVI.2.-Yüzey hazırlama usullerinin kullanılma yerleri.

Hazırlama Usulleri	Kullanma imkânları	Malzeme cinsi
1) Mekanik bir hazırlama yapmadan yalnız üzerindeki yağ, oksit ve diğer pislikleri temizlemek.	Güzel bir dış görünüşün temininde, elektrik akımını iletmede, ısı izolasyonunda, ateşe ve ısıya karşı korumada.	Tahta, plâstik malzeme,karton, porselen ve çeşitli taşlar gibi.
2) Kum püskürtme.	1. Kısmdakilere ek olarak korozyona ve tavlınmaya karşı korumada.	Bütün çelik cinsleri, kır dökme demir, demir olmayan metal ve alaşımlar.
3) Çelik kumu püskürtme.	1 ve 2.deki kısımların aynı.	Bütün çelikler, kır dökme demir, demir olmayan metal ve alaşımlar... gibi bütün metalik malzeme için.
4) Tornalama, planyalama, frezeleme, delme ve keskilme	Tamirat işlerinde, yatakların püskürtülmesinde. 1 mm den kalın korozyona karşı koruma tabakalarının püskürtülmesinde.	Bütün çelikler, kır dökme demir, demir olmayan metal ve alaşımlar... gibi bütün metalik malzeme için.
5) Nikel, Tungsten ve karbon elektrotla (elektrikli yolla) yüzeye girinti çıkıntı verme.	Dinamik zorlamalara maruz kalmayan parçalarda ve dökme demirin tamirinde. Elektrikli arkla yapılan hazırlamadan sonra yüzeye hafif bir kum püskürtme ile temizleme yapılmalıdır.	Düşük karbonlu alaşımsız çelikler, dökme çelik ve demir.

6.- Literatür

(1)-ANIK, Selâhaddin

"Alevle püskürtme tekniğinin teorisi, donanımı ve püskürtme şartları"

O. Kaynak Tekniği, K.T.5, 1968

(2) - ANIK, Selâhaddin

"Arklı püskürtme usulü"

O. Kaynak Tekniği, K:T.4, 1967

(3) - ANIK, Selâhaddin

"Püskürtülecek yüzeylerin hazırlanması"

O. Kaynak Tekniği K.T.6, 1968

(4) - SCHOOP, M.U. - DAESCHLE, C.H.

"Handbuch der Metallspritztechnik"

Verlag Roscher Cie, Zürich, 1935

(5) - ANIK, Selâhaddin

"Gespritzte Metallbeschichtungen"

Technische Rundschau (Bern), Nr. 26, 1978

XVII. BÖLÜM

METAL YAPIŞTIRMA TEKNİĞİ

1.- Giriş

Metal yapıştırma bağlantısı, iki metalik parçanın, yapıştırma görevini yapan ve genellikle sentetik esaslı bir yapıştırıcı yardımıyla çözülemeyecek şekilde birleştirilmesiyle sağlanır. Yapıştırıcı, kimyasal reaksiyonlar sonucu markomoleküllerin oluşumu ile sertleşir ve gerek kendi iç mukavemeti gerekse parça yüzeylerine yapışması sonucu (adhezyon ve kohezyon kuvvetleri) dış kuvvetlerin karşılanmasını sağlar.

Kağıt, odun, deri, kösele, lastik ve seramik gibi malzemeler çok eski zamanlardan beri yapıştırma yoluyla birleştirilmektedir. Metal yapıştırma ise, İkinci Dünya Savaşı sırasında Amerika Birleşik Devletlerinde uçak yapımında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Alüminyum ve alaşımları gibi bazı metal ve alaşımlarda, diğer birleştirme şekillerinin uygulanmasında çekilen güçlükler ve bazı mukavemet yetersizlikleri yapıştırma bağlantılarının tercih nedeni olmuştur. Örneğin, uçak gövdesinin yapımında perçin ve kaynak yöntemleri yeterli statik mukavemete sahiptirler; ancak dinamik mukavemeti yeterli değildir. Yapıştırma bağlantıları, bağlantı bölgesinde düzgün gerilme sağlayarak, sürekli mukavemeti arttırmakla ve ayrıca kütle ekonomisi de sağlamaktadır.

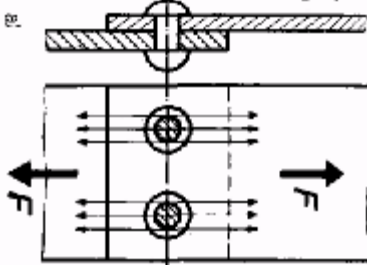
Metal yapıştırma tekniği; özellikle hafif metal konstrüksiyonları, sac levhaların takviyesi, boru, mil ve göbekli bağlantıların sağlanmasında kullanılmaktadır. İyi izolasyon özellikleri dolayısıyla de elektroteknik endüstrisinde kullanılmaları yaygınlaşmıştır. Hassas cihaz tekniği ve optik aletlerin üretimi de metal yapıştırmanın ağırlık kazandığı uygulama alanlarıdır. Farklı malzemeleri örneğin, metal-organik malzeme çiftini uygun bir yapıştırıcı ile en iyi bir şekilde birleştirmek mümkündür. Buna pratik bir örnek olarak fren balatalarının fren pabuçlarına tespiti gösterilebilir.

Ayrıca kaynak, perçin ve civata ile yapıştırma kombine edildiğinde, sızdırmaz ve korozyon tehlikesi olmayan, mukavemet özellikleri iyileştirilmiş bağlantılar elde edilir. Özellikle otomotiv endüstrisinde yapıştırma-nokta kaynağı kombinezonu büyük bir önem taşır.

2.- Yapıştırma bağlantılarının diğer çözülemeyen bağlantılarla karşılaştırılması

2.1.- Perçin bağlantıları

Perçin bağlantılarında gerilme yayılımı düzgün değildir. Perçin delikleri kesiti küçültür; ayrıca çentik etkisi nedeniyle deliklerin kenarlarında kritik gerilme uçları oluşur. Bindirme perçin bağlantılarında kuvvet tam ortadan etkilenmediği için, ilave olarak bir eğilme momenti de ortaya çıkabilir.

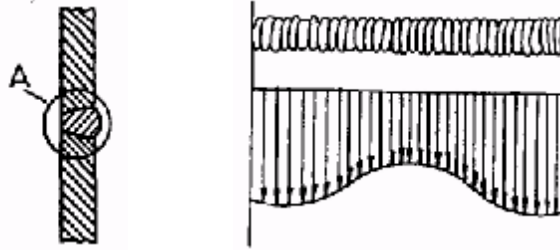


Şekil XVII. 1.- Bir perçin bağlantısındaki gerilme dağılışı.

Bu nedenle konstrüktör ana malzeme mukavemetinde % 15 ilâ 35'lik bir azalma kabulü ile daha ağır bir konstrüksiyon yapmak zorunda kalır. Perçin bağlantılarında sürekli mukavemet değerleri düşüktür. Ayrıca farklı malzemelerin birleştirilmesinde korozyon problemi ve ısıl genleşme farkları ortaya çıkar. Uçak yapımında da perçin başlarının teşkilindeki zorluklar nedeniyle istenilen yüzey kalitesi sağlanamaz.

22.- Kaynak bağlantıları

Kaynak yoluyla parçalara uygun bir yerleştirme ve şekillendirme vererek, malzemeden en iyi bir tarzda istifade edip, iyi bir birleştirme yapmak mümkündür. Ancak kaynak işlemi esnasında, malzemenin ergimesi ve daha sonraki soğuma şartları, malzemenin içyapısındaki değişmeler, iç gerilmelere ve düzgün olmayan gerilme dağılımlarına yol açar. Dolayısıyla de mukavemet değerlerinde bir azalma söz konusu olur. Farklı malzemelerin birbiriyle kaynak edilmesi de birçok sorunlar doğurur.



Şekil XVII.2.- Bir kaynak bağlantısında gerilme dağılışı

A: ITAB, Burada kristal yapı değişmiştir.

2.3.- Lehim bağlantıları

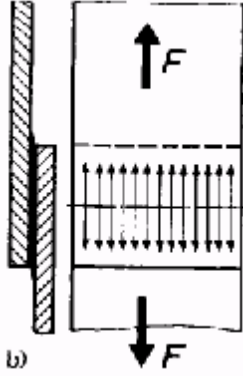
Lehimleme ile farklı malzemeleri birleştirmek mümkündür. Ayrıca kaynak işlemindeki kadar büyük termik zorlamalara rastlanmaz. Lehimleme sıcaklığı birleştirilen malzemenin ergime derecesinden daha düşüktür. Bununla birlikte sert lehimlemede de iç yapı değişmeleri ortaya çıkabilir. Lehimlemede dekapan kullanıldığı için yüzeyler iyi temizlenmezse korozyon tehlikesi doğar. Hafif metallerin lehimlenmesi de oldukça problemlidir.

2.4.- Yapıştırma bağlantıları

Metal yapıştırma bağlantılarında diğer bağlantılar için anılan sakıncaların birçoğu görülmez. Ancak yapıştırma bağlantıları, diğer bağlantıların yerini alan bir bağlantı değil, onları tamamlayan ve onların

uygulandığı hallerde etkili olan bir yöntemdir.

Yapıştırma bağlantılarda, büyük bir termik ve mekanik zorlama olmadan bağlantının yapılabilmesi, diğer yöntemlere nazaran önemli bir avantajdır. Böylece birleştirilecek parçaların özellikleri değişmez. Sıcak perçinleme ve kaynak bağlantılarında olduğu gibi; iç gerilmeler yoktur. Şekil XVII.3'de görüldüğü üzere, yük yönündeki gerilme dağılımı ile yüke dik yöndeki gerilme dağılımı farklıdır.



Şekil XVII. 3.- Bir yapıştırma bağlantısında gerilme dağılımı.

Sacların deformasyonu ve Kuvvetin doğurduğu momentten ötürü, uç kısımlarda gerilmeler daha büyüktür ve dolayısıyla da kritiktir. Bu da, sacların kenar kısımlarda inceltilmesiyle dengelenebilir.

Yapıştırıcının mukavemetinin düşük olması, büyük yapıştırma yüzeyi gerektirir. Bu yüzeyin büyüklüğü perçin bağlantılarında ki yüzeylere yakındır. Yapıştırma bağlantılarının yük taşıma kabiliyeti; sac kalınlıkları ile sınırlıdır. Yapıştırma yöntemi kimyasal etkilere karşı hassas olduğundan her türlü işletme şartında uygulanamaz. Kuvvet taşıma bakımından kesinlikle diğer yöntemlerle mukayese edilemez. Ayrıca yapıştırma için kullanılan özel cihazlar ve ısı donanımları maliyeti önemli derecede etkilemektedir.

3.- Metal yapıştırmanın kullanma sınırları

Diğer bağlantı yöntemlerini tamamlayıcı ve özelliklerini iyileştirici olmak üzere metal yapıştırma bağlantıları aşağıdaki amaçlar için kullanılır ve bilhassa ince sac konstrüksiyonlar için uygundur.

- Sızdırmaz bir birleştirme sağlamak,
- Maksada uygun olmayan diğer bağlantıların yerini almak,
- Tamamen yeni konstrüksiyonlar yapabilmek.

Yapıştırma farklı malzemelerin, özellikle metal ve metal olmayan malzemelerin birleştirilmesinde geniş ölçüde kullanılmaktadır.

Termik ve mekanik zorlamalara karşı hassas olan malzemeler (ıslah edilmiş ve sertleştirilmiş çelikler ve hafif metaller gibi) yapıştırma yolu ile iyi bir şekilde birleştirilebilirler.

Yapıştırma işlemi; seri imalat için daha uygundur. Seri imalatta büyük avantajlar sağlanmaktadır.

4.- Yapıştırmanın esasları

Yapıştırma olayına etki eden faktörler, bugün dahi tüm ayrıntılarıyla açıklık kazanmamıştır. Buna

rağmen, bu konuda oldukça sağlıklı yaklaşımlar mevcuttur.

4.1.- Adhezyona yol açan kuvvetler

Yapılan mukavemet deneyleri sonunda, yapıştırma bağlantısının kopmasında, ayrılmanın yapıştırıcının içinde olduğu, metal yapıştırmasının yüzeyinde açık bir kırılmanın olmadığı görülmüştür. Böylece adhezyon olayının daha ağırlık kazandığı söylenebilir. Adhezyon olayı mekanik adhezyon ve spesifik adhezyon olmak üzere iki aşamada yorumlanabilir.

Mekanik adhezyon, katı yapıştırıcı tabakanın, katı metal yüzeylerinin derinliklerine ve gözeneklerine nüfuz ederek mekanik bir tutunma sağlanmasına denir. Bu tür bağlantı, gözenekli maddelerin birleştirilmesinde söz konusudur.

Yapıştırıcı-metal bağının yapıştırıcı-yapıştırıcı iç bağından daha kuvvetli olabilmesi spesifik adhezyon kavramı ile açıklanabilir. Burada fiziksel kuvvetler (moleküller) kısmende kimyasal yüzey bağları (kemisorpsiyon) rol oynamaktadır. Kemisorpsiyon, katıların temasta oldukları sıvı veya gaz moleküllerini kendilerine doğru çekerek yüzey enerjilerini kimyasal yolda azaltmalarınıdır. Ancak kemisorpsiyonun yapıştırma bağlantılarındaki rolü üzerinde araştırmacılar henüz birlik sağlayamamışlardır. Dolayısıyla yapıştırma olayı daha ziyade moleküler kuvvetle açıklanmaktadır.

İyi bir yapıştırma bağlantısının çekme-makaslama deneyinde kohezyonlu kopmaya uğraması istenir; yani yapıştırıcı kendi içerisinden kopmalıdır. Böylece daha iyi mukavemet değerleri, daha üstün özellikli yapıştırıcılarla sağlanabilir.

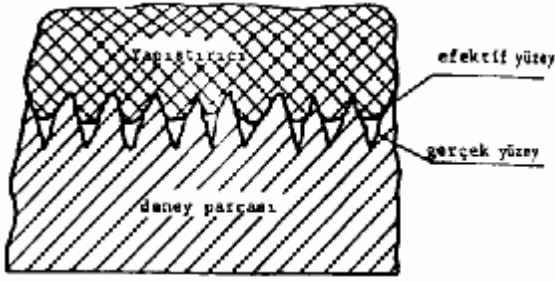
Yapıştırıcı, çekme-makaslama deneyinde iş parçasından ayrılırsa adhezyonlu kopma söz konusudur. Bu halde yanlış veya yetersiz bir yüzey işlemi, yetersiz yapıştırma yüzeyi; düzgün olmayan zorlama etkileri hatıra gelir ve yapıştırma değerleri istenilen düzeyin altında kalır.

4 2.- Yüzey pürüzlülüğünün etkisi

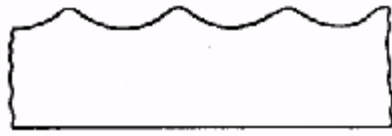
Yüzey pürüzlerinin form ve büyüklüğü, yapıştırma açısından önemlidir. Katı bir malzemede üç tür yüzey mevcuttur,

- a-) Geometrik yüzey : En ile boyun çarpımıdır,
- b-) Gerçek yüzey : Yüzey pürüzlülüğü ile sınırlıdır,
- c-) Etkin yüzey : Yapıştırıcı ile örtülmüş yüzey.

Yüzey pürüzlendirme yolu ile etkin yüzey büyütülebilir. Ancak çok büyük bir pürüz derinliği; viskoz yapıştırıcının tüm boşlukları doldurmasını önler (Şekil XVII. 4). İyi bir yüzey işlemi sonunda şekil XVII.5'deki gibi bir yüzey pürüzlülüğü sağlanır. Şekil XVII.4'de etkin yüzey, gerçek yüzeyden küçüktür. Şekil XVII.5'de ise, yumuşak meyilli; az girintili çıkıntılı bir yüz söz konusudur ve etkin yüzey, gerçek yüzeye eşittir.

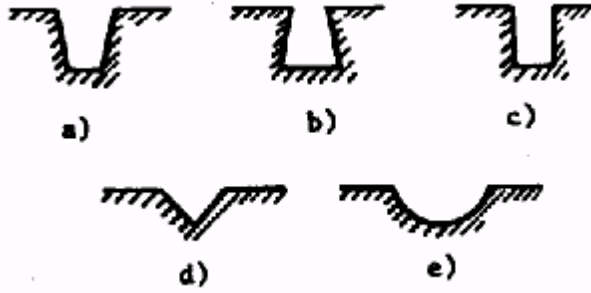


Şekil XVII.4.- Çok derin pürüzlü yüzeyde, yapıştırıcının yüzeyin derinliklerine nüfuz edememesi.



Şekil XVII.5.- Dağlama işlemi ile iyileştirilmiş bir yüzey (alüminyum ve alaşımları için)

Yapıştırma bağlantısının kalitesi açısından 3 ilâ 10 mikron pürüz derinlikleri önerilmektedir. Yapıştırıcının tüm boşlukları kaplaması ve tutunması açısından pürüz formu da önem taşır (şekil XVII.6). En çok karşılaşılan ve yapışma açısından en uygun pürüz formu prizmatik pürüzdür. Yüzeyi kirlere ve pisliklere arındırma ve uygun şekilde pürüzlendirme, iyi bir yapışma mukavemeti için gereklidir. Bunun içinde birleştirilecek parçalara yüzey ön işlemi uygulanır.



Şekil XVII.6.- Yüzey pürüz formları
a)ve b)konik, c) silindirik, d)prizmatik, e) küresel

4.3.- Yapıştırıma etki eden diğer faktörler

Yapıştırıma etki eden diğer faktörleri şöyle sıralayabiliriz:

- a-) Adsorbe tabakalar
- b-) Yapıştırıcının polaritesi

- c) Yapıştırıcıdaki bağlayıcı elemanın büzülmesi
- d) Yapıştırıcının bağlayıcı elemanın plastik davranışları
- e) Sertleşen yapıştırıcı tabakasının davranışları

5.- Yapıştırıcı çeşitleri ve özellikleri

Yapıştırıcıların esasını genel olarak suni reçineler oluşturur. Bunların içerisinde en fazla kullanılanlar fenol, epoksit ve akril reçineleridir. Bunlar ticarete özel isimlerle tanınmaktadır. Tablo XVII.1'de bazı önemli yapıştırıcılar ve Tablo XVII.2'de de bunların özellikleri verilmiştir.

Tablo XVII. 1.- Bazı önemli yapıştırıcılar

Kimyasal yapı	Ticari ad	Genel özellikler ve kullanıldığı yer
Epoksit reçinesi	Epilox-Araldit Epoxy	İki bileşenli, uzun sertleşme süresi, Madenlerin duroplastların, keramiklerin yapıştırılması için
Poliester reçinesi	Akemi Mökodur Vestopal	İki bileşenli, uzun sertleşme süresi, Madenlerin duroplastların, keramiklerin yapıştırılması için
Fenol reçinesi	Redux	Bir veya iki bileşenli, tatbiki zor, Madenlerin yapıştırılması için
Akril reçinesi	Agomet	Çabuk sertleşir, kullanılması kolay, Madenlerin ve plastiklerin yapıştırılması için
Polisosiyanat	Desmadur - Desmocoll	İki bileşenli, Madenlerin ve plastiklerin yapıştırılması için
Siyonokrilat-Monomer	Eastman 910 Tiox KI	Tek bileşenli, çok çabuk sertleşir. Madenlerin, plastiklerin ve elastomerlerin yapıştırılması için
Epoksit-Thiokol	Polisulfid -Likit-polimer	İki bileşenli. Çeşitli malzemelerin yapıştırılması ve sızdırmazlık için
Epoksit-Pollamid	Versamid Leifa-Met	İki bileşenli. Madenlerin ve plastiklerin yapıştırılması için
Keramik kağımları	Ceramic UJ1067	Yüksek uygulama sıcaklığı Madenlerin yapıştırılması için.

Tablo XVII. 2.- Bazı yapıştırıcıların yapısal ve mukavemet özellikleri.

Yapıştırıcının adı	Yapıştırma ortamı (Yapıştırıcı/Sertleştirici)	Sıcaklık °C	Zaman saat	Yapıştırıcı Kg/cm^2	Mukavemet mukavemeti Kg/cm^2	Kalınlık mukavemeti Kg/cm^2	Füzyon sıcaklığı °C
Epilox EK 10	Tek bileşenli	180	2	1...3	260	3	100
Epilox EK 26	100 : 10	180	2	1...3	240	4	100
Epilox EK 19	100 : 9	20	24	0...1	180	0,5	80
Epilox EK 11	100 : 1	20	24	0...1	180	0,5	70
Möndör L 5002	1 : 1	20	48	0...1	180	0,5	60
Plastophenal	Tek bileşenli	135 165	0,7 0,5	10 20	100	5	80
Hartquemi, beyaz (Sert kauçuk emali)	Tek bileşenli	180	1	0,1 7	130	2,5	100

Yapıştırıcılar pasta, toz, sıvı veya katı halde bulunur. Yapıştırıcılar genellikle iki bileşenden oluşur. Bunlardan biri esas yapışmayı sağlayan bağlayıcı eleman (reçine) diğeri ise sertleştiricidir. Yapışma, normal oda sıcaklığında veya yüksek sıcaklıklarda olabilir. Reçinenin sertleşmesi sırasında parçaların birbirine bastırılması da gereklidir. Bu özelliklere göre yapıştırıcıları şöyle gruplandırmak mümkündür:

a-) Oda sıcaklığında sertleşen yapıştırıcılar (soğuk yapıştırıcılar)

b-) Oda sıcaklığında veya yüksek sıcaklıklarda bir basınç etkisi gerektirmeden sertleşen yapıştırıcılar. Bu iki gruba giren yapıştırıcılar genellikle iki bileşenli olup, yapıştırma işleminden hemen önce karıştırılır.

c-) 200 °C'nin üstünde sertleşen yapıştırıcılar (sıcak yapıştırıcılar olup, bastırma kuvveti gereklidir.

Bu gruplardan bir yapıştırıcı seçimi için, kullanma amacı ve yerinin göz önünde bulundurulması gerekir. Örneğin, yapıştırılacak parçaların malzemesi, şekli ve boyutları, zorlama türü (dinamik, statik) gerilme cinsi (kesme, basma, çekme, sıyırma), kullanma sıcaklığı ve kimyasal etkilere maruz kalıp kalmadığı ... gibi. Bazı hallerde, özellikle yapıştırma bağlantısının diğeri bir bağlantı türüyle kombine edilmesi durumunda, özel yapıştırıcıların geliştirilmesi gerekir.

6.- Yapıştırma bağlantılarının mukavemetine etki eden faktörler

6.1.- Yüzey ön işleminin etkisi

Adhezyonun, yani metal ile yapıştırıcı arasındaki moleküler kuvvetlerin etkili olabilmesi için yüzeyin temiz, kir, yağ, oksit tabakası gibi yabancı maddelerden arınmış olması gerekir. Bu tabakalar uygun bir yöntemle temizlenmelidir. Buna rağmen çok kere tamamen temiz bir yüzey elde etmek pratik olarak imkânsızdır.

Yüzey ön işlemi, efektif malzeme yüzeyinin büyütülmesini de hedef alır. Dolayısıyla her yüzey ön işlemi, pürüzlendirme, işlevini de içerir. Uygun bir pürüzlendirme, her zaman yapıştırma mukavemetini yükselten bir etki yapar.

6.2.- İş parçalarının mukavemete etkisi

İş parçalarının yani yapıştırılacak malzemenin mukavemeti de, yapıştırma bağlantısının mukavemetini etkileyen bir husustur. Bir malzemenin (metalin) mukavemeti yükseldikçe, genlemesi azalır. Zorlamaya maruz ve büyük genlemeye sahip malzemelerde, iş parçasının deformasyonu, tutunma mukavemetini aşan gerilmelere ve dolayısıyla daha küçük genlemeye sahip malzemeler *nazaran* daha çabuk bir ayrılmaya yol açar. Genel olarak yapıştırıcı mukavemeti ile iş parçası mukavemetinin birbirine çok yakın olması en uygun çözümdür.

6.3.- Yapıştırıcının etkileri

Yapıştırıcının sertleşmesi sırasında büzölmeler oluşur. Eğer bu büzölmeler çok büyükse, dış yüklerin karşılanmasını önleyecek oranda iç gerilmelere yol açabilir. Bu açıdan düşük büzölme gösteren yapıştırıcılar metal yapıştırma için tercih edilirler. Epoksit buna bir örnektir.

Bunun yanında yapıştırıcı tipinin yani sertleştirici, ivmelendirici ve katalizatörlerin yapışma mukavemetine etkisi çok büyüktür. Sıcak sertleşen yapıştırıcılar, aynı bazla soğuk sertleşen yapıştırıcılara nazaran daha iyi mukavemet değerleri gösterir. Ayrıca yapıştırıcı bileşenlerinin oranı da önemlidir.

6.4. - Sertleşme şartlarının etkileri

Sertleşme işleminde sıcaklık, zaman ve bazı hallerde de basınç etkilidir. Sertleşme şartları genellikle yapıştırıcı imalatçısı tarafından verilir. Bunlara uyulmaması halinde yapıştırıcının, dolayısıyla yapıştırma bağlantısının özellikleri kötüleşir. En düşük sertleşme sıcaklığı seçilirse, sertleşme süresinin uzun tutulması gerekir. Buna karşın yüksek sertleşme sıcaklıkları, çok kısa sertleşme sürelerine yol açar.

6.5.- Bağlantı formunun etkisi

Bağlantı formu da tüm mukavemete önemli ölçüde etki eder. Sıyrılma, kesme, çekme türü zorlamalarda en iyi mukavemet değerlerini vermesine mukabil, pratikte hazırlama ve uygulama kolaylıkları açısından basit bindirmeli bağlantılar, en uygun bağlantı formunu oluşturur.

6.6.- Bindirme uzunluğunun mukavemete etkisi

Bir yapıştırma bağlantısında, artan bindirme uzunluğu ile taşınabilir yük artar. Ancak bu artma lineer değildir.

6.7.- Yapıştırma bağlantısına etki eden zorlama türünün etkisi

Yapıştırma bağlantılarının, dış yüklere karşı gösterdiği mukavemet değerleri, çeşitli zorlama türlerinde yüksek mukavemetten alçak mukavemete doğru olmak üzere sırasıyla şöyle bir durumdadır: Çekme (basma), kesme, eğilme, darbeli zorlama, sıyrılma.

6.8.- Diğer faktörler

İşletme sıcaklığı, yapıştırıcının kuluçka süresi (bileşenlerin karıştırılmasından sertleşmenin başlangıcına kadar geçen süre), sertleşme süresi, hava sıcaklığı ve nemi, yapıştırıcının iyi saklanması ve depolama şartları yapıştırma mukavemetini etkileyen faktörleri oluşturur.

Bağıl hava neminin % 65 dolayında ve hava (ortam) sıcaklığının da 20 °C civarında olması, yapıştırma bağlantısının mukavemeti açısından en uygun ortam şartlarıdır. Oda sıcaklığında sertleşen

yapıştırıcılar için hava sıcaklığı bilhassa önemlidir. Çok düşük sıcaklıklar sertleşmeyi güçlendirir. Yüksek sıcaklıklar ise kuluçka süresini çok azaltır. Çok yüksek orandaki nemli hava, yapıştırma bileşenlerine olumsuz etki eder.

Yapıştırıcının uygun şartlarda saklanması ve uygun depolama süresi içerisinde kullanılması gerekir.

7. Metal yapıştırmanın teknolojisi

Bu kısımda metal yapıştırma teknolojisinin pratikteki uygulamasına temas edilecektir.

7.1.- İş parçalarının hazırlanması

Yapıştırma tabakasının yük taşıma kabiliyeti, yapıştırıcı tabaka kalınlığının 0,1 ilâ 0.2 mm arasında olması halinde en yüksek değere erişmektedir. Homojen olarak dağılmış ince bir yapıştırıcı tabakası elde edebilmek için, yapıştırılacak parçaların birbirine tam uyması ve düz olmaları gerekir. Büyük boyutlu parçalarda çok defa bir düzeltme işlemine ihtiyaç vardır. Bu tür parçalardaki iç gerilmeler, yapıştırma işlemi için uygun değildir. İç gerilmeler sonucu yapıştırıcı tabaka hemen veya bir dış kuvvet etkisi ile dahi çözülür. Bunun için yapıştırılacak parçaların düzgün, yapıştırma yüzeyinin birbirine uygun ve iç gerilmelerden arınmış olması istenir. Birbirine geçen parçalardan örneğin boru ve geçme bağlantılarda 0,1 ilâ 0,3 mm mertebesinde bir boşluk bırakılmalı ve gerekli hallerde bir fatura takılmalıdır.

7.2.- Yüzey ön işlemleri

İyi bir yapışma mukavemeti için, en önemli unsurlardan birinin, yüzeyi kir, yağ ve oksit gibi pisliklerden arındırmak ve uygun bir pürüzlendirme sağlamak olduğuna daha önce temas edilmiş idi. Bunun için de mekanik, kimyasal veya kısmen mekanik kısmen de kimyasal yüzey ön işlemi uygulamak gerekir. Yapıştırma yüzeylerinin yağsızlaştırılması birçok hallerde yeterlidir. Ancak yüzeyde oksit tabakası varsa, bunun da temizlenmesi şarttır. Ayrıca yüzey galvanize edilmiş veya kadmiyum kaplanmış boyanmış veya haklanmışsa bu tabakaların da temizlenmesi gerekir.

Yüzey ön işlemi sırasıyla şu aşamalardan oluşur:

- a-) Yağın giderilmesi
- b-) Yüzeyin pürüzlendirilmesi (Aktivasyon)
- c-) Yüzeyin yıkanması
- d-) Yüzeyin kurutulması

Yağ giderici olarak en çok aseton, benzin, benzol, mazot, trikloretilen, perkloretilen, alkali temizleyicilerin sudaki eriyikleri kullanılır. Yağ ve diğer pisliklerin alınması için, yüzeyler önce kaba olarak temizlenmeli ve daha sonra ayrı bir kaptaki ikinci bir defa yıkanmalıdır.

Yüzeylerin pürüzlendirilmesi zımparalama veya kum püskürtme yoluyla yapılabilir. O veya 20 veya biraz daha ince zımpara kağıdı kullanılmak ve yüzey, zımpara izleri çeşitli yönlerde olacak şekilde hazırlanmalıdır. Tekrar kirlenmesine meydan vermemek için pürüzlendirilen yüzeyler hemen yapıştırılmalıdır.

Yüzeylerin yağsızlaştırılmasından sonra parçalar genellikle soğuk su ile iyice çalkalanarak yıkanır

ve artıklar giderilir; daha sonra çeşitli kimyasal maddelerle ikinci bir işleme tabi tutulur. Böylece yüzeylerde herhangi bir temizleyici madde artığı da kalmamış olur. Bu şekilde hazırlanan yüzeyler temiz bir yerde genellikle sıcak hava ile kurutulur. Bundan sonra da yapıştırma işlemine geçilir. Temizlenen ve kurutulan parçalar uzun süre özellikle rutubetli yerlerde bırakılmamalıdır. Aksi takdirde oluşan oksitler, bağlantı mukavemetine büyük ölçüde olumsuz etki yapar.

7.3.- Yapıştırıcıların hazırlanması ve uygulanması

Yapıştırıcılar hazırlama sıcaklıklarına göre soğuk yapıştırıcılar (soğuk uygulama, soğukta veya sıcakta sertleşebilir) ve sıcak yapıştırıcılar (sıcak uygulama, soğukta veya sıcakta sertleşebilir) olmak üzere iki gruba ayrılır. Pratikte, soğuk yapıştırıcılarda sonradan 100 °C'ye kadar sertleşme sıcaklığı uygulaması tavsiye edilir. Sıcak yapıştırıcıların sertleşmesi yüksek sıcaklıklarda meydana gelir. Bu sıcaklık bazı hallerde 200 °C'nin üzerine çıkabilir. Soğuk yapıştırıcılar sıvı veya pasta formundadır; sıcak yapıştırıcılar ise, kısmen folyo, toz gibi katı formda bulunurlar.

Yapıştırıcılar genellikle birçok bileşenlerden oluşur. Birçok hallerde depolama süresi gözönüne alınarak bu bileşenleri karıştırma işlemi bizzat yapıştırmayı uygulayan kimse tarafından yapılır. Bu husus özellikle soğuk yapıştırıcılarda önemlidir. Çünkü bunlarda kuluçka süresi oldukça kısadır ve karıştırma işlemi yapıştırıcının uygulanmasından hemen önce yapılmalıdır. Sıcak yapıştırıcıların bazılarında ise, aylarca sürebilen kuluçka sürelerine rastlanır.

7.4.- Parçaların bağlanması

Yapıştırıcının uygulanmasından sonra sıra yapıştırılan parçaların sıkıştırılmasına gelir. Burada uygulanan basınç oldukça düşüktür ve düzgün kalınlıkta bir yapıştırma tabakası amaçlanır. Ayrıca yapıştırma basıncının yayılı bir yük halinde uygulanması gerekir.

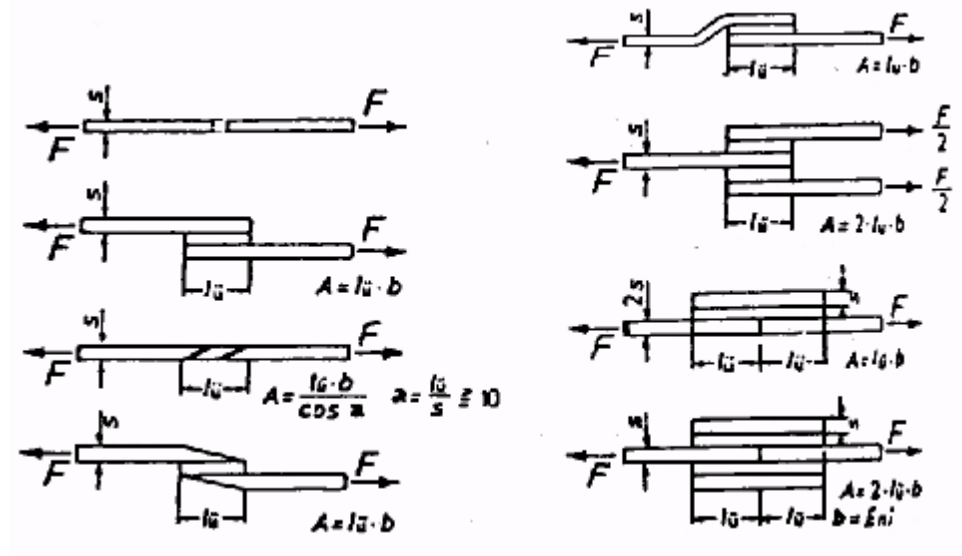
8.- Metal yapıştırma konstrüksiyonlarda dikkat edilecek hususlar

Metal yapıştırma bağlantılarında dikkat edilecek konstrüktif esasları şöyle sıralayabiliriz:

- a-) Yapıştırma bağlantıları daima büyük uygulama yüzeyi gerektirir.
- b-) Yapıştırma bağlantıları, esas metalin akma sınırı gözönünde bulundurularak hesaplanmalıdır.
- c-) Yapıştırma bağlantıları mümkün olduğu kadar kayma (kesme) gerilmelerine maruz kalacak tarzda şekillendirilmelidir. Çekme zorlamaları bu bağlantı türü için uygun değildir. Eğilme ve özellikle sıyrılma zorlamalarından kaçınılmalıdır.
- d-) Yapıştırma bağlantılarının dinamik mukavemeti özel bağlantı formları ile veya kombine bağlantılarda kullanılarak önemli ölçüde yükseltilmelidir.
- e-) Yapıştırılan parçalar yüksek bir rijiditeye sahip olmalıdır.
- f-) Yapıştırma bağlantıları farklı metallerin birleştirilmesinde özellikle metal ile metal olmayan malzeme birleştirmelerinde çok uygundur.
- g-) Yapıştırıcı kalınlığı yaklaşık olarak 0,1 mm olmalıdır. Yapıştırıcıya dolgu maddesi ilâvesi yapıştırıcı özelliklerini değiştirir.

h-) Yapıştırma bağlantıları sızdırmazlık ve izolasyon özelliklerine sahiptir.

i-) Yerinde kullanılan yapıştırma konstrüksiyonları maliyetten önemli ölçüde ekonomi sağlar.



Şekil XVII. 7.- Çeşitli yapıştırma bağlantıları

9,-Literatür

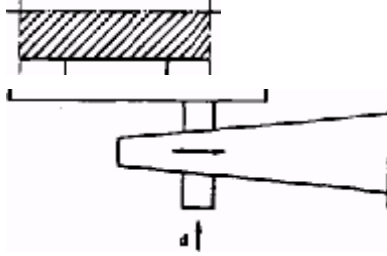
- (1)-Dietz,A.G.H.
"Engineering Laminates" Wiley, New York, 1949
- (2) - Schirman, A.
"Das Einmaleins der Klebetechnik" Polygraph-Verlag, Frankfurt/Main, 1956
- (3) - De Bruyne. N.A.
"The physics of adhesion"
Materiaelenkennis 7(1947), Journal of Scientific
Instrument24 (Feb. 1947), H.2, S.29/35
- (4) - De Bruyne, NA and R. Hauvvnik "Adhesion and Adhesives" Elsevier-PubLAmsterdam, 1951
- (5) - ANIK.S. - Dorn, L-Oğur, A.
"Uçam endüstrisinde yapıştırma tekniği ve gelişmesi" Segem, Sayı 10, Kasım 1987, S.24/30
- (6) - ANIK, S. "Yapıştırma ve nokta kaynağının kombinasyonu" Mühendis ve Makina, Sayı
316, Mayıs 1986, S.24/30
- (7) - Daniels, J.
"Design Implication of adhesive bonding in carbodiy construction" Int. J. Adhesion and Adhesives,
Vol.4, January 1984, S.5/12
- (8) - ANIK, S. - Öğür, A.-Dikicioğlu, A.
"Metal yapıştırma ve kombine bağlantılar"
Erciyes Üniversitesi II. Ulusal Üniversite Sanayi İşbirliği Sempozyumu, 23-25 Haziran 1988
- (9) - ANIK, S. - Dorn L.
"Trageverhalten kombinierter Verbindung durch Puncktschvveissen und Kleben an hochfesten
Staehlen unter statischer und dynamischer Belastung" Technische Universität Berlin und Technische
Universität Istanbul 1986
- (10) - ANIK, S. - Çapan, L-Oğur, A.
"Yapıştırılan ve nokta kaynağı yapılan kombine bağlantıların çekme-makaslama zorlaması altındaki
davranışları"
Uludağ Üniversitesi Balıkesir Mühendislik Fakültesi I. Balıkesir Mühendislik Sempozyumu, 26-27
Nisan 1988, S.1/13
- (11) - ANIK, S. -ÇAPAN, L-OĞUR, A.
"Yapıştırılan ve nokta kaynağı yapılan kombine bağlantıların çeşitli ortamlardaki statik davranışları"
Uludağ Üniversitesi Balıkesir Mühendislik Fakültesi I. Balıkesir Mühendislik Sempozyumu, 26-27
Nisan 1988, S. 314/331
- (12) - ANIK, S. - ÇAPAN, L- ÖĞÜR, A.
"Yapıştırılan ve nokta kaynağı yapılan kombine bağlantıların dinamik yük altındaki davranışları" 3.
Ulusal Makina ve İmalât Kongresi, O.D.T.Ü. Ankara, 21-23 Eylül 1988, S. 127/136

XVIII. BÖLÜM

DİĞER KAYNAK YÖNTEMLERİ

1.- Ultrasonik kaynak

Ultrasonik kaynakta birleştirilecek parçalar, hareketli ultrasonik frekansla titreşen sonotrot ile sabit duran bir altlık arasına konur ve az bir kuvvetle bastırılır, (şekil XVIII.1). Sonotrot tarafından oluşturulan ultrasonik titreşimler, yüzeye paralel olarak üstteki parçaya iletilir ve temas yüzeylerinde yani alt ve üst kaynak yerinde izafi bir harekete neden olur. Ultrasonik dikiş kaynağında bindirilen saclar dönen tekerlek şeklindeki sonotrotlar tarafından senkronize çalıştıran altlık makaralarına bastırılır. Tekerlek şeklindeki sonotrotların levha titreşimleri üstteki iş parçasına iletilir.



Şekil XVIII. 1.- Ultrasonik kaynağın şematik olarak gösterilişi.

Kaynak yapılan metallerde yeterli bastırma kuvveti ve titreşimi amplitütü sağladığında, iş parçasının her iki değme (temas) yüzeyindeki (kaynak yerindeki) pürüzlülüklerin tepelerinde titreşimler akmaya başlar. Aynı zamanda yüzeyde bulunan yüzey tabakası (oksitler, pislikler, gazlar) kesme zorlamasıyla yırtılarak kenarlara doğru kayar. Böylece oluşan sürtünme ısı, malzemenin kaynak bölgesinde bir kuvazı-sıvı durumu hasil ederek, yeterli derecedeki yaklaştırma sayesinde kaynak yapılan her iki bölgede atomsal mertebede birleştirme kuvvetleri etkili olur. Şekil değiştirme ve sıcaklık yükselmesiyle de rekristalizasyon başlar. Böylece yeni oluşan kristaller birinden (bir parçadan) diğerine geçer. Şimdiye kadar bir erime işlemi gözlenmemiştir. Zira oluşan sıcaklık (eğer mikroskopla görülen bölgelerdeki uçlarda oluşan sıcaklıklar nazarı dikkate alınmazsa) erime sıcaklığının 1/3'ü kadar daha aşağısındadır.

Ultrasonik kaynak, bir pres (basınç) kaynağı yöntemidir. Kısmen veya tamamen mekanik hale sokulabilir. Kaynak işleminden sonra dikişlerin tekrar işlenmesine gerek yoktur.

Ultrasonik kaynak makinaları 2500 W gücüne kadar ve 20 KHz çalışma frekansında imal edilebilir. Mikrokaynak tekniğinde kullanılanları 100 ilâ 600 W'dır. Makinalar, yüksek frekans jeneratörü, kaynak makinası ve uzaktan kumanda tertibatlarından oluşur.

Ultrasonik kaynak yöntemi; alüminyum ve alaşımları, bakır ve alaşımları, plastik malzemeler, cam ve beton gibi malzemenin kaynağında kullanılmaktadır. Ayrıca farklı malzemelerin birleştirilmesinde başarı ile tatbik edilebilmektedir. Örneğin alüminyum ile seramik veya camın kaynağı gibi. Alt tabakanın yani alttaki

parçanın kalınlığının bir sınırı yoktur. Üstteki parçada ise, sonotrotlar tarafından oluşturulan titreşimlerin, üst parçaya girişleri sırasında sönümlenmelerine dikkat edilmesi gerekir. 2 kW'lık makinalar ile kaynak edilecek maksimum üst parça kalınlığı alüminyumda yaklaşık 2 mm nokta kaynağı için ve 1 mm de dikiş kaynağı içindir. Diğer taraftan çok ince teller ve foliler, örneğin 0,005 mm kalınlığında birbirleri ile veya daha kalın parçalar ile kaynak edilebilir.

Çok gevrek metallerde, iş parçasının içerisinde kendiliğinden yayılan titreşimlerin, kaynak bölgesine zarar vermesi tehlike oluşturur. Bu olay uygun sönümlenme veya iki parça arasına konan alüminyum folilerle bir miktar önenebilir. Dikiş kaynaklarında, alüminyumda sızdırmaz dikişler sağlanabilir.

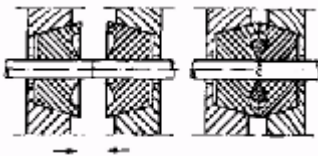
2.- Soğuk basınç kaynağı

Soğuk basınç kaynağı oda sıcaklığında veya hafif sıcaklık uygulayarak basınç altında katı halde parçaları birbirine birleştirmektir. Parçaların en düşük rekristalizasyon sıcaklığı, en yüksek sınır sıcaklık olarak alınır.

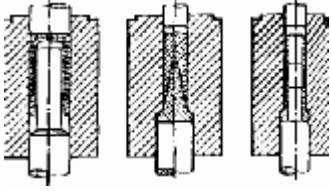
Metallerin yüzeyi çevre koşullarında daima yağ, oksit, sülfür veya gaz gibi bir tabaka ile kaplandığından, bu tabakanın kaynak işleminden önce temizlenmesi gerekir ve kaynak sırasında uygulanan basınçla şekil değiştirmelidir. Böylece şu sonuçlar sağlanır:

- Ekseriya gevrek örtü tabakası yırtılır.
- İç temas ile kontakt noktalarında serbest kalan bölgelere çevre atmosferinin gaz atomları toplanmaz.
- Serbest kalan yüzeyler birbirine değdiğinde, atomlar arası bağlantı kuvvetleri etkili olur ve bir bağlantı oluşur.
- Kaynak için gerekli temas yüzeyleri formu çeşitli şekillerde oluşturulabilir. Bunun için çeşitli yöntemler vardır:

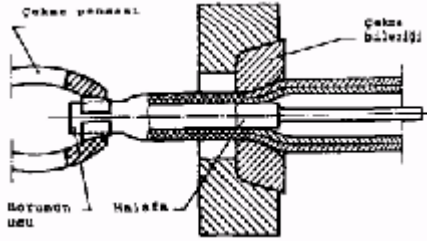
- a- Bindirme soğuk basınç kaynağı (bir veya çok kereli yığma)
- b- Soğuk basınç alın kaynağı, şekil XVIII.2.
- c-Soğuk haddeleme ile kaplama
- d- Akma preslerinde soğuk basınç kaynağı (Akma presi kaynağı) şekil XVIII.3.
- e- Çekme işlemi ile soğuk basınç kaynağı, şekil XVIII.4.
- f-



Şekil XVIII.2.- Soğuk basınç alın kaynağı



Şekil XVIII. 3. - Akma presinde soğuk basınç kaynağı.



Şekil XVIII.4.- Çekme işlemi ile soğuk basınç kaynağı

Bindirme kaynağında mekanik veya pnömatik olarak çalıştırılan penseler kullanılır. Nokta kaynağı tek veya çift taraflı etki eden baskı istampaları ile sağlanır. Küçük kesitli alın kaynağı için elle kullanılabilen özel aletler vardır. Büyük kesitlerde soğuk basınç kaynağı makinaları elverişlidir ve çok vuruşlu makinalar tercih edilir. Temas yüzeylerinin kaynak için yeni bir kesitle hazırlanması için bazı makinalar kesme takımları ile teçhiz edilmiştir. Makinalar uygun bağlama elemanlarına sahip olduğu takdirde, yuvarlak teller ve ince şeritler, diğer kesitlere kaynak edilebilir.

Soğuk basınç kaynağı temelde yeterli form verilebilen ve yüzey tabakasının sınırlandırılmış kaynak bölgesi yırtılabilen bütün malzemelere uygulanabilir. En uygun malzemeler aşınmaya uygun olanlardır. Demir dışı metallerde istenen soğuk basınç kaynağı birleştirmeleri sağlanmıştır. Örneğin alüminyum iletkenlerin bakır kontaklara birleştirilmesi veya gümüş kontaktların bakırla kaynağı gibi soğuk basınç kaynağının esas tercih nedeni farklı malzemelerin birleştirilmesidir. Burada erime noktaları ve alaşım nispetleri rol oynamaz. Ötektik, taneler arası fazlar ve diğer ara tabakalar temas yüzeylerinde oluşmaz.

3.- Patlamalı kaynak

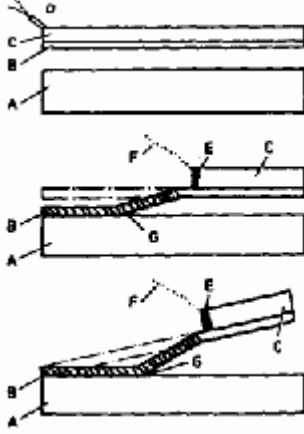
Prensip bakımından soğuk basınç kaynağına benzer. Her iki yöntemde de dikey bir basınç kuvveti, teğetsel bir yükleme ile kombine şekilde etki eder. Bu yüzeydeki oksit tabakasının yırtılmasına ve yüzeyin büyümesine neden olur.

Gerekli yüksek basınç, işlem gören parçalardan patlayıcı madde ile yüklü birinin patlaması ile diğerine karşı 2 ilâ 25 °lik bir açı altında ve 100 ilâ 1000 m/sn hıza kadar hızlandırılması suretiyle ortaya çıkar. Bu sırada çarpma basıncı 10 ilâ 100 K bar'a kadar çıkar. Şekil XVIII.5'de görüldüğü üzere, hızlandırma yolu (mesafesi) için önceden ayarlanmış bir mesafe gereklidir. Çarpma yüzeyinde metalde bir

plastik deformasyon hasil olur ve karşılıklı yığılma ile dalgalı bir birleştirme yüzeyi meydana gelir. Yüzeydeki oksitler (oksit tabakası) birbirine çarpan levhaların arasından jet hızıyla dışarı fırlar.

Patlamalı kaynak yöntemi ile nokta ve çizgisel şekilde birleştirmeler elde edilebileceği gibi, geniş levha yüzeylerinin birbirleriyle birleştirilmesi de sağlanır.

Birleştirilecek yüzeylerin pisliklerden arı olması ve metalik temiz bir yüzeyin elde edilmesi kaynak için çok önemlidir.



Şekil XVIII.5.- Patlamalı kaynağın şematik olarak gösterilişi.

Temizlenen yüzeyler birkaç mm gibi yeterli bir aralık bırakılarak karşı karşıya (üstüste) getirilir. Aralıklar dalgalı metal şeritler veya tellerle sağlanır. Bunlar sonra birlikte kaynak edilir. Birleştirilecek tabakaların üst yüzeyine ince bir koruyucu plastik tabakası ve bunun üzerine de patlayıcı madde yerleştirilir. Patlayıcı tutuşturulunca yüksek basınç ve hızla (1200 ila 7000 m/sn) patlama olur ve üstteki sac alttakine kaynak edilir

Genel olarak % 5'den fazla uzayan (genleşen) metal ve alaşımlar patlama kaynak yöntem ile kaynak edilebilir. Çelik ve Alüminyum, Titan, Tantal, Zirkonyum veya Bakır ve Alüminyum gibi gevrek metallerarası bileşikler oluşturan malzemelerin kombinasyonunda da patlamalı kaynak basan ile uygulanmaktadır. Üstteki patlayıcı ile yüklü hızlandırılan parçanın kalınlığı 0,1 ilâ 30 mm sınırlar arasındadır. Fakat en uygun kalınlık 2 ilâ 10 mm arasında bulunur. Altta hareketsiz parça için bir sınırlandırma yoktur. Şimdiye kadar kaynak yapılan en büyük patlama alanı 32 m² ye çıkmıştır.

4. - Difüzyon kaynağı 4.1. -Giriş

Difüzyon kaynağı, özellikle uzay ve nükleer enerji alanında geniş çapta kullanılan bir kaynak yöntemidir. Prensibi çok eskiden beri bilinmesine rağmen, uygulanması ancak son yirmi beş yıl içerisinde olmuştur.

Difüzyon kaynağı, birbirleri ile temasta olan yüzeyler arasında minimum makroskopik deformasyon ile belirli bir süre ısı ve basınç uygulayarak kontrollü difüzyonla oluşturulan katı hal (faz) kaynağıdır. Bu tanımdan görüleceği üzere, difüzyon kaynağının birinci aşaması, birleştirilecek parçaların

genelde bir vakum ortamında ısıtılması ve basma kuvvetinin uygulanmasıdır, ikinci aşamada ise metal atomlarının bir parçadan diğerine yayınması ve kuvvetli bir bağın oluşmasıdır. Bazı hallerde ince bir metal ara tabaka da kullanılmaktadır.

Difüzyon kaynağında işlemin düşük sıcaklıklarda yapılması, birleştirilecek parçalardaki deformasyonun çok azalması ve çok değişik malzeme çiftlerinin birleştirilebilmesi (yani farklı metal ve alaşımların), donanımlarının basitliği bu yöntemin avantajlarıdır. İşlemin yavaş oluşu, büyük parçalara uygulanmasının zorluğu ve tahribatsız kontrol olanağının da sınırlı oluşu dezavantajlarını teşkil eder.

4.2.- Esası

Soğuk basınç kaynağında olduğu gibi, difüzyon kaynağında da bağ oluşumu için birleştirilecek yüzeylerin birbirine teması şarttır; yani birleştirilecek parçaların yüzeylerindeki mikroskobik çıkıntıların belirli bölgelerde karşılıklı olarak birbirlerine temas etmeleri gerekir; Şekil XVIII.6.a. Uygulanan dış kuvvet ve sıcaklığın etkisiyle önce uç noktalarda akma ve sürünme oluşur. Bu işlem yüzeylerin harekete başladıkları noktada oksit ve kir tabakasının parçalanmasıyla başlar, Şekil XVIII.6.b. Birleştirilecek parçaların yüzeylerinin birbirine tamamen temas etmesi ile sonuçlanır.



Şekil XVIII.6.- Difüzyon kaynağının esası,

- a-) Yüzeylerin yalnız pürüzlü noktalarında temas etmesi,
- b-) Deformasyon ve sınır tabakanın (sınırın) oluşumu,
- c-) Tane sınırlarının hareketi ve boşlukların yok oluşu,
- d-) Hacimsel difüzyon ve boşlukların yok oluşu.

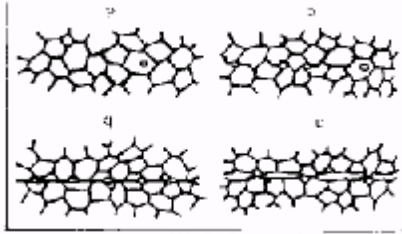
Difüzyon kaynağında ana parametreler zaman, sıcaklık ve basınçtır. Kaynak genellikle, düşük basınç, yüksek sıcaklık ve diğer katı faz kaynak yöntemlerine göre daha uzun sürede yapılır. Yöntemi etkileyen bu üç esas değişkenin yanında, birleştirilecek parçaların yüzey temizliği metalürjik etkenler ve bir ara tabakanın kullanılmasının da göz önünde tutulması gereklidir.

Birleştirilecek yüzeylerdeki bütün pislikler, yağlar ve oksitler, bir ön hazırlık işleminden geçirilerek temizlenmelidir. Yüzeylerin ısınma esnasında artan ortam şartlarından etkilenmemesi için de vakumda soy gaz veya redükleyici bir ortamda çalışılmalıdır. Kaliteli bir yüzeyin sağlanması için taşlama yapılabilir. Çok hassas hazırlanmış yüzeyler de maliyeti arttırır.

Birleştirilecek parçalardaki (metallerdeki) allotropik dönüşümlerin, beraberinde bir hacim değişikliği getirdiği, bunun da ölçü hassasiyetinin korunması ve sağlam bir bağ elde etmek için unutulmamasının gerektiği bilinmelidir.

Difüzyon kaynağının uygulanmasında özellikle farklı metal veya alaşımların birleştirilmelerinde

ekseriya bir ara tabaka kullanılır (Şekil XVIII.7). Ara tabakalar kaynak alanındaki heterojenliği minimuma indirir ve birleştirmenin oluşumunun kolaylaştırır (0.25 mm gibi). Ara tabakalar ince foliler şeklinde olduğu gibi, püskürtme veya elektrolitik kaplama şeklinde de olabilir.



Şekil XVIII. 7. - Difüzyon kaynağında ara tabaka

a-) Karşılıklı iki yüzeyde

b-) Yalnız bir yüzeyde

c-) Araya ayrı bir tabaka koyma şeklinde.

Difüzyon kaynağında sıcaklık, deformasyona, oksit çözünürlüğüne, allotropik dönüşümlere, yeniden kristalleşmeye, difüzyona ve işlemin kısa sürede yapılmasına etkidiğinden, en önemli parametredir. Aynı cins metallerin birleştirilmesinde işlem sıcaklığı $0,7 T_{ergime}$ olarak alınır (T_{ergime} °K cinsinden metalin ergime sıcaklığı). Genelde işlem sıcaklığı (0,5 ilâ 0,7). T_{ergime} alınmaktadır.

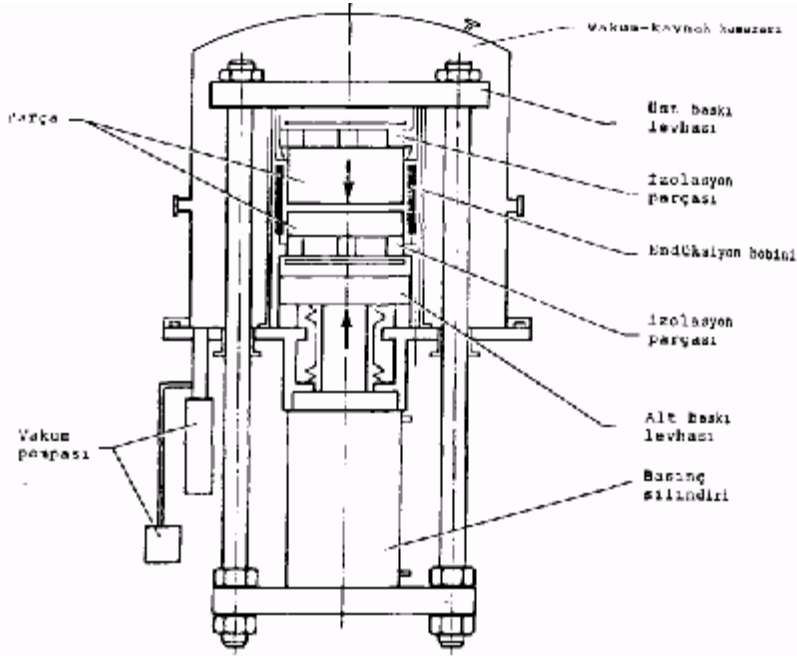
Difüzyon kaynağında zaman bağımlı bir işlem parametresidir. Özellikle sıcaklıkla ilişkilidir. Birkaç saniyeden birkaç saate kadar değişebilir. Üçüncü önemli değişken basınçtır. Belirli sıcaklık-zaman değerleri için yüksek basınç iyi birleştirmeler sağlar. Çok yüksek basınç, fazla deformasyondan ötürü yüzey bozulmalarına neden olur ve pahalı donanımlara gerek duyulur. Tablo XVIII. 1 'de difüzyon kaynağındaki işlem parametreleri görülmektedir.

Tablo XVIII. 1.- Metal çiftlerinin difüzyon kaynağı için işlem parametreleri.

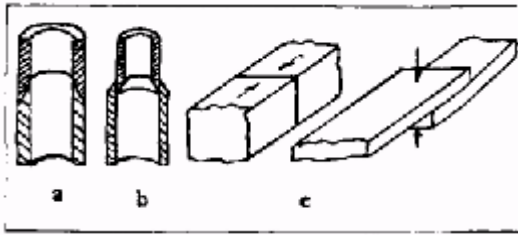
METAL I	METAL II	ARAMETAL	SICAKLIK (°C)	BASINÇ (N/mm ²)	ZAMAN (sık)
BAKIR	MOLİBDEN	-	900	7,35	10
BAKIR	ÇELİK	-	900	4,9	10
BAKIR	NIKEL	-	900	14,7	20
BAKIR	BAKIR	-	800-850	4,9-6,9	15-20
TİTANYUM	NIKEL	-	800	9,8	10
TİTANYUM	BAKIR	MOLİBDEN	950	4,9	30
TİTANYUM	BAKIR	NİOBYUM	950	4,9	30
TİTANYUM	BAKIR	-	800	4,9	30
MOLİBDEN	MOLİBDEN	TİTANYUM	915	6860	20
MOLİBDEN	ÇELİK	-	1200	4,9	10
TUNGSTEN	TUNGSTEN	NİOBYUM	925	6860	20
TANTAL	TANTAL	ZİRKONYUM	870	-	-
NİOBYUM	NİOBYUM	ZİRKONYUM	870	-	-
ZİRCALOY-2	ZİRCALOY-2	BAKIR	1040	20,6	30-120
ÇELİK	ALÜMİNYUM	BAKIR	550	4,9	10
BERİLYUM	BERİLYUM	BS-Ag-27	800	-	30
BAKIR	BAKIR	Cu-10-In	-	-	-
KÖVAR	KÖVAR	-	1000-1110	24,5-10,6	20-25
ÇELİK	DÖKMEDEMİR	-	850-950	14,7	5-7
ÇELİK	ALÜMİNYUM	-	500	7,35	30

Bir difüzyon kaynak donanımı, birleşme için gerekli basınç sağlayacak bir pres veya baskı ünitesi, çoğunlukla mekanik veya hidrolik bir pres, parçaların bölgesel veya tamamen ısınmasını sağlayacak yüksek frekanslı indüksiyon ısıtma veya direkt direnç ısıtma ünitesi, vakım veya koruyucu gaz ortamı ve parçanın birleşme işleminin gerçekleştirildiği bir kaynak kamarasından oluşur (Şekil XVIII.8).

Difüzyon kaynağı konstrüktif olarak üç şekilde uygulanır (Şekil XVIII.9). Alın, bindirme ve konik birleştirmeler yapılabilir. Fakat parçalar arasındaki farklı genleşmeler sonucu oluşan gerilmeler dolayısıyla, çalışma basıncının iyi ayarlanması gerekir.



Şekil XVIII. 8. - Bir difüzyon kaynak donanımının şematik olarak gösterilişi.



Şekil XVIII.9.- Difüzyon kaynağında birleştirme şekilleri.

- a-) Konik yüzeyler
- b-) Silindirik yüzeyler
- c-) Düz yüzeyler

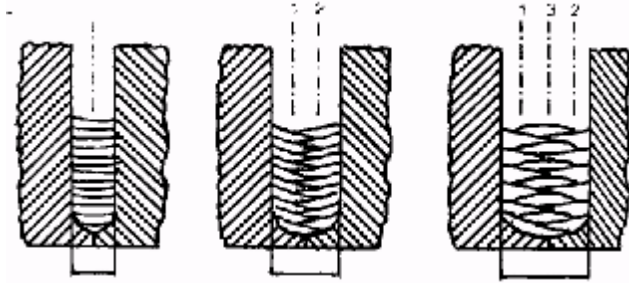
5.- Dar aralık kaynağı

5.1. -Giriş

Dar aralık kaynağından, dar ve birbirlerine aşağı yukarı paralel iki kenar arasındaki kaynak ağzının kaynağı hatıra gelir. Böylece kaynak metali sarfiyatı (ilave metal örneğin kaynak teli ve elektrot gibi), imalat süresi, enerji sarfiyatı, kaynak distorsyonları ve esas metalin ısıdan etkilenmesi asgariye iner. Dar aralık kaynağı özellikle son on yıl içerisinde gelişmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Dar aralık kaynağı uygulamada bilhassa tozaltı, TIG ve MAG kaynak yöntemlerinde kullanılmaktadır.

5.2.- Tozaltı dar aralık kaynağı

Tozaltı dar aralık kaynağı kalın kesitlerin birleştirilmesi gayesiyle geliştirilmiştir. Tozaltı kaynağının erime gücü yüksek olduğundan, dar aralığın doldurulmasında bu yöntem başarıyla kullanılmaktadır. Takriben 80 mm sac kalınlığından itibaren bir tabakada iki paso olmak üzere iki paso olarak kaynak edilmektedir. Her tabakada üç pasonun bulunduğu, 300 mm sac kalınlığından itibaren ekstrem parça kalınlıklarında ise üç pasolu kaynak uygulanmaktadır. Bir tabakada tek pasonun bulunduğu tek pasolu kaynak şimdiye kadar uygulamada pek kullanılmamıştır. Buna da sebep cürufun kolayca temizlenememesidir. Japonlar, tek pasolu dar aralık kaynağını uygulamaktadırlar. Şekil XVIII.10'da üç farklı dikiş tipi şematik olarak görülmektedir. Tek pasolu sistemde ağzın her iki tarafında da yeterli bir nüfuziyet sağlanması için, telin ağzın tam eksenine isabet etmesi gerekir.



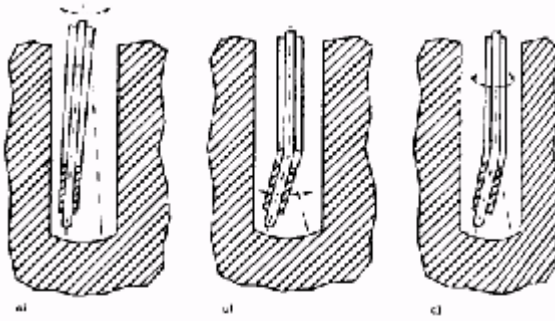
Şekil. XVIII. 10 - Tozaltı dar aralık kaynağında kullanılan ağız şekilleri

Örneğin 5 mm çapında bir elektrot teli kullanıldığında ağzın her iki tarafına olan mesafe 3,5 ilâ 4,5 mm arasında tutulmalıdır. Ağız açıları da takriben 1 ilâ 2° dir.

Uygun bir kaynak sonucu almak için hassas ve kaynak donanımları seçilmelidir. Şekil XVIII.11'de, pratikte kullanılan uygun kaynak donanımlarına ait farklı kaynak donanımları şematik olarak verilmiştir. Kaynak kafası, dar aralıkta ekseriya yardımcı bir tertibatla yanlara ve aşağı yukarı hareket ettirilir.

Tel-toz kombinezonunun seçiminde aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır:

- Cürufu kolay kalkabilmelidir.
- Kaynak dikişinin kenarlarında yanma olukları (kertikleri) oluşturmamalıdır.
- Kaynak metali daima uygun kimyasal, metalürjik ve mekanikteknolojik özellikleri sağlayabilmelidir,
- Genel olarak çapları 3 ilâ 5 mm olan massif teller kullanılır ve yüksek derece bazik özelliklere sahip bir kaynak tozu tercih edilir. Böylece yüksek derecede tok bir kaynak metali elde edilir.



Şekil XVI11.11.- Farklı kaynak donanımları

a) Paralel ayarlanmış tel hareket mekanizması

b) Ucu eğik tarzda ayarlanan tel hareket mekanizması

c) Ucu eğik ve döner olan tertibatla ayarlanan tel hareket mekanizması

Kaliteli bir tozaltı dar aralık kaynağı için, iyi bir pratik deneyim ve gerekli özel alet ve tertibatlara ihtiyaç vardır. Böylece iki yüzeydeki birleşme hataları, cüruf kalıntıları, gözenekler ve arkın gereksiz olarak kenarlara çarpması önlenmiş olur. Dar aralık tozaltı kaynağı özellikle nükleer tesisler, kimyasal kablur, barajlar, makina inşaatı ve açık deniz tesisatlarında başarı ile kullanılmaktadır. Basıncılı reaktör kaplarında 80 ilâ 290 mm arasındaki sac kalınlıklarında uygun ve başarılı sonuçlar vermiştir. Uygulanan azami sac kalınlığı 700 mm dir. Ekseriya ıslah edilmiş ince taneli 20 Mn Mo Ni 5 5 (Malzeme No.1.6310) çeliklerinde kullanılmaktadır. Tozaltı dar aralık kaynağı, Yıllardan beri kimya endüstrisindeki yüksek basınçlı kablurın, Hidrokrek tesislerin, amonyak sentez ve doğalgaz kükürt giderme tesislerinin kaynağında kullanılmaktadır. Buralarda 230 mm kalınlığa kadar 10 Cr Mo 9 10 (Malzeme No.1.7380) tipi çeliklerin kaynağında kullanılmıştır. Tozaltı dar aralık kaynağının bir diğer başarılı uygulaması da nikel esaslı Ni Cr 23 Cb 12 Mo (Malzeme No.2.4663) çelik kaynağıdır. Sıcak çatlama, bu bağlantıların özel bir kriteridir.

1965 den beri dövme türbin kanatlarının kaynağı, dar aralık tozaltı kaynağı yöntemi ile yapılmaktadır. Azami sac kalınlığı 250 mm ye kadar çıkmaktadır. Esas metal ısıya dayanıklı çeliklerdir. Tozaltı dar aralık kaynağı iki zamanlı gemi diesel motorlarının krank millerinin kaynağında da kullanılmaktadır. Birçok hafif alaşımlı çeliklerde de 300 mm ağız derinliğine kadar tozaltı dar aralık kaynağı söz konusu olmaktadır.

Tozaltı dar aralık kaynağı halen gelişme halindedir. Özellikle ergime gücü ve kaynak hızının yükseltilmesi bakımından Tandem tozaltı dar aralık kaynağı üzerinde yoğun bir teknik uğraş verilmektedir. Dar aralık tozaltı kaynağında uygun tozun geliştirilmesi, konkav dikiş görünüşünün sağlanması, cürufun kolay kalkması ve çatlaksız pasoların elde edilmesi oldukça önemli noktalardır.

İnce çift elektrodun (1,2 veya 1,6 mm çapında) kullanılması ile dar aralık tozaltı kaynağında erime gücü yükseltilmektedir. İnce çaplı elektrotlar daha ince kaynak kafalarının adaptasyonunu

sağladığından, aralıklar daha da daraltabilmektedir.

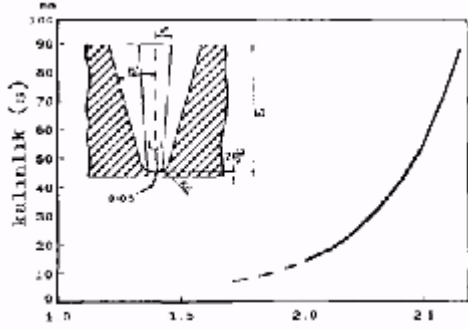
5.3.- TIG/WIG-Dararalık kaynağı

TIG-Dar aralık kaynağı (soğuk tel vererek), bilhassa nükleer enerji tesislerinde kullanılan boruların orbital kaynağı için geliştirilmiştir. Yüksek kaliteli kaynak bağlantıları elde edilir. Mekanik orbital kaynaklarda, farklı pozisyonlardaki (yatay, dikey, tavan, düşey gibi) birleştirmeler, impulsu sistemlerde hiçbir problem yaratmadan kaynak edilmektedir. Ağız genişliği takriben 8 mm ve kenar (ağız) açısı da en fazla 4°dir. Tablo. XVIII.2'de konvensiyonel elektrik ark ve TIG kaynağına ait avantajlar mukayeseli olarak verilmiştir.

Tablo XVIII.2.- Tek taraflı boru kaynağında konvensiyonel elektrik ark ve impulsu TIG kaynağı ile dar aralık TIG (impulsu) kaynağının avantajları

Elektrik ark kaynağında konvensiyonel kaynak geometrisi	Mekanik impulsu TIG kaynağında konvensiyonel kaynak geometrisi	Mekanik impulsu TIG kaynağında Dar aralık kaynak geometrisi
<ul style="list-style-type: none">- Ara zaman uygun- Yüksek bir fleksibilite- Büyük imalat toleransları- Makina arızası yok- Makina bakımı az- Az distorsyon	<ul style="list-style-type: none">- Uzaktan kumanda mümkün- Muntazam kalite- Yüksek bir uyum- Yüksek bir imalat güvenliği- Yeniden dizayn ve uyum oldukça kolay- Muntazam bir kök oluşumu	<ul style="list-style-type: none">- Uzaktan kumanda mümkün- Yüksek bir uyum- Muntazam kalite- Yüksek bir imalat güvenliği- Yeniden dizayn ve uyum oldukça kolay- İlave metal sarfiyatı az- Kaynak süresi kısa- Muntazam bir kök oluşumu- Az distorsyon- Kök bölgesindeki gerilme artışı az- Taşlanacak kaynak yüzeyi az- Radyografik ve ultrasonik muayene kabiliyeti iyi- Özgerilmelerin dağılımı iyi- Işın yayılması az

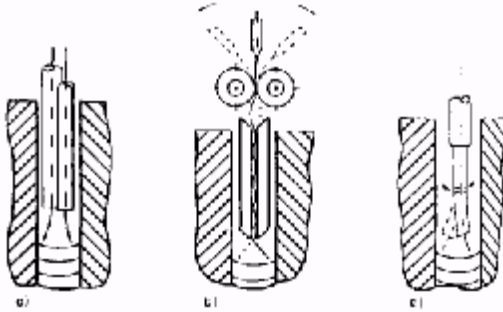
İmpulsu (darbeli) dar aralık TIG kaynağında, dikiş hacminin sağladığı ekonomi de, Şekil XVIII.12'de görülmektedir. 15 mm kalınlıktan itibaren, dar aralık TIG kaynağı, kaynak hacmi bakımından oldukça büyük avantajlar sağlamaktadır.



Şekil XVIII.12.- Konvensiyonel impulsu TIG kaynağı ile dar aralıklı TIG kaynağının, kaynak hacmi bakımından sağladığı avantaj (ekonomi)

5.4.- Gazaltı (MIG/MAG) Dar Aralık Kaynağı

Başlangıçta, gözenek oluşumu ve birleşme hataları nedeniyle gazaltı dar aralık kaynağı uygulamada istenilen mertebede kullanılmadı. Bugün, çok sayıda gazaltı dar aralık kaynağı geliştirilmiş ve denenmiştir. Son zamanlarda, özlü elektrotlarla yapılan tandem yöntemdeki gazaltı dar aralık kaynağı oldukça uygun sonuçlar vermiştir. Şekil XVIII.13'de, bu yöntem şematik olarak verilmiştir. Burada gözenek oluşumu bertaraf edilmiştir.



Şekil XVIII.13.- Gazaltı dar aralık kaynağı

a- Özlü elektrotla tandem kaynak

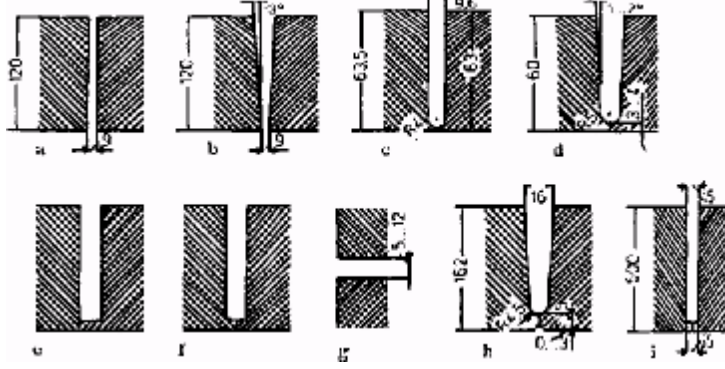
b- Ön ondülasyona tabi tutulmuş elektrotla kaynak

c- Akım kontaktör borusu ile hareketli elektrotla kaynak

Gazaltı dar aralık kaynağında özellikle, birleşme hatalarının ve porozite oluşumunun azaltılması yönünde çalışılmaktadır. 200 mm kalınlığa kadar ve 10 ilâ 12 mm ağız genişliğindeki parçaların kaynağında yüksek bir ekonomi sağlanmaktadır. Son zamanlarda 1,0 mm çapındaki massif tel elektrotlarla, çift telli dar aralık kaynağı konusundaki çalışmalar iyi sonuçlanmıştır. Burada ağız aralığı 11 mm dir.

5.5.- Dar aralık kaynağında kaynak ağızı

Dar aralık kaynağında kullanılan ağız formları, Şekil XVIII.14'de mukayeseli olarak birarada verilmiştir. Şekilde (a) ile (f) kadar olanlar gazaltı (MIG/MAG) kaynağı için, (g) gazaltı kaynağında yalnız korniş pozisyonu ve (h) ile (i) tozaltı kaynağı içindir.



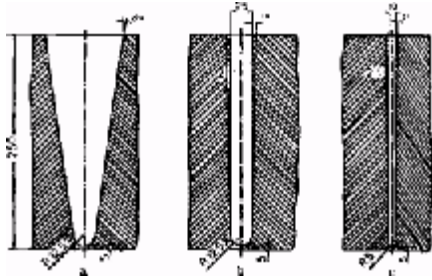
Şekil XVIII. 14.- Dar aralık kaynağında kullanılan kaynak ağızı formları

a ilâ f: MIG/MAG

h : MIG/MAG (Korniş pozisyonu)

h ve i: Tozaltı

Şekil XVIII.15'de de dar aralık kaynağındaki özel ağız formları görülmektedir. Şekildeki (a) formunda, konvensiyonel tozaltı kaynağındaki dikiş kesiti 13650 mm^2 olup, bu % 100 olarak kabul edilmiştir, (b) tozaltı kaynağına aittir ve ağızlar paralel olduğu zaman dikiş kesiti 6060 mm^2 dir (% 44,4). Ağız açısı 1° olduğunda dikiş kesiti 7000 mm^2 olur (% 51,3). (c) de MAG kaynağı içindir ve ağızlar paralel olduğu zaman dikiş kesiti 2440 mm^2 (% 17,9) dir. Ağız açısı 1° olduğunda da dikiş kesiti 3450 mm^2 olur (% 25,3).



Şekil XVIII. 15.- Dar aralık kaynağında kullanılan özel ağız formları

a- Konvensiyonel Tozaltı kaynağı 13.650 mm^2 % 100

b- Tozaltı dar aralık kaynağı

1-paralel, 6060 mm^2 , % 51,3

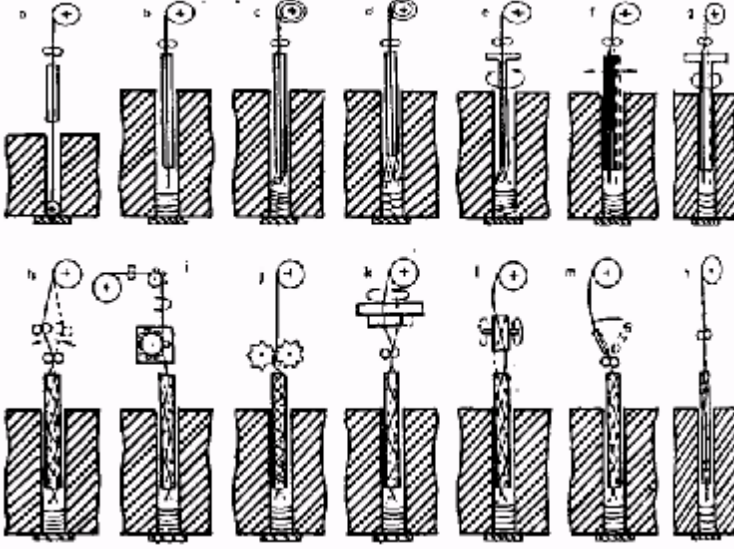
c- MAG kaynağı

1-paralel, 2440 mm^2 , %17,9

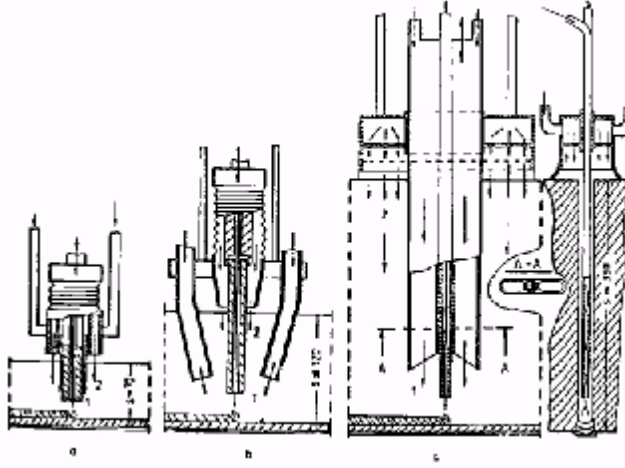
2- 1° de, 3450 mm^2 , % 25,3

5.6.- Çeşitli MAG-Dar aralık kaynak yöntemleri ve torçları

Şekil XVIII.16'da uygulamada kullanılan önemli MAG-Dar aralık kaynak yöntemleri görülmektedir. Bunlardan arkı salınım şeklinde hareket eden sistemler daha çok kullanılmaktadır. Böylece oluşacak hatalar en aza indirilmektedir.



Şekil XVIII. 16.- Çeşitli MAG-Dar aralık kaynak yöntemleri



Şekil XVIII. 17.- MAG-Dar aralık kaynağında kullanılan üç adet kaynak torcu

Şekil XVIII.17'de de, çeşitli sac kalınlıkları için geliştirilen üç tip MAG-Dar aralık kaynağı, kaynak torçları verilmiştir. Bunlardan birincisi (a), 70 mm kalınlığa (gaz sarfiyatı 22 l/dak), ikincisi (b) 120 mm kalınlığa (gaz sarfiyatı 20 l/dak) ve üçüncüsü de (c) 350 mm kalınlığa (gaz sarfiyatı 40 l/dak) kadar

kullanılmaktadır.

5.- Literatür

(1)- Ruge, J.

"Handbuch der Schweißtechnik Band -II"
Springer Verlag Berlin, 1980

(2) - ANIK, S. - KUNT, E."Ultrasonik Kaynak Tekniği"
Demir ve Çelik Mecmuası, 1959, Sayı 5-6

(3) - Vitek, J. - MIKLANEK, L
"Technologische Bedingungen für die Qualitätssteigerung
beim Ultraschall schweißen von Metallen"
Schweißtechnik (Berlin) 28 (1979) S.316-317

(4) - Cave, J.A. - Williams, J.D.
"The Mechanisms of Cold Pressure Welding by Rolling"
J.Ynst. Met. 101 (1973), S.203-207

(5) - Heer, S.
"Teilautomatisches Kaltpress-Stumpfschweißen"
Schweißtechnik (Berlin) 28(1978), S.443-445

(6) - Keller, K.
"Beiträge zum Explosivplattieren"
Z.Metallkunde 59 (1968) S.298-305, 383-389, 503-514.

(7) - Prümmer, R.- Jaehn, F.
"Fortschritte beim explosiven Einschweißen von Rohren in
Rohrböden" Baender, Bleche, Rohre 17 (1976) S.415-418.

(8) - Die Verfahren der Schweißtechnik.

Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 55

Deutscher Verband für Schweißtechnik, Düsseldorf 1974.

(9) - ALTAN, E. - KARAHASANOĞLU, C.

"Yayınma Kaynağı"

Mühendis ve Makina No.335, Aralık 1987. (10)-ANIK, S.

"Dar Aralık Kaynağı" Meta 44 sayı 3 1991

XIX. BÖLÜM

PLASTİK MALZEMELERİN

BİRLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN KAYNAK

YÖNTEMLERİ

1.- Plastik malzeme özelliklerinin metal malzemelerle karşılaştırılması

Plastik malzemelerin özelliklerini metallerinki ile karşılaştırsak, aşağıdaki büyük farklar görülür:

Metal atomları tamamlanmış bir elektron kabuğuna (dış kabuk) sahip olduklarından, kimyasal maddelere karşı dayanıksızdırlar. Plastik malzemeler ise kimyasal bileşikler olarak moleküler yapıdadır ve molekülleri doymuştur. Atomları ise kimyasal bağlar ile soy gaz karakterine sahip olmuşlardır. Bu nedenle birçok kimyasal maddelere karşı dayanıklıdırlar.

Plastik malzemelerin değişik olan bağ ve yapı türü, fiziksel davranışlarının metalik malzemelere göre tamamen farklı olması sonucunu doğurur.

Tablo XIX.1'de plastik malzemelerin değişik özellikleri verilmiştir.

Plastik malzeme molekülleri karbonun az miktarda metal olmayan malzemelerle yaptığı bileşiklerdir. Bu maddeler genellikle oda sıcaklığında gaz halindedir.

Propan C_3H_8 gibi tanınmış hidrokarbon bileşikleri sabit büyüklükte olan moleküllere sahiptir. Bunların tersine plastik malzemeler büyük zincir veya ağ moleküllerinden meydana gelirler. Farklı genişleme şekillerine sahip olduklarından sadece ortalama bir molekül kütlesi (molekül ağırlığı) belirlenebilir.

Tablo XIX.2'de değişik molekül şekillerinin özellikleri verilmiştir.

Birçok çeşitleri olan plastiğin hangi gruptan olduğunu anlamak çok kere zor bir iş olur. Aynı plastik çeşitli biçimlerde şekillendirilmiş olabilir. Bir çeşit plastik, farklı ticari adlar alabilir. Bununla beraber, çok çeşitli ad ve şekilleri bulunan plastik, termik özellikleri bakımında şu iki gruptan biri içine girer. Termoplastikler ve Termosetler.

Tablo XIX. 1.- Plastik malzemelerin özellikleri.

Özellik	Plastik malzemenin davranışı
Yoğunluk	Plastik malzemeler metallerden daha hafiftir. Kısmen su üzerinde yüzerler. Yoğunlukları 0,9 ila 2,0 kg/dm ³ arasındadır (masif maddeler).
Katılık (E-Modülü)	Plastiklerin eğilme yumuşaklığı metallerden fazladır. Yani E-modülleri oldukça düşüktür ve sıcaklığa bağlıdır. Bu durumu plastik borularda görebiliriz. Plastik borular ısınınca yumuşar soğukta ise katlaşır.
Isıl genişleme	Plastik malzemeler ısıtılınca metallerle göre oldukça daha fazla genişler (5-15 defa). Profillerin üzerindeki plastik kaplamalar ısınınca kalkarlar ve profil üzerinde kayabilirler.
Elektrik ve ısı iletkenliği	Plastik malzemeler kötü ısı ileticilerdir; elektrik iletkenlerinde ise, iyi bir izolasyon malzemesidir. Isı iletim kabiliyeti yaklaşık olarak çeliğinkinin 1/300'üdür.
Kimyasal dayanıklılık	Plastik malzemeler asitlere, bazlara ve tuz çözeltilerine karşı iyi ve kısmen çok iyi dayanıklılık gösterirler. Bazı çözümlendirici maddeler plastik malzemeleri çözümlendirirler veya eritirler.
Alev alma kabiliyeti	Plastik malzemelerin kısmen yanıcı, ve alev alıcı özellikleri vardır.
Boyanma kabiliyeti	Plastik malzemelere kolaylıkla renk verilebilir ve bu renklerin dayanıklılığı selülozik boya tabakalarından daha iyidir.
Su alma kabiliyeti	Plastik malzemeler kısmen su alma eğilimi gösterirler, böylelikle elektrik ve mekanik özellikleri değişime uğrar.
Sürekli yüklemeye altındaki davranışları	Plastik malzemeler devamlı olarak zorlanırlarsa, şekillerini muhafaza edemezler ve yük altında sürünürler.
Isıl mukavemet	Plastik malzemeler yüksek sıcaklıkta ayrışır. Renk değişimleri ve gazların parçalanması ile kabarcıklar oluşur.



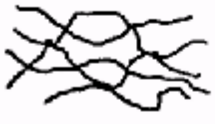
Termoplastikler

Termoplastik, ısıtıldığında yumuşar ve soğutulduğunda da sertleşir. Isı verilisinin ne süreyle tekrar edildiği önemli değildir. Isıtma ve soğutma işlemini birkaç kez tekrarlayarak termoplastiğe yeniden çeşitli şekiller verilebilir. Termoplastik bu özelliği bakımından balmumuna benzer. Isıtıldığında dökülebilir, soğutulduğunda da katı hale gelir. Tekrar ısıtıldığında yine yumuşar. Bu gruba giren önemli plastikler şunlardır: Akriklikler, selülozikler, naylon, polistiren, polietilen, karbon florür ve viniller'dir.

Termosetler

Termosetler ısı verilmesiyle bir defa istenilen şekle sokulur ve bundan sonra tekrar ısıtılıp eritilerek ilk şekline dönüştürmek mümkün olmaz. Termosetlerin sertleşmesi için sıcaklığın çok fazla olması gerekmez. Bu sıcaklık ekseriya 176 °C nin az üzerindedir. Termosetler sertleştirildikten sonra tekrar ısıtılsa da eski yumuşak durumuna dönmez. Buradaki olay, yumurtanın kaynatılmasına benzetilebilir.

Tablo XIX. 2.- Molekül şeklinin tesiri.

Şekil yapı taşları	Teşekkül şartları, davranışları
<p>Zincir molekülleri Lineer veya dallanmış zincirli</p>  <p>Termoplastlar (plastomerler) ergitilebilir, kaynak edilebilir.</p>	<p>Tek moleküller sadece iki adet reaksiyon kabiliyeti olan noktaya sahiptir. Enerji ilavesi zincirin ısı hareketini artırır, sekonder bağlar zayıflar. Böylece zincir molekülleri dış kuvvetler ile birbirleri arasında kaydırılabilirler.</p> <p>Polimer termoplastik bir davranış gösterir, yani plastik olarak şekil değiştirebilir.</p> <p>Daha yüksek sıcaklıklarda primer bağlar parçalanır ve küçük zincirler oluşur(gazlar, sıvılar) Malzeme hasar görür. Dışardan renk değişimi, kabarcık teşekkülü ve kömürleşme ile kendini belli eder.</p>
<p>Üç boyutlu ağ molekülleri. Kuvvetli ağlaşmış makromoleküller</p>  <p>Duroplastlar (Duromerler) ergitilemez kaynak edilemez</p>	<p>Tek moleküller reaksiyon kabiliyeti olan üç veya daha çok noktaya sahiptir. Isı ilavesi ile ağ şeklindeki ve iç içe örülmüş makromoleküller birbir arasında kaymaz.</p> <p>Polimer ergitilemez. Hemen hemen hiç çözünmez ve daha serttir. Daha yüksek sıcaklıklarda yukarıdaki gibi ayrışmalar vuku bulur.</p> <p>Ağ teşekkülünün derecesi polimerin sertliğine ve sürekliliğine etki eder. Kuvvetli ağ teşekkülü: sert, gevrek.</p>
<p>Zincir molekülleri düşük ağ teşekkülü</p>  <p>Elastomerler</p>	<p>Zincir molekülleri primer bağlarla geniş aralıklı ağlar teşekkül ederler. Böylelikle zincirlerin kayması mümkün olmaz ancak zincirlerin ağ düğüm noktaları arasında uzaması imkânı doğar.</p> <p>Polimer yumuşak elastiktir (lastik) eski halini alma kabiliyeti çok yüksektir.</p>

Yumurta belirli bir süre kaynatılırsa, içi katılaşıyor ve bundan sonra kaynatmaya devam edilse de yumuşayarak önceki sıvı haline dönmez. Bu grubun belli başlı plastikleri fenolikler, aminler, poliesterler, epoksiler ve alkidler'dir.

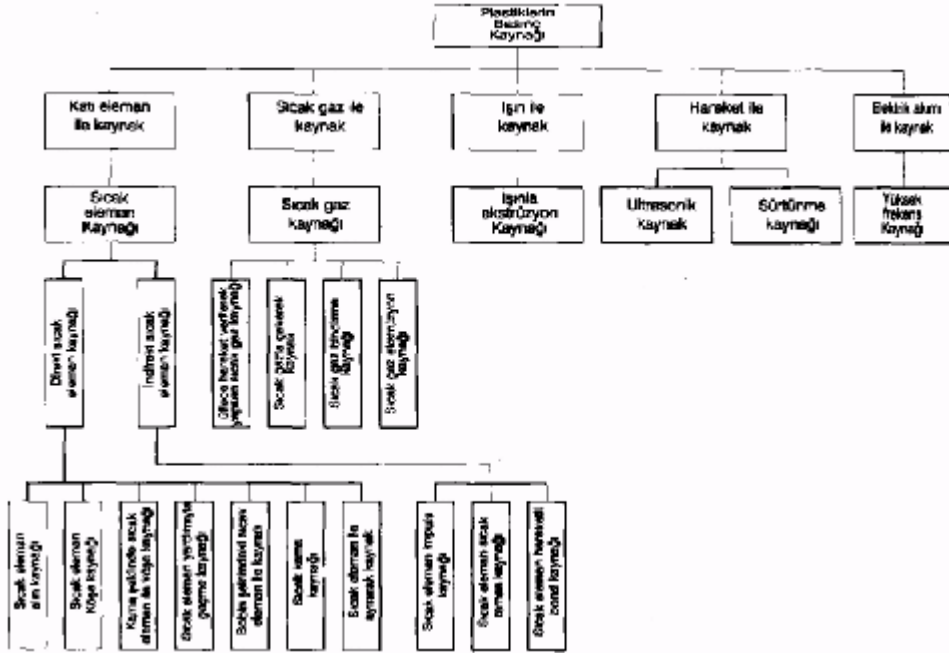
Plastik malzemeler yüksek moleküler bileşiklerdir; polimerler olarak da adlandırılırlar. Zincir veya ağ şeklindeki moleküllerine makromoleküller denir. Makromoleküller monomer denilen tek moleküllerden oluşurlar. Makromoleküller kimyasal reaksiyonlar sonucunda meydana gelirler.

Tablo XIX.3'de metallerle plastik malzemelerin iç yapılarının karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo XIX.3.- Metallerle plastik malzemelerin iç yapılarının karşılaştırılması.

İç yapının tanıtıcı özelliği	Metaller	Plastik malzemeler	Tesiri
En küçük parçacıklar	Metallerin atomları	Metal olmayan maddelerin molekülleri	Düşük yoğunluk
Parçacıkların bağ türü	Kuvvetli metalik bağ	Zayıf moleküller arası bağ	Isı altında kuvvetli uzama-yumuşama mukavemetinin azalması ayrışma
Parçacıkların düzeni (kristal kafesi)	Metal kafesi	Amorf, kısmen kristalin, molekül kafesi	Şekil değişimi metallere göre daha farklı kaideler ile oluşur; serbet elektronlar yoktur.
Kaba yapı	Taneli yapı ve kalıntılar	Ana kütle doldurma maddeleri, kuvvetlendirici maddeler ve boyalardan oluşur.	Özelliklerini ve yöne bağlı olma kabiliyetlerini büyük ölçüde etkilerler.

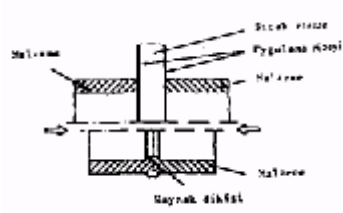
Tablo XIX.4.- Termoplastik malzemelere uygulanan basınç kaynağı yöntemleri.



2.- Termoplastik malzemelere uygulanan kaynak yöntemleri

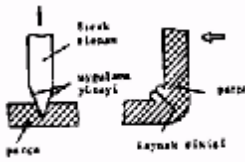
Termoplastik malzemelere uygulanan basınç kaynağı yöntemleri tablo XIX.4'de toplu halde gösterilmiştir. Bu yöntemler daha sonra şekilleriyle birlikte daha detaylı olarak diğer tablolarda açıklanmıştır.

1- Sıcak eleman kaynağı Direkt sıcak eleman kaynağı

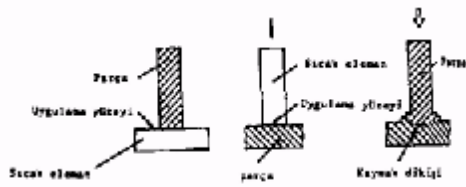


Sıcak eleman alın kaynağı

Birleştirilecek yüzeyler karşı karşıya getirilir ve aralarına konulan sıcak eleman ile kaynak sıcaklığına kadar ısıtılır, yüzeyler birleşme sıcaklığına eriştikten sonra sıcak eleman çekilerek uygulanan basma kuvveti ile (el veya mekanik olarak) birleşme olur.

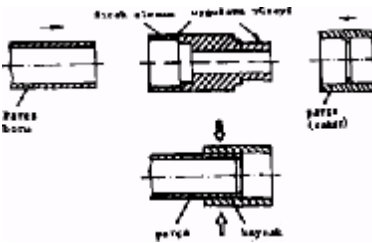


Kama şeklindeki sıcak eleman ile iç köşe kaynağı Kama şeklindeki bir sıcak eleman kaynak edilecek yüzeylere gömülerek parçayı ısıtır ve daha sonra uygulanan bir basma ile içköşe dikişi oluşturulur.



Sıcak eleman köşe kaynağı

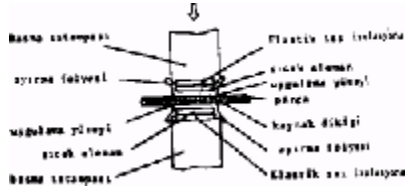
Parçanın birleştirilecek yüzeyleri sıcak elemanlarla ısıtılır ve daha sonra el veya mekanik olarak uygulanan basınç ile birleştirme sağlanır.



Sıcak eleman yardımıyla geçme kaynağı

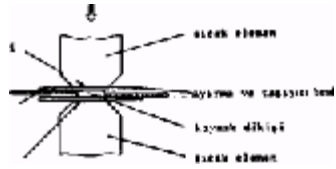
Borunun gireceği yüzey özel bir sıcak eleman ile kaynak sıcaklığına eristikten sonra sıcak eleman çıkartılır ve yerine boru geçirilerek özel suretle uygulanan basınç ile birleşme sağlanır.

Endirekt sıcak eleman kaynağı



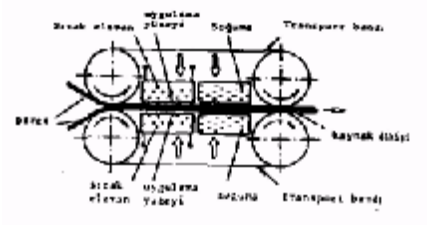
Sıcak eleman-sıcak impuls kaynağı

Sıcak elemanlar elektrikle ısıtılır ve sonra uygulanan basınç ile birleştirme sağlanır. Sıcak elemana verilen elektrik akımı kesildikten sonra basınç uygulanır.



Sıcak eleman-sıcak temas kaynağı

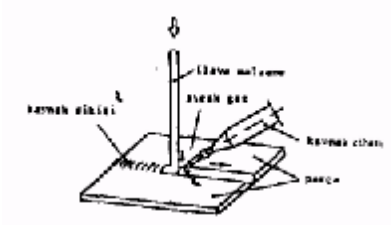
Sıcak eleman devamlı surette ısıtılır. El veya mekanik olarak sağlanan basınç yalnız ısıtma sırasında etkir.



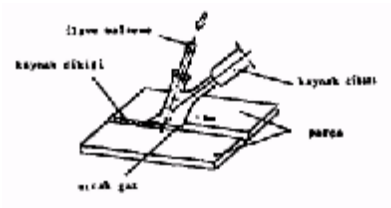
Sıcak eleman-hareketli band kaynağı

Parçalar hareketli bandlar (transport bandları) arasında sürekli olarak sıcak eleman tarafından ısıtılır ve daha sonra da basınç uygulanarak birleşme sağlanır.

2- Sıcak Gaz Kaynağı

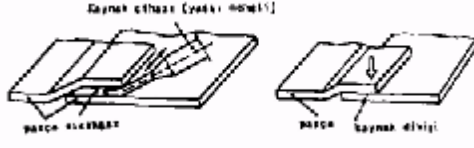


Üflece hareket verilerek yapılan sıcak gaz kaynağı Üfleç birleştirilecek parça yüzeyi ile kaynak ilave malzemesi arasında yelpazelendirme şeklinde bir hareketle kaynak ısısını sağlar. Burada basınç kullanılan ilave malzeme ile sağlanır.



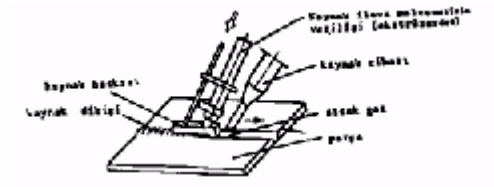
Sıcak gazla çekerek kaynak

Kaynak ilave malzemesi kaynak cihazı içerisinden geçerek ısınır ve kuvvet kaynak cihazı veya başka bir vasıta ile sağlanır.



Sıcak gaz bindirme kaynağı

Sıcak gaz, birleştirilecek yüzeylerin arasına uygulanır. Daha sonra sağlanan basınç ile birleşme sağlanır. Burada bir ilave malzeme kullanılmamaktadır.

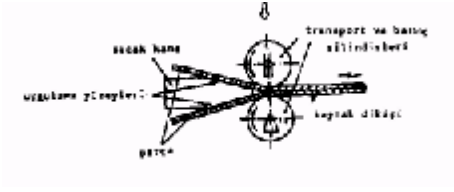


Sıcak gaz ekstrüzyon kaynağı

İlave malzeme bir ekstrüder içinde sıcak gaz ile ısıtılarak birleştirme ağına sevk edilir ve basınç bir kaynak baskısı veya diğer bir vasıta ile sağlanır. Direk sıcak eleman kaynağı

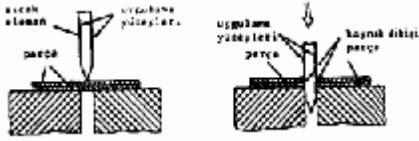


a) Bobin şeklindeki sıcak eleman ile kaynak Birleştirilecek yüzeyler bobin şeklindeki bir sıcak eleman ile ısıtılır. Daha sonra a'da olduğu gibi malzemenin ısıl genişmesi ile veya b'de görüldüğü üzere dıştan uygulanan bir tertibatla basınç oluşturulur ve birleşme sağlanır.



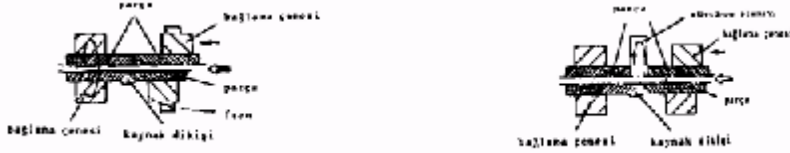
Sıcak kama kaynağı

Üst üste gelen parçalar arasında bulunan bir sıcak kama ile yüzeyler kaynak sıcaklığına eriştikten sonra uygulanan basınç ile birleşme sağlanır.



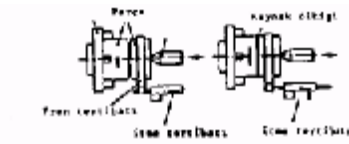
Sıcak eleman ile ayırarak kaynak

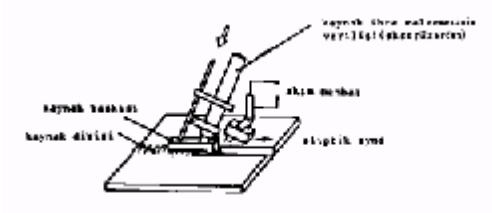
Üst üste binmiş iki parça tel, band veya bıçak formundaki bir sıcak eleman ile hem kaynak edilmiş hem de birbirinden ayrılmış olur.



Sürtünme Kaynağı

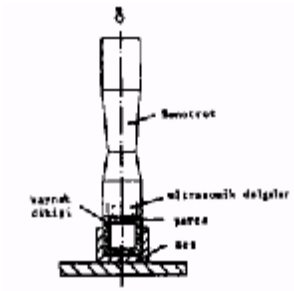
Parçaların birleştirme yüzeyleri sürtünme ile ısıtılır ve daha sonra uygulanan basınçla da ilave malzeme kullanılmadan birleştirme sağlanır. Isı a'da görüldüğü gibi bir yüzeyin diğer yüzeye sürtünmesi ile veya b'de olduğu gibi araya bir sürtünme elemanının konulması ile elde edilir.





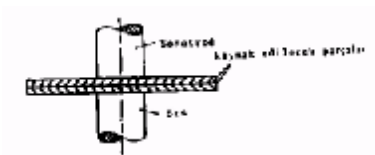
3. Işınla ekstrüzyon kaynağı

İlave kaynak malzemesi ısıtılan bir sıcak kamaradan plastik bir halde ışınla ısıtılmış bulunan kaynak ağzına sevk edilir. Basınç bir kaynak baskısı veya diğer bir tertibatla sağlanır.



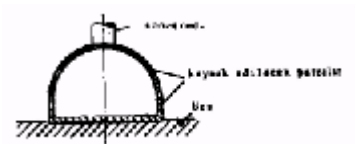
4. Ultrasonik kaynak

Parçanın birleştirilecek yüzeyleri bir ilave malzeme kullanılmadan ultrason etkisi ile ısınır ve uygulanan basınçla da kaynak gerçekleştirilir.



4.1. Direkt ultrasonik kaynak

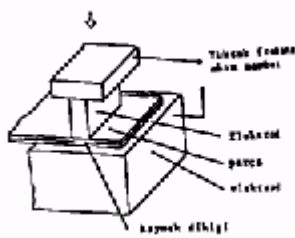
Bu yöntemde kaynak edilecek yüzey sonotrodun alın yüzeyine yaklaştırılır. Böylece sonotrod yüzeyi ile kaynak yeri ısınır.



4.2. Endirekt ultrasonik kaynak

Kaynak yeri sonotrodun alın yüzeyinden uzakta bulunur. Dalga enerjisi parça vasıtasıyla kaynak

yerine iletilir. Burada sonotrod yüzeyi ile kaynak yeri arasındaki ana malzeme ısınmaz.



5. Yüksek frekans kaynağı

Birleştirilecek yüzeyler bir yüksek frekans membaından sağlanan yüksek frekansla ısıtılır ve sonra da basınç uygulanarak kaynak yapılır. Burada ilave metal malzeme kullanılabilir veya kullanılmayabilir.

3.- Sonuç

Plastikler, endüstri alanında ağaç, metal, seramik ve deri malzemelere nazaran en yeni olanlardır. Bununla beraber, kısa bir zamanda geniş alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bugün tüketicilerce bilinen binlerce eşya, sentetik malzemelerden yapılmaktadır.

Endüstride imal edilen plastik malzemelerin hızla gelişmesinde ilk faktör sıcak gaz kaynağının çok yönlülüğü olmuştur. Bu kaynak işlemi, aşınma dayanımı, hafiflik, dielektrik özellikler ve arzu edilen iyi darbe mukavemeti veren plastiklere ekonomik olarak uygulanmaya müsaittir. Sıcak gaz kaynağı endüstrideki büyük miktarlardaki konstrüksiyon donanımlarının gerçekleştirilmesinde ve ufak parçaların imal edilmesinde kullanılır.

Ülkemizde en yaygın kullanılan plastikler PVC ve polietilendir. Bu malzemelerin kaynak yöntemleri de oldukça yaygındır. Yüksek frekans kaynağı defter kabı, cüzdan, ayakkabı imali, deniz yatağı ve oyuncaklar imalinde oldukça uygulama alanı bulmuştur.

Bu arada, sıcak eleman kaynağının da memleketimizde geniş çapta bir kullanım alanına sahip olduğunu belirtmekte fayda vardır.

4. Literatür

(1)-NEUMANN, JA

"Welding of plastics" 1959

(2)- Welding Handbook, Section three, American Weiding Society, 1965

(3)- Welding of Plastics in Japon, IIW Commission XVI, Document No. VI-131-69

(4)- Friction welding of Polyethylene, IIW-Document No. XVI-242 -1974

(5)- TÜRKOCAĞI, I.

"Plastik malzemelerin kaynak yöntemlerinin tanıtılması" Mühendis ve Makina, Cilt 24, sayı 279, S.32-38. Temmuz - Aralık 1982

(6)- ANIK, Selâhaddin - DİKİCİOĞLU, A. - OĞUR, A.

"Plastik Malzemelerin Birleştirilmesinde Kullanılan Kaynak Yöntemleri" II. Ulusal Kaynak Sempozyumu Bildiri Kitabı, İstanbul 1989, S.81-93

XX. BÖLÜM

KAYNAKLI İMALATIN (DİZAYNIN) ESASLARI

Günümüzde kaynaklı imalat yani dizayn, diğer imalat yöntemleri arasında çok önemli bir yer işgal etmektedir. Kaynak işleminin iyi yapılabilmesi kadar, yerinde ve aranan amaçlara uygun kullanılması, hesaplanması ve parçaların bu imal usulünün gerektirdiği koşullara göre şekillendirilmesi büyük önem ifade eder.

Dökme parçalara göre kaynaklı konstrüksiyonlarda malzeme uygun şekillendirilebildiğinden daha hafif, fakat daha rijit imal edilebilme olanağına sahiptir. Daha estetik ve daha amaca uygun dizaynlar gerçekleştirilir. Model masrafı bulunmadığından, az sayıda imalat yapılacak ise, maliyetten ve teslim süresinden büyük ekonomi elde edilir. Iskarta parça adedi çok daha azdır.

Bir konstrüktör, konstrüksiyon projesi ile yapının temel biçimini belirler. Konstrüktör bununla konstrüksiyon için amaçlanan gayenin yerine gelmesini üstlenmiş olur. Konstrüksiyonda, özellikle kaynaklı imalata ait bulunan bir konstrüksiyonda;

- a)Mevcut zorlamalara uygun,
- b)Kaynak dikişlerinin tahribatsız muayenesine uygun,
- c)İmalat yöntemlerine uygun,
- d)Enaz distorsiyon oluşturacak,
- e)Seçilen malzemeye uygun,
- f) Tamir ve bakıma uygun,
- g) Mekanizasyon ve otomatizasyona uygun,

bir dizayn şeklinin tercih edilmesi gereklidir. Bütün bunların yanında projeyi yaparken konstrüksiyonun ekonomik imalatı da düşünölmelidir.

Kaynak tekniğı konstrüksiyonda hiçbir imalat yönteminin sağlamadığı kadar serbestlik sağlar. Bu nedenlerle verilen tüm koşullara ve isteklere uygunluk bakımından, kaynak özellikle elverişlidir. Konstrüktör ekonomikliğı de göz önünde tutarak, mümkün olan konstrüktif olanakları tek tek ele almalıdır. Konstrüktör amaca uygun dizayn yapmak ve işletmesinin de imalat olanaklarını nazarı itibara almak suretiyle, imalat maliyetleri üzerinde bir imalat mühendisinden daha fazla etkilidir.

Hiçbir imalat yönteminde konstrüktif şekillendirme, kaynak konstrüksiyonunun da olduğu kadar etkili değildir. Başlangıçta, daha ziyade kaynaklı konstrüksiyonlar, dökme demir, dökme çelik veya perçinli konstrüksiyonlar esas alınarak taklit ediliyordu. Kaynak tekniğinin gelişmesiyle, iyi bir kaynak konstrüksiyonu için ve özellikle ekonomik bir imalat için diğer koşulların da göz önünde tutulmasının gerektiğı göröldü. Bu nedenle de perçinli ve döküm konstrüksiyonlarda bilinen kurallardan tamamen ayrı davranmak uygundur.

Her zaman, çok sayıda kaynak dikiş bir avantaj sağlamaz. "En iyi konstrüksiyon enaz kaynak dikiş

içerendir" sözü de çelişkilidir. Fakat çok defa da doğrudur. Herşeyden önce bir kaynak dikişin bir maliyeti vardır. Diğer taraftan da en iyi çözümün de en basit olduğu bilinen bir gerçektir. Bu nedenle yalnız rekabet amacı ile değil, bilakis "En iyi çözüm" amacı ile istenenleri gerçekleştiren ekonomik bir konstrüksiyon teknik olarak da en uygun çözüm anlamına gelir.

Bu görev, konstruktörden projenin birçok şekillendirme olanaklarında, teknik olarak amaca ve imalata en uygun ve ucuz olanı bulmasını talep eder. En uygun malzemenin seçimi, burada özellikle büyük bir önem taşır. Malzeme, mevcut amacın gerektirdiğinden daha yüksek özellikleri haiz olmamalıdır. Bu genellikle uygulamada daha pahalı malzeme anlamını taşır. Eğer ağırlık veya benzer koşullar, örneğin aşınma ve korozyona dayanma gibi, şart koşulmuş ise, bu durumda ister istemez özel malzemeler seçilebilir.

Büyük işletmelerde en iyi çözümü bulmak için konstruktörler, imalat planlamacılar, kalite kontrolcüler, işletme ve imalat mühendisleri gibi elemanlar birlikte çalışır ve karar verir. En iyi çözüm daima müşterek bir çalışmaya bağlıdır. Buna mukabil küçük işletmelerde, konstruktör ve işletme mühendislerinin çok yönlü olması gerekir. Her probleme en iyi çözümü bulmak için probleme ait teknik durumla ilgili mesleki yayınlar kullanılmalı ve bu yoldaki deneyimlerden faydalanılmalıdır.

Genel olarak bir dizayndan konstruktör sorumludur. Fakat bu husus kaynaklı imalatta çok sınırlı olarak sözkonusu olmaktadır. Zira burada parçanın şekillendirilmesi, malzemenin seçimi, kullanılacak ilave kaynak malzemesi, kaynak yöntemi, kaynağın muayene ve kontrolü, kaynak sırasında parçaya verilen ısı girdisi, kaynaktan önce ve sonra uygulanacak ısıl işlemler... gibi, birbirinin içerisine girmiş birçok etkenler bulunduğundan, konstruktörün her konuda uzman bulunmadığı hususu gözardı edilemez.

Bunun için kaynaklı imalat yapan işletmelerde muhakkak surette bulunması gereken kaynak mühendisleri ile de, konstrüksiyon sırasında sıkı bir bilgi alış verişi yapılmalıdır. Zira uzman kaynak mühendisi, kaynaklı iş parçasının imalatından müştereken sorumludur. Örneğin, Almanya da özel bir eğitimle yetiştirilen uzman kaynak mühendislerinin imzalayarak sorumluluğunu almadığı hiçbir kaynaklı imalat, işlem görmez. Almanya'da kaynaklı imalat yapan işletmelerin muhakkak surette bir kaynak mühendisi bulundurmaları zorunludur.

Yüksek çelik yapılar, köprü yapımı, buhar kazanları, basınçlı kaplar, gemi yapımı, boru tesisatları... gibi kaynaklı konstrüksiyonlar için özel spesifikasyonlar, standartlar ve şartnameler mevcuttur. Bunlara da uyulması zorunludur ve bundan da kaynak mühendisi sorumludur.

Aşağıda verilen bilgiler, kaynak konstrüksiyonları için genel bir değerlendirme olup, konstrüksiyonlardaki çeşitli kaynak yöntemlerinden istenen hususları içermektedir. Her kaynaklı parçada, imalat maliyetleri de önemli olduğundan aşağıdaki hususlara uyulması gereklidir.

1.- Parçaya ait teknik resimlerin anlaşılır ve tam olmaları istenir. Yanlış anlama ve hatalardan kaçınmak için konstruktörün, imalatın gidişi hakkındaki bütün düşünceleri ve onayı alınmalıdır.

2.- Konstrüksiyonun tarzı ve uygulaması için kullanılan malzemenin kaynağa uygunluğu şarttır.

3.- Her konstrüksiyon için gerekli gerçek parça kalınlığı tespit edilmeli ve mümkün mertebe az

malzeme çeşidi ile çalışılmalıdır.

4.- İş parçasından aşırı bir emniyet istenmemelidir. Kaynak dikişinin kesiti ve kalınlığı gereğinden fazla olmamalıdır. İç köşe dikişlerinde, imalat maliyetleri dikiş kalınlığı ile tedrici olarak artar. Kaynak dikişinin hacmi ne kadar az ise, mevcut gerilmeler, çarpılmalar ve daha sonraki doğrultma işlemleri de o derecede azalmış olur.

5.- Özel kaynak kalitesi, ancak ortaya çıkan zorlamalardan kaçınılmayan hallerde (yerlerde) istenir.

6.- Uygulamanın yapıldığı atölye uygun şekilde donatılmalı ve kaynak yöntemlerinin en uygunu seçilmelidir.

7.- En güvenli kaynak bağlantısı (en başta dinamik zorlama hallerinde) alın dikişleridir.

8.- Şiddetli kuvvet akışları (sapmaları) konstrüksiyon ve imalattan kaynaklanan çentiklerden ve ani rijitlik değişikliklerinden ileri geldiği için, bunlardan kaçınılmalıdır.

9.- Mümkün olduğu kadar az sayıda parça, az sayıda kaynakla birleştirilmelidir ve hurdaya çıkan kesme artıklarının minimumda tutulmasına dikkat edilmelidir.

10.- Bütün gayrete rağmen kaynak dikişi yığılmalarından kaçınılamıyorsa, dökme çelik, preslenmiş veya dövme parça kullanmak bazen daha iyi çözüm olabilir.

11.- Kaynak dikişleri, mümkün mertbe konstrüksiyonun daha az zorlanan yerlerine getirilmelidir. Böylece parça kalınlığına bakılmaksızın yerel olarak müsaade edilen zorlamalar taşınabilir. Bu suretle de özellikle yüksek muayene maliyeti gerektiren yüksek kalite istekleri ile ilgili olan özel şartnamelerden daha kolay kaçınılabılır. Dikişler imkan nispetinde sistemin atalet eksenine (tarafsız çizgisine) göre simetrik düzenlenmelidir. İki taraftan aynı anda kaynak yapılmak suretiyle çarpılmalar en asgari düzeyde tutulabilir.

12.- Yaşlanma ve gevrek kırılma tehlikesi nedeni ile soğuk şekil değiştirmiş bölgelerin kaynağından kaçınılmalı ve bu bölgelere uygun bir mesafe bırakılarak kaynak yapılmalıdır.

13.- Dizayn sırasında, malzemede segregasyon bölgeleri varmış gibi konstrüksiyon yapılmalıdır. Böylece malzeme seçiminde malzemenin döküm tarzının göz önünde tutulmasına gerek kalmaz.

14.- İnce sac konstrüksiyonlarında sürekli iç köşe dikişlerinden mümkün mertbe kaçınılmalıdır.

15.- Kaynak yerlerine kolayca ulaşılabilir. Çekilen dikişin kusursuz ve kaliteli olması için kaynakçı serbestçe hareket edebilmelidir. Eğer kaynak dikişinin gerçekleştirilmesi için montaj sırasında belirli bir işlem gerekiyorsa, bu husus teknik resimde özellikle belirtilmelidir. Dikişlerin yanına kolayca yaklaşılması ve gerekli tahribatsız muayenelerin yapılması için de yeterli bir hareket alanı bulunmalıdır.

16.- Çeşitli kaynak yöntemlerinde oluk pozisyonu vazgeçilmezdir. Bu el ile yapılan kaynakta en ekonomik pozisyonudur. Oluk pozisyonunun sağladığı rahatlık sayesinde, kaynak hatalarından kolaylıkla kaçınılabılır. Böylece de genellikle yüksek bir verim sağlanır. Uygun kaynak pozisyonları için gerekli bağlama ve döndürme tertibatları kullanmak yararlıdır.

17.- Toleranslar gereğinden düşük tutulmamalıdır. Sonradan yapılan alıştırmalar pahalıya mal olur.

18.- Isıl işlemler ekonomik yapılmalıdır.

19.- İmal edilen parçalarda, asla fazla miktarda düzeltme istenmemelidir. Düzeltme ile iç gerilme

koşulları kötüleşebilir. Bu yüzden de emniyet tehlikeye girer. Eğer düzeltmeyi müteakip bir gerilme giderme tavlama ön görülüyorsa, iç gerilme durumu daha da fenalaşır. Daha projelendirme sırasında çarpılmalar, distorsyonlar, çeşitli kendini çekme gibi form bozuklukları mümkün mertebe düşük tutulmaya çalışılmalıdır. Böylece kaynaktan sonraki düzeltme ve doğrulma işleminden tasarruf yapılır. Bazı durumlarda doğrultma ve distorsyonlardan kaçınmak için daha kalın saç da kullanılabilir. İyi düşünülmüş bir kaynak planı ve sırası ile elde edilen doğrusalık ve düzlemsellikte yetinilmelidir.

20.- Her kaynak konstrüksiyonunda distorsyon görülebilir. Eğer kaynak yerinin mekanik olarak işlenmesi ön görülüyorsa, işleme payları için bir ölçü vermek kolay değildir. Bu konuda çeşitli müesseselerin tecrübe ile kazanılmış özel işletme normları vardır. Temel olarak konstrüksiyonu küçük gruplara ayırmak gerekir. Bunlar tek tek işlenmeli, bunlardaki ölçü sapmaları önceden verilen ilave distorsyon ile kısmen dengelenebilir. Distorsyon ve çarpılma toleranslarını karşılayacak derecede büyük işleme payları verilmelidir. Kaynak sırasında kullanılacak tertibatlarla, çarpılmalar düşük değerlerde tutulabilir. Böyle durumlarda işleme payları azaltılabilir ve sonuçta mekanik işletme maliyetleri de daha düşük olur. Bir kaynak dikişinin kalitesine tesir eden faktörleri de şöyle bir araya toplayabiliriz:

- A.- Esas (ana) metal
- B.- Kaynak yöntemi
- C.- İşletme zorlamaları (statik, dinamik, ısı... gibi)
- D.- Ortamın tesirleri (sıcaklık, iklim, korozyon... gibi)
- E.- Geometrik faktörler (cidar kalınlığı, farklı kalınlıklar, yüzey durumu, dikiş fazlalığı, toleranslar... gibi)
- F.- Kaynaktan sonraki işlemler (ısı işlem, dikişlerin işlenmesi, soğuk sertleştirme ve şekil verme... gibi)
- G.- Dikişlerin tahribatsız muayenesi (radyografik, ultrasonik, manyetik toz, floresans sıvı emdirme... gibi)
- H.- Bakım ve tamir (kaynaktan sonra yapılacak bakım ve onarımlar... gibi)

Literatür

(1) ANIK, Selahaddin

"Kaynaklı imalatın (Dizaynın) esasları" Böhler Kaynak Dünyası 91/3

XXI. BÖLÜM

KAYNAK TEKNİĞİNDE İŞ GÜVENLİĞİ

1.-Giriş

Günümüzde parçaların kaynakla birleştirilmesi veya kesilmesi, imalât sanayinde geniş şekilde kullanılmaktadır. Kaynak donanımlarının kolayca taşınabilmesi sayesinde; kaynak ve kesme işlemleri, en uzak şantiyelerde bile kolayca yapılabilmektedir.

Bir meslek sahibinin teknik bilgisi, ancak kendi mesleğindeki tehlikeleri bildiği müddetçe tamdır. Bu bakımdan kaynak işleriyle uğraşan işçi, usta ve mühendisin her türlü kazaya karşı korunmasını bilmesi ve önceden tedbirlerini alması gerekir. Hatta işverenin işçiye çalışmaya başlamadan evvel yazılı olarak işin tehlikeli yönlerini ve alınması gereken tedbirleri bildirmesi gerekir. Böylece işçi kendi açısından işinin gerektirdiği dikkat ve itinaı gösterecek ve yanlış hareketi neticesinde doğacak hasardan kendisinin mes'ul olduğunu da bilecektir.

Kaynakla birleştirme ve kesmede ortaya çıkabilecek tehlikeler; can ve mal kayıplarına sebep olabilir. Ortaya çıkabilecek kaza ve *zararlar*, kaynak usulü ve çalışma şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Bu sebepten kaynakta iş güvenliği, kaynak usullerine göre ele alınacaktır.

2.- Oksi-asetilen kaynağında iş güvenliği

Oksi-asetilen kaynağında en büyük tehlikeyi, patlayıcı gaz karışımının meydana gelmesi teşkil eder. Asetilen oksijenle % 2,8 ilâ 93 ve hava ile % 1,5 ilâ 81 oranlarında karıştığı takdirde, patlayıcı gaz karışımları meydana gelir. Karışım oranlarının geniş olması, bu tür kaynağı yapan kişinin daima gaz patlaması tehlikesiyle karşı karşıya olduğunu ifade eder. Bu tehlikeli karışımlar aynı zamanda benzin, benzol, katran ve yağ fiçilerinin kaynağı sırasında da meydana gelir. Patlayıcı karışımların tutuşması için, ufak bir kıvılcım yeterli olmaktadır.

Her asetilen üretim cihazı; yeni olarak veya boşaldıktan sonra, üretime başlamadan evvel hava ile doludur. Asetilen üretimi esnasında, su ile temas eden karpitten elde edilmesiyle patlayıcı karışım meydana gelmemesi için cihazların kullanma tarifelerine göre havalandırılması gerekir. Bu tür patlamaların çoğunluğu, sabit tip düşürme sistemli asetilen üretim cihazlarında meydana gelmektedir. Bunun önlenmesi için, ön doldurucu kullanılarak havanın cihazın içerisine girmesi önlenmektedir. Patlayıcı karışımların tutuşması; karpit parçalarının birbirine çarpması, alevin cihazın içerisine geri tepmesi veya madeni parçaların birbirine sürtmesiyle ortaya çıkabilir. Aşağıdaki bölümlerde oksi-asetilen kaynak ve kesme sistemlerinin kullanılması esnasında kazaların önlenmesi için, alınması gereken tedbirler ele alınacaktır.

2.1.- Asetilen istihsal cihazlarında alınacak tedbirler

a-) Cihazlar işletmelerdeki gayeleri için kullanılmalı ve kullanma şartları, kullanıcı tarafından iyice bilinmelidir.

- b-) İstihsal cihazları mümkün mertebe içerisindeki beslenme suyu ile birlikte taşınmalıdır.
- c-) Cihazın parçalarının sökülmesi esnasında çok dikkatli davranılmalı ve parçaların birbiriyle teması sonunda kıvılcımın meydana gelmemesine dikkat edilmelidir.
- d-) Cihazın bulunduğu yer, iyice havalandırılmalıdır.
- e-) Kışın donan cihazların çözülmesinde, sıcak su veya buhar kullanılmalıdır. Alev veya açık bir ateşle çözmek, yasaktır.
- f-) Cihazlardaki donmayı önlemek için, cihazlar kışın pencere ve kapıların yanından uzak tutulmalıdır. Bunun yanında, geceleri suyunun boşaltılması veya donmayı önleyici kimyevi maddelerin katılması da düşünülebilir.
- g-) İstihsal cihazının cinsine göre karpit kullanılmalı ve kazanın kapasitesinden fazla karpit konmamalıdır.
- h-) *Kazana* karpit koyarken veya çamuru boşaltırken, kazanın yanına sigara veya açık ateşle yaklaşılmalıdır.

22.- Sulu geri tepme emniyet tertibatlarının kullanılmasında alınacak tedbirler

- a-) Her kesme ve kaynak işleminde, kazan ile üfleç arasına bir sulu geri tepme emniyet tertibatı bağlanması mecburidir.
- b-) Emniyet kabının her kaynak işleminden evvel veya günde birkaç defa su seviyesi kontrol edilmelidir.
- c-) Sulu geri tepme emniyet tertibatları, en az ayda bir defa temizlenmelidir.
- d-) Arada sırada emniyet tertibatının bütün kısımları iyi bir şekilde kontrol edilmeli ve vazife yapmıyorsa denenmelidir.
- e-) Her geri tepmeden sonra, su seviyeleri mutlaka kontrol edilmelidir.

2.3.-Oksijen ve asetilen tüplerinin, supapların ve üfleçlerin kullanılmasında uyulması gereken tedbirler

- a-) Tüpler fırlatılmamalı, yuvarlanmamalı ve şiddetli sarsıntılara karşı emniyete alınmalıdır.
- b-) Tüpler depolanırken direkt olarak güneş ışınlarının altında ve aşırı soğukta bırakılmamalıdır.
- c-) Dik duran tüpler, bir çember veya zincirle düşmeye karşı emniyet altına alınmalıdır.
- d-) Oksijen tüplerinin ventili ve diğer kısımları, yağlı maddelerle temas etmemelidir. Yağlı ellerle, yağlı üstüğü veya bezle tüp ventilleri açılmamalıdır.
- e-) Tüp ventilleri sıkı kapanmalı ve sızdırmaz olmalıdır.
- f-) Basınç düşürme manometresi başlangıçta, yavaş olarak açılır. Eğer hızlı olarak açılırsa; yüksek basınçla gelen oksijen içeride kalan hava ve gazı ısıtarak, salmastralarda bulunan tozların tutuşmasına sebep olabilir.
- g-) Donan ventiller, sıcak su veya sıcak havlu ile çözülmelidir. Açık alev kullanılmamalıdır.
- h-) Tüp ventilleri elle açılıp kapanmalı, herhangi bir alet kullanılmamalıdır.
- l-) Tüpler manyetik krenlerle nakledilmemelidir.

- k-) Oksijen tüpleri, asetilen tüpleriyle beraber depolanmamalıdır.
- l-) Yanar haldeki üfleçler tüplerin üzerine aşılmamalıdır.
- m-) Üfleçler kullanıldıktan sonra, askılarına aşılmalı; fırlatılıp atılmamalıdır.
- n-) Üfleçlerin ağız bekleri kendilerine mahsus özel anahtarlarla saplarına tespit edilmelidir.
- p-) Üflecin ağzının tıkanması halinde; iki gaz da kapatılıp, özel paybalarla temizleme yapılmalıdır.
- r-) Üflecin asetileni emip emmediği, her kaynak işleminden evvel kontrol edilmelidir.
- s-) Asetilen tüplerinde hortum bağlayıcı olarak, bakır boru kullanılmamalıdır.

2.4.- Teneffüs sisteminin korunması

Oksi-asetilen kaynağında alev kaynak mahallinin havasının oksijenini yavaş yavaş aldığından, zamanla havadaki azot miktarı yükselir ve dolayısıyla nefes alma işlemi güçleşir. Bu nedenle, kaynak yapılan mahallin devamlı şekilde havalandırılması gerekir.

Kapalı yerlerde yapılan kaynak ve kesme işlemlerinde; gaz, duman ve buharlara karşı sun'i havalandırma yapılmalıdır. Genel olarak; kaynak atölyelerinin havası, saatte 10 ilâ 12 defa değiştirilmelidir. Kazan, kab ve gemi kamarası gibi kapalı küçük hacimlerin kaynağında, kaynak yerine sun'i olarak hava üflenmelidir.

Kurşun, çinko, kadmiyum veya üzeri boyalı parçaların kaynak ve kesme işlemlerinde havalandırma yapılmalıdır.

3.- Elektrik ark kaynağında iş güvenliği

Elektrik ark kaynağı doğru bir düzen içerisinde yapıldığı zaman, emniyetli ve kazasız bir usuldür. Kaynak donanımının hatasız düzenlenmesi ve kaynak mahallinin iyi havalandırılmasıyla, emniyetli çalışma şartları sağlanır. Elektrik ark kaynağında ortaya çıkabilecek zararlı durumlar; elektrik şoku, toz ve duman, ark ışınları başlıkları altında toplanabilir.

3.1.- Elektrik şoku

Elektrik ark kaynağında elektrik şoku (elektrik çarpması), büyük bir tehlike arzeder. Özellikle, kaynak makinasının boşta çalışması esnasında meydana gelir. Kaynak yapılırken ark gerilimi 20 ilâ 30 volt arasında olmasına rağmen, makinanın boşta çalışması esnasında bu değer 65 ilâ 100 volt arasında bulunur. Bu değer, elektrik çarpmasına sebep olabilir.

Elektrik ark kaynağında elektrik çarpmasına engel olmak için, aşağıdaki tedbirlerin alınması gereklidir:

- a-) İyi izole edilmiş kuru eldivenler kullanılmalıdır,
- b-) Kaynak pensleri, akım geçmeyecek şekilde izole edilmiş olmalıdır,
- c-) Bütün tesisat topraklanmalıdır.
- d-) Kaynak kabloları sağlam olmalı, üzerlerinde izolesi bozulmuş kısımlar bulunmamalıdır,
- e-) Gemi kabinleri, kazanlar ve kabloların kaynaklanması gibi dar yerlerde yapılan kaynaklarda, yalnız doğru akım kullanılmalı ve boşta çalışma gerilimini sınırlayan koruyucu şalterler bulundurulmalıdır.
- f-) Dar yerlerde yapılan kaynaklarda, kaynakçının metalik kısımlarla temasını önleyecek lastik

veya tahta altıklar kullanılmalıdır.

g-) Kaynak aralarında (yani makina boşta çalışırken), elektrod pensesini koltuk altında tutmamalı ve izole edilmiş bir parça üzerine (tahta gibi) bırakılmalıdır.

h-) Kaynak kablosunu takarken veya kutupları değiştirirken, makina boşta çalıştırılmamalı; makina durdurulmalıdır.

3.2.- Elektrik ark kaynağında ışınlar

Kaynak yapılırken meydana gelen elektrik arki, bir enerji değişimini meydana getirir. Kaynak makinasından alınan elektrik enerjisi, ısı ve ışık şekline dönüşür. Elektrik enerjisinin ışık haline geçen miktarı, % 15'dir. Bu ışınlar, kaynak yapan kişinin gözleri ve cildi üzerinde zararlı etkilere sahiptir.

Elektrik ark kaynağında; parlak, ultraviyole ve infraruj olmak üzere üç çeşit ışın meydana gelir:

a-) Parlak ışınlar: Parlak ışınlar, gözleri kamaştırırlar. Bu ışınlardan korunmak için, maskeler kullanılır. Parlak ışının şiddeti, akım şiddetine bağlı olarak değişir. Akım şiddeti arttıkça, ışının etkisi artar. Bu sebepten, daha koyu camlı maskelerin kullanılması gerekir.

b-) Infraruj ışınlar: Bu ışının etkisi, sıcaklık ile kendini gösterir. Kaynakçının vücudundaki açık kısımlarda, yanma şeklinde etki yapar. Infraruj ışınlar kaynakçılarda, fiziki bir gerginlik meydana getirir ve kaynak işleminin verimini düşürür.

c-) Ultraviyole ışınlar: Ark kaynağında meydana gelen ışınlardan en tehlikeli olanıdır. Bu ışınlar, cilt ve gözde yanıkların meydana gelmesine sebep olurlar. Bu sebepten, bütün vücudun ve gözlerin, bu ışınlara karşı korunması çok önemlidir. Böyle bir ışına maruz kalmış kişide, birkaç saat sonra baş ağrısı ve daha sonra gözlerinde yanmalar meydana gelir. Ciltte meydana gelen yanıklar, güneş yanığı gibi yüzeyseldir. Ultraviyole ışınlar yalnız kaynak yapan kişiler için değil, aynı zamanda çevresinde bulunanlar için de zararlıdır. Bu sebepten kaynak yapılan yerin muhafaza altına alınması veya kaynak yapılan yerin yakınında, bulunmamalıdır. Kaynak yapan kişinin bu ışınlardan korunması için; maskenin yanında, cildinde açık kısımlarının bulunmaması gerekir.

3.3.- Toz ve dumanlardan korunma

Kaynak esnasında meydana gelen gaz, duman ve buhardan teneffüs sisteminin korunması; insan sağlığı bakımından önemlidir. Kaynak yapılan çevredeki havanın duman konsantrasyonu, 20 mgr/m³ değerini aşmamalıdır. Tablo XXI.1' de 4 mm çapındaki çeşitli elektrodlarla yapılan kaynakta meydana gelen duman miktarı; tablo XXI.2 ve 3' de sırasıyla, havadaki nominal gaz konsantrasyonu ve toz konsantrasyonu verilmiştir. Kaynak esnasında ortaya çıkan gaz ve tozun kaynakçının sağlığına zarar vermemesi için, kaynak bölgesi havalandırılmalıdır. Aspiratörlerle dakikada, 15 ilâ 25 m³ hava emilmesi gerekir. Kaynak bölgesindeki gazın durumunu ölçmeye yarayan aletler vardır.

Tablo XXI. 1.- Çeşitli elektrodalarda meydana gelen duman miktarları.

Elektrod cinsi	Duman miktarı (gr/elektrod)
Nötr karakterli	0,5- 1,5
Derin nüfuziyet (nötr)	2,5- 4,0
Rutil karakterli	0,5- 1,0
Bazik karakterli	1,5- 2,5
Paslanmaz çelik	1 ,0'den az
Dökme demir	0,5- 2,5

Tablo XXI.2.- Havadaki nominal gaz konsantrasyonları.

Madde	Nominal değer (cm ³ /m ³)
Aseton	500
Benzol	35
Karbondioksit	5000
Karbonmonoksit	100
Azotdioksit	25

Tablo XXI. 3.- Havadaki toz konsantrasyonu.

Madde	Nominal değer (mgr/m ³)
Demir oksit	15,0
Kurşun	0,15
Çinko oksit	15,0

4.- Kaynak tekniğinde yangın tehlikesi

Gerek gaz eritme kaynağında, gerekse elektrik ark kaynağında ortaya çıkan yüksek sıcaklıklar yangın tehlikesi ortaya çıkarır. Yüksek sıcaklık ve açık alev, herhangi bir yanıcı maddeyi aniden ve zor yanan bir maddeyi de kısa bir zamanda alevlendirebilir. Kaynak ısısının direkt tesiri altında meydana

gelen yangın başlangıçları, genellikle kaynakçının görüş sahası dahilindedir ve büyük bir tehlike arz etmez.

Malzemelerin alevlenme sıcaklıkları farklıdır. Fakat bu sıcaklıkların çoğu, kaynaktaki çalışılan sıcaklıkların altındadır. Yanmanın başlaması kendi kendine alevlenme şeklinde olabildiği gibi, metal parçacıkların kaynak sırasında sıçramasıyla da olabilir. Kolayca yanabilen bir malzemenin üzerine düşen bu kıvılcıklar, ufak kızgın noktalar meydana getirirler ve zamanla alevlenmeye sebep olurlar.

Yukarıda belirtilen sebeplerden başka, kaynakçının dikkatsiz çalışması neticesinde de yangın başlayabilir. Gaz eritme kaynağında üfleçlerin dikkatsiz kullanılması, kaynaktan sonra yanıcı maddelerle temas ettirilmesi yangın başlangıcını ortaya çıkarabilir. Elektrik ark kaynağında elektrod artıklarının gelişigüzel şekilde etrafa atılması da, tutuşmalara sebep olabilir.

Kaynak işleminin sebep olduğu yangınların önlenmesi için alınacak tedbirler şöyle sıralanabilir:

a-) Kaynak mahallinde mevcut olabilecek yanıcı malzeme, eşya ve tozların kıvılcım menzili dışına çıkarılması gerekir.

b-) Kapalı yerlerde kaynak yapılırken; binanın yanabilecek kısımlarının alevin direkt temasına, radyasyon ısısına ve sıçrayan metal parçacıklarına karşı yanmayan maddelerle korunması veya ıslatılması gerekir,

c-) Açık ateşle tamir edilecek boru veya kapların yanabilir izolasyonlarının, kaynak veya kesme işlemi süresince işlem yapılan yerden uzaklaştırılması lazımdır,

d-) Kaynakçının kaynak sırasında maske kullanması sebebiyle etrafını görememesinden dolayı çıkabilecek yangını hemen tespit etmek üzere, bir yardımcı veya yangın söndürücü elemanın bulundurulması gerekir,

e-) Kaynakçının üfleci uygun şekilde kullanması, elektrod artıklarını yanmayacak bir yere atması gibi konulara dikkat edilmelidir,

f-) Yangın çıkma ihtimali olan kısımların kaynaktan önce ıslatılması faydalı olur.

5.- Özel kaynak usullerinde iş güvenliği

5.1.- Gazaltı kaynağında iş güvenliği

Normal elektrik ark kaynağında alınan tedbirlerin yanında, gazaltı kaynağında daha koyu renkli gözlükler kullanılmalıdır. Ayrıca radyasyondan korunmak için, kaynakçının kafasını ve boynunu tamamen kapatan maskelerin kullanılması gerekir.

Gazaltı kaynağında işlem esnasında ozon, karbonmonooksit ve fosgen gibi gazların ortaya çıkması sebebiyle; iyi bir havalandırma yapılmalıdır.

5.2.- Plazma ark kaynağında iş güvenliği

Plazma ark kaynağında yüksek voltaj kullanılması sebebiyle, elektrik çarpmalarına, ortaya çıkan ultraviyole ışınlarla, zehirli gazlara karşı havalandırmaya dikkat etmek gerekir.

Plazma demetinin üfleçten yüksek bir hızda çıkması sebebiyle, kaynakçı çok büyük bir gürültünün etkisi altındadır. Bu sebepten kaynakçının, özel tapan veya kulaklıklar kullanması gerekir.

Zehirleyici gaz olarak, azot oksitleri meydana gelebilir. Bilhassa, koruyucu gaz olarak azotun kullanılması halinde iyi bir şekilde havalandırma yapılmalıdır.

Metal ve seramik malzemelerin püskürtülmesi esnasında, püskürtülen malzemenin cinsine bağlı olarak tehlikeli toz ve dumanlar meydana gelebilir. Bu tozların kaynakçı tarafından yutulması halinde, ateşinde artma meydana gelir. Ayrıca tozların birikmesi, kapalı yerlerde yangın ve patlama tehlikesi meydana getirir.

5.3.- Elektro-cüruf kaynağında iş güvenliği

Elektrik direnci yüksek olan cürufların bu özelliklerinden faydalanılarak, parçaların ağızlarının eritildiği ve kaynakladığı bir kaynak usulüdür. Normal hallerde kullanılan tozlar; demir, manganez, alüminyum ve kalsiyum silikatları, kalsiyum florür ve kalsiyum karbonattan ibarettir. İşlem esnasında çok az toz kullanıldığından, diğer usullere göre çok az duman meydana gelir. Başlangıçtaki birkaç saniyelik süre göz önüne alınmazsa, elektro-cüruf kaynağında ark tozun altında kaldığından civarda çalışanlar için tehlike arz etmez.

5.4.- Elektron ışınları ile kaynakta iş güvenliği

Elektron ışınlarıyla kaynak donanımı genel olarak parçaların içerisine yerleştirildiği ve dinamik olarak vakum haline getirilmiş bir odacık, bir elektron tabancası, yüksek ve alçak gerilimi üreten elektron ışınlarını hızlandıran ve ayarlayan bir kuvvet ünitesinden meydana gelir.

Kaynak makinasının donanımlarının dış kısımlarından meydana gelebilecek elektrik çarpmaları, makineyi imal edenin hatasıdır. Çalışma odacığı, kuvvet grubu ve pompalama ünitelerinin hepsini kapsayan bir topraklama tesisatı yapılmalıdır. Böylece maksimum emniyet sağlanmış olur ve kaynakçı, odacığın dış kısmında bulunan her şeye tehlikesizce dokunabilir. Elektriki bakımdan dikkat edilmesi gereken husus; vakum odası temizlenirken veya odaya kaynak edilecek parçanın yerleştirilmesi esnasında, yüksek gerilim tesisatının devreden çıkarılmasıdır.

Yüksek gerilimli elektron ışını kullanılması sebebiyle, tehlikeli ışınlar meydana gelir. Bu ışınlarından çalışanların korunabilmesi için, kabinlerin ve gözetleme deliklerinin iyi izole edilmesi gerekir.

Elektron ışını ile kaynak işleminde malzemelerde buharlaşma meydana gelmesi sebebiyle; kaynak edilecek parçanın berilyum ve plütonyum gibi zehirli elemanları ihtiva etmesi durumunda zehirlenme tehlikesi meydana gelebilir. Böyle durumlarda zehirli buharların temizlenmesi için gerekli tertibat alınmalıdır.

6.- Literatür

(1)-ANIK, Selâhaddin "Kaynak tekniğinde iş emniyeti"

O. Kaynak Tekniği, K.T.5, 1968

(2)- ANIK, Selâhaddin

"Ark kaynağında ışınlardan korunma"

Demir ve Çelik Dergisi, Sayı 10, 1960

(3)- ANIK, Selâhaddin

"Oksi-asetilen kaynağında iş güvenliği-Elektrik
ark kaynağında iş güvenliği" Makina Malzemesi ve
İmâl Usulleri Ens. Yayın No. 30,1968

(4)- ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Tekniği Cilt I"

İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 960,1973

(5)- ANIK, Selâhaddin

"Kaynak Teknolojisi El Kitabı"

Ergör Matbaası, İstanbul 1983