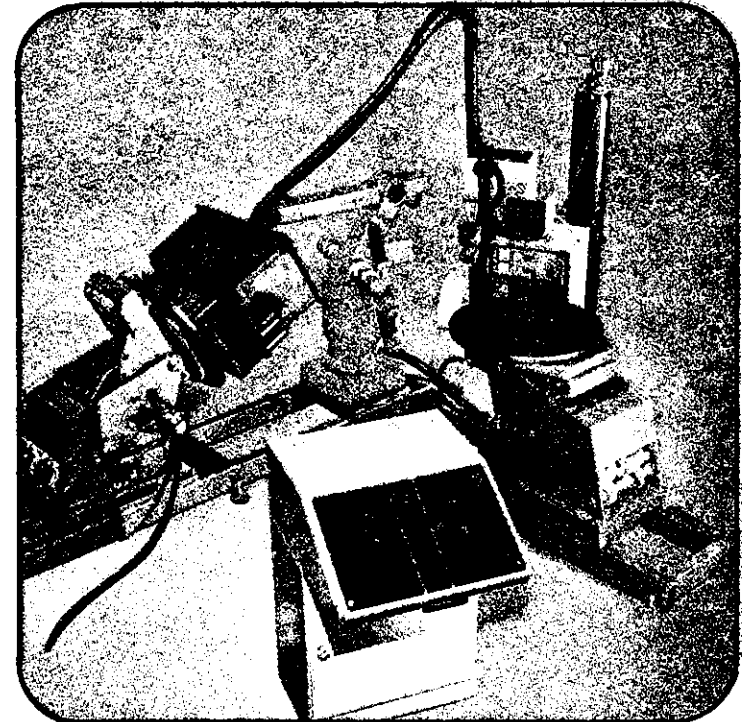


OTOMATİK (İLERİ) KAYNAK TEKNOLOJİSİ



№ 7228

F. 370 Lira

SATIŞ VE DAĞITIM YERİ: İstanbul'da Devlet Kitapları Müdürlüğü
ve illerde Millî Eğitim Gençlik ve Spor Bakanlığı Yaynevleri

256

125

Ferit Baltacı
16.7.85
Ankara

OTOMATİK (İLERİ) KAYNAK TEKNOLOJİSİ

YAZANLAR

Kasım ADSAN

Mehmet TEMEL

BİRİNCİ BASIŞ



DEVLET KİTAPLARI

MİLLÎ EĞİTİM BASİMEVİ — İSTANBUL 1984

KAYNAĞIN TARİHSEL GELİŞİMİ

İnsanların metal ve alaşımlarını kaynak yaparak birleştirme işlemleri çok eski çağlara dayanmaktadır. Eski Mısır ve Asurda sert lehimle gümüş ve altın kaynağı yapıldığı, yapılan kazı ve araştırmalardan anlaşılmaktadır. Bir savaş aracı olarak kullanılan kılıçların saplarının, ağırlarına birleştirilmesinin kaynakla yapıldığı müzelerdeki bu eserlerin incelenmesinde görülmüştür. Kaynak tekniğinde hızlı gelişmeler yirminci yüzyılın başlarında olmuştur. 1801 yılında keşfedilen elektrik arkı, 1801 - 1806 yılları arasında karbon elektrik arkının bulunması ile kaynak yapılmaya başlandı. Kaynağı ilk defa Benardes ve arkadaşları karbon elektrodlarla, 600 amperlik akım ve 300 voltluk bir gerilimle yapmayı başarmışlardır. Metal çubuk elektrodlarla kaynağın yapılması ise 1889 yılında gerçekleşebilmiştir. Bu çubukla yapılan kaynakta düşük akım kullanıldığından, çevresel koruma tam olmadığı için, sıçramalar ve kaynak dikişi üzerinde gözenekler oluşmuştur. Kaynaktaki hataların giderilmesi amacı ile araştırmalar başlamıştır. Bunun sonucu olarak çıplak tel çubuk kireç suyuna batırılarak kullanılmaya başlanmıştır. Böyle bir uygulamada hataların belirgin olarak azaldığı görülmüştür. Araştırmalara devam edilmesi sonucu 1897 yılında ilk asit tipi elektrod yapıldı. Asit türü elektrod ile dikişin fiziksel görünümünde düzgünleşmiş oldu. İngiltere'de yapılan araştırmalarda elektrodun üzerine aspest sarılarak kullanılması 1905 yılında denendi. Diğerine göre daha olumlu sonuç vermesi nedeniyle Amerika'ya ihraç edilecek kadar önem kazandı. Elektrod üzerine bez sarılması fikri ile ilk defa selülozik elektrodların üretimlerinde gerçekleşmiş oldu. Böylece örtülü elektrodların yapılması yolunda gerçek adım atılmış bulunmaktadır.

Elektrodun bu ilerleme safhalarına karşılık oksii-asetilen kaynağı da kendi kullanım alanı içersinde pek fazla değişme göstermedi. Otomatik kesmeye de içersine alarak, 1930 yılına kadar tam bir birleştirme yöntemi olarak kullanıldı. Bu sıralarda elektrik ark kaynağının sorunları bir hayli fazla idi. Kalınlıkları 20 milimetreye kadar olan gereçlerin kaynatılması oksii-gaz kaynağı ile mümkün olabiliyordu. Örneğin, bir köprü yapımında oksijen kaynağını kullanmak zorunlu olabiliyordu. Ark kaynağının daha çok ekonomik olacağına inanan araştırmacılar, 1910 yıllarından sonra ince ve kalın olarak rutil elektrodların yapımını gerçekleştirdiler. Rutil elektrodların bulunması ile kaynak dikişlerinde aşırı derecede değişiklikler olduğu gözleendi. En fazla araştırma ikinci dünya savaşı (1942 - 1944 yılları arasında)

sırasında yapıldı. Bunun sonucu olarak demirtozlu ve bazik elektrodların yapımı sağlandı. Bazik tip elektrodlar kaliteli ve paslanmaz çeliklerin kaynatılmalarında büyük önem kazandı. Ark kaynağının bulunmasından sonra direnç kaynağı için çalışmalar 1888 yılında bir komisyon tarafından başlatıldı. İlk uygulaması da aynı yıl içersinde yapıldı. Direnç kaynağı uygulaması da ark kaynağı kadar geniş kapsamlı bir deneyler sonucunda istenilen amaca ulaşabildi. Tam olarak kullanılması ise 1930 yıllarından sonra olabildi. İkinci dünya savaşı ileri kaynak tekniğinin gelişmesine büyük katkısı olmuştur. Özellikle uçak sanayiinde otomatik kaynaklardan TİG kaynağının uygulanması birçok deneyimleri gerektirmiştir. Önce, tungstenin yalın halde kullanılması denenmiştir. Ancak, ısınan kısımlarının çok çabuk oksitlendiği görülmüştür. Bu neden ile tungsteni oksitlenmeden koruyacak ve kaynak alanında herhangi bir değişiklik yapmıyacak koruyucu bir elamana ihtiyaç olduğu görülmüştür. Koruyucu görevini yapacak elamanın nötr karakterde olması gerektiğinden ve özellikle gaz olması zorunludur. Böylece, (hava ile enaz eşdeğerlilik açısından) bu elemanların argon, helyum karbondioksit ve benzeri gazlar olacağı kesinlik kazanmıştır. Geçen zaman içersinde tungsten elektrod ile örtülü elektrod arasındaki ilişkinin önemi araştırılarak ergiyen bobin tel yöntemi bulundu. Böylece TİG ve MİG kaynak yöntemleri geliştirilmiş olarak uygulanmaya başlandı. Otomatik kaynakların araştırılması sırasında bazı diğer kaynak yöntemleri de kullanılmamakla beraber başlangıç durumuna gelebildi. Bunlardan birtaneside plazma ilgili laboratuvar çalışmalarıdır. 1925 yılında başlayan bu çalışmalardan hemen sonuç alınamamış isede sürekli çalışmalar sonunda kaynağın yapımı sağlanabildi. Bugün özellikle oksijenle ve ark ile kesilmesi mümkün olmayan (alüminyum ve paslanmaz çelik gibi) gereçlerin kesilmesi kaynatılması ve dolgu kaynağı yapılması rahatlıkla gerçekleşmektedir.

Hadde ve baskı kaynakları yöntemi ile genellikle buz dolaplarında alüminyumdan yapılan bazı soğutucu elemanlar kaynatılır. Soğuk olarak atomik difizyon olayından yararlanarak haddelenme işleminden geçirilerek kaynaklı birleştirmeleri yapılmaktadır.

Yüksek frekanslı ultrasonik (ultra ses yöntemi ile) kaynak işleminin yapılabilmesi bugünkü koşullarda geçerlidir. Lazer, elektron ışın (ark atom), sürtünme ve saplanma yöntemleri ile birçok güçlükleri yenmek suretiyle kaynak yapılabilir. Örneğin, 0,01 mm kalınlığındaki parçaların elektron ışın kaynağı ile kaynağı yapılabildiği gibi seramik parçaların kesilmeside mümkün olabilmektedir. Bugünkü şekli ile dahi, kaynak tekniği konusundaki araştırmalar endüstriye paralel olarak yürütülmektedir. Özellikle feza araştırmaları kaynağı daha da geçerli kılmakta ve bu yönde de araştırmalar yoğunluk kazanmaktadır.

KAYNAK YÖNTEMLERİ

Kaynak tekniğinde kullanılan yöntemlerin yapılış şekilleri ile kullanma yerlerine göre sınıflandırılmaktadır. Genel olarak kaynakların sınıflandırılması aşağıdaki gibi olmaktadır.

A - Ergitme Kaynakları

B - Basınçla yapılan kaynaklar

A - ERGİTME KAYNAK YÖNTEMLERİ

I - Elektrik ark kaynağı,

1 - Saplanma kaynağı

2 - Elektrodla yapılan kaynaklar,

3 - Tozaltı kaynağı,

4 - Koruyucu gaz (Gazaltı) kaynağı,

a - TİG (WIG) kaynağı,

b - MİG (MAG) kaynağı,

c - Plazma kaynağı,

d - Curufaltı kaynağı,

II - Direnç kaynakları ;

a - Alın kaynağı,

b - Nokta kaynağı,

c - Dikiş kaynağı,

d - Flaş kaynağı,

e - Çıkıntı (çökertme) kaynağı,

III - Termit kaynağı,

IV - Elektron ışın kaynağı,

V - Lazer kaynağı,

VI - Ultrasonik kaynaklar.

VII - Oksi-gaz kaynakları ;

a - Oksi-asetilen kaynağı,

b - Oksi-hidrojen kaynağı,

c - Oksi-propan gaz kaynağı,

B - BASINÇ KAYNAĞI YÖNTEMLERİ

Bu tür kaynaklara katı durum kaynak türleri de denilmektedir. Genel olarak yapım tekniklerine göre ayrılma yöntemleri aşağıdaki gibidir.

I - Soğuk Basınç Kaynağı ;

a - Patlama kaynağı,

b - Çökertme kaynağı,

c - Hadde kaynağı,

II - Sıcak Basınç Kaynağı ;

1 - Sürtünme kaynağı,

2 - Ocak kaynağı,

3 - Gaz basınç kaynağı,

Bu kaynak yöntemlerinin yapılış şekillerine göre de kendi aralarında tekrar ayırmak zorunluğu vardır. Çünkü ; bazılarında elbecerisi, bazılarında teknik kaynak bilgisi bir kısmında ise, herikisinin geçerli olduğu yöntemler bulunmaktadır. Buna göre bir ayırım yapılmak istenirse ;

I - Elle yapılan kaynaklar,

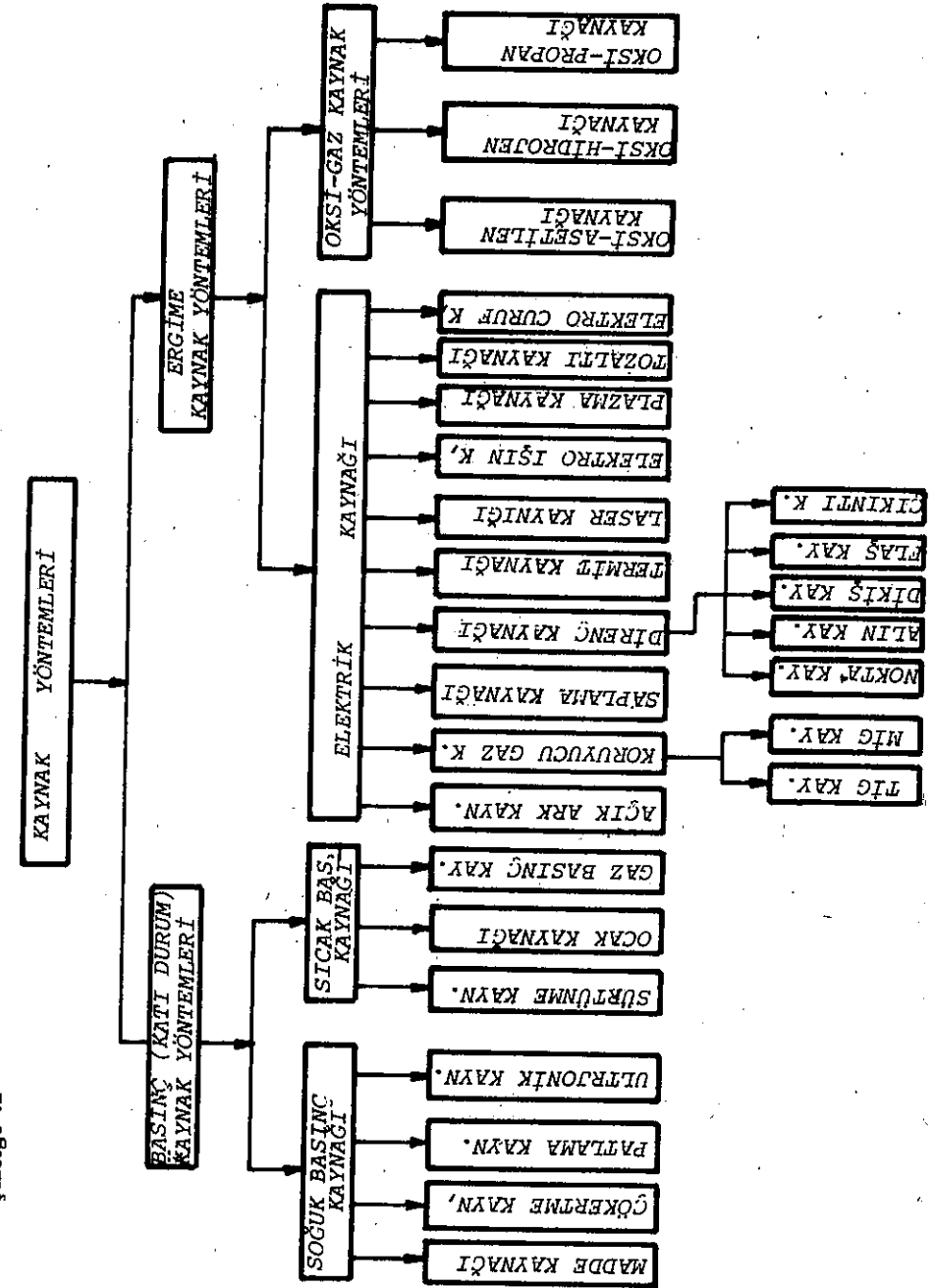
II - Yarı otomatik yapılan kaynaklar,

III - Tam otomatik yapılan kaynaklar,

Bunlardan en yaygın olarak kullanılan kaynak türleri (ülkemizde) elle yapılan kaynaklardır. Elle yapılan kaynaklarda çoğunluğunu örtülü elektrodlar teşkil etmektedir. El becerisinin diğer bir kullanma alanı ise, yarı otomatik olarak yapılan kaynaklardır. Bu kaynaklarda özellikle, TIG ve MIG kaynaklarının yapımında, iyi bir örtülü elektrod kaynakcısı başarılı olmaktadır. Otomatik olarak yapılan kaynaklarda ; elbecerisinden ziyade teknik kaynak bilgisi ağırlık kazanmaktadır. Yeterli kaynak bilgisi bulunmayan bir kimsenin otomatik kaynakları yapması çok güç olur. Bazı otomatik kaynaklarda ise çalışacak kaynakçının, makina üzerinde, belli bir süre eğitim görerek ihtisas sahibi olması gerekir. Hatta bu tür kişilere kaynak operatörü denilmektedir.

Kaynakların sınıflandırılmasına ait çizelge sayfa: 13 de görülmektedir. Bu çizelgeden çeşitli yöntemlerle yapılan işlemleri rahatlıkla seçmek mümkündür.

Çizelge :1



KORUYUCU GAZLAR

Kaynak tekniğinde kullanılan, arkı koruyan, dikişin fiziksel ve mekaniksel özelliklerine katkıda bulunmayan, gazlara koruyucu gazlar denir. Genel olarak koruyucu gazla yapılan kaynak türlerine gazaltı veya koruyucu gaz kaynakları denir. Elektrod (örtülü) üzerindeki örtünün temel görevlerinden biride ergiyik banyosunu havanın oksitlenmesinden korumaktır. Bu temel prensip geliştirilerek, ark alanının aktif olmıyan gazlarla korunma denemesi olumlu sonuç vermiştir. Kullanılan gazların, genellikle havadan ağır olması ile beraber kaynak alanında yan bir etki yapmaması zorunlu olmaktadır. Koruma işlemi yalnızca bir gaz türü ile olmayıp, iki veya daha fazla gazın karışımı ile de yapılmaktadır. Kaynak tekniğinde kullanılan koruyucu gazlar şunlardır ;

- 1 - Argon (Ar.)
- 2 - Helyum (He)
- 3 - Karbondioksit (CO_2)
- 4 - Neon (Ne)
- 5 - Xenon (Xe)
- 6 - Krypton (Kr)
- 7 - Azot (N_2)
- 8 - Oksijen (O_2)
- 9 - Hidrojen (H_2)

Yukarıda sıralanan koruyucu gaz özelliği taşıyan bu gazlardan üç tanesi, neon, xenon, krypton, çok pahalı ve güç elde edilmeleri nedeni ile koruyucu gaz olarak hemen hiç kullanılmamaktadır. Bunlar dışında yalnız başına kullanılan gazlar argon, helyum ve karbondioksittir. Argon, helyum ve karbondioksit yalnız başlarına kullanıldıkları gibi birbirleri ile karışım yapılarak da kullanılabilirler. Ancak, azot bazı durumlarda torçdan olmayarak direkt olarak kullanıldığı durumlar olabilir. Örneğin, plazma ve Tig kaynağında gereç altına gaz verilmesi gibi. Genellikle azot, oksijen ve hidrojen diğer temel gazlara katılarak kullanılırlar. Gazların kullanılmasında kaynatılacak gereçler çok önemli bir yer tutar. Kaynatılacak gereçlere göre gazların seçilmesi yanında kaynak yöntemleride bunlarla ilişkilidir. Bu gazlarla yapılan kaynaklar kütleli veya kaynatılması problem olan gereçlerin birleştirilmesi yapılır. Koruyucu gazlarla yapılan kaynak uygulamalarını içeren kaynak yöntemlerini şu şekilde sınıflandırabiliriz ;

- 1 - TIG (WIG),
- 2 - MIG (MAG),

Koruyucu gazın dolaylı (yardımcı) olarak kullanıldığı kaynak türleri ise ; c - Plazma kaynağı, d - Curufaltı kaynağı, e - Elektron kaynağı, g - Özlü elektrod kaynağıdır.

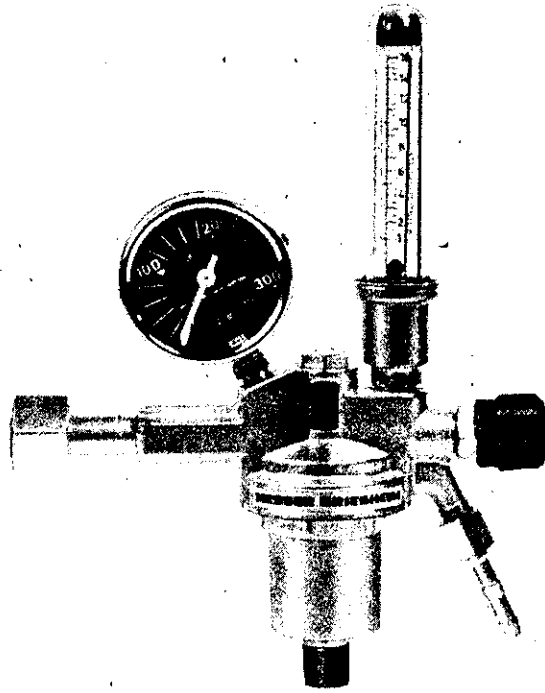
Koruyucu gaz olarak kullanılan gazların özelliklerini ve kullanılma amaçlarına göre ayırımlarını incelemekte yarar vardır. Buna göre her gazın özellikleri aşağıdaki şekilde açıklanabilir.

ARGON :Atom ağırlığı 40 olan tek atomlu bu gaz, havanın sıkıştırılmasından elde edilir. Kaynakta kullanılacak argonun saflık değeri % 99,99 kadar olmalıdır. Sıvı olarak taşınması gerekirse sıcaklığı -183°C nin altında tutulmalıdır. Bazı durumlarda argon gaz olarak nakledilebilir. Ancak ; sıvı nakledilmesi ve depolanması daha ekonomiktir. Argon gazının diğer koruyucu gazlara göre kullanılması daha yaygın ve gereklidir. Hemen hemen yaklaşık özellik taşıyan helyum gazına göre bazı bakımlardan üstündür. Bu yararlarını şu şekilde sıralayabiliriz.

- 1 - Düzgün ve sessiz ark oluşturur,
- 2 - Düşük ark voltu ve kaynak akımı ile beraber ark boyu yeterli değerdedir.
- 3 - Alternatif akımda kaynatılan alüminyum ve magnezyum gibi metallerde, çok önemli olan kaynak alanındaki yeterli temizliği sağlar.
- 4 - Helyuma göre elde edilmesi daha kolaydır. Az basınçlı üflemede yeterli koruma görevini yapabilir.
- 5 - Dikişin daha derin işlemesine katkısı fazladır.
- 6 - Arkın başlatılması daha kolaydır.

Düşük ark voltunun önemi, özellikle ince parçaların kaynatılmasında büyük avantaj sağlar. Dik, yan ve tavan kaynaklarında ise ergiyik kontrolü yapmak daha kolaydır. Argon, genellikle alüminyum ve alaşımları, bakır ve alaşımları, paslanmaz çelikler gibi duyarlı metallerin kaynatılmasında kullanılması daha düşürücü olarak özel debi ayarlı argon düşürücülerinin kullanılması daha yararlıdır. Oksijen düşürücüleri kullanılabildiği gibi kendi özel düşürücüleri (manometreleri) de kullanılır. Mümkün olursa kendi özel düşürücüleri tercih edilmelidir. Yüksek basınca ayarlı oksijen düşürücüsü ile hassas ayarlama yapmak her zaman mümkün değildir. Şekil : I de argon ve helyum için yapılmış veya ayarlanmış düşürücü görülmektedir.

HELYUM : Hafif bir gaz olup, tek atomludur. Atom ağırlığı ise dördttür. Helyum doğal gazların içersinde serpilmiş olarak bulunur. Kaynakta kullanılan bu gazın saflık değeri % 99,99 olması gerekir. Çok ender durumlarda helyum sıvı olarak depolanırsada genel olarak gaz halinde nakledilir veya tüplere doldurulur.



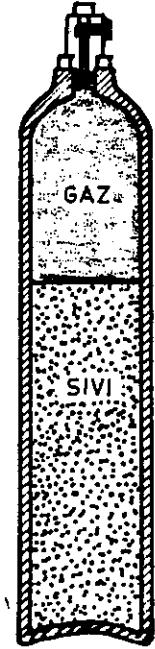
Şekil : I Argon veya Helyum Düşürücüsü (manometresi)

Helyumda yüksek ark voltu nedini ile sıcaklık değeri de artmaktadır. Bunun sonucu olarak argona göre daha fazla ısı enerjisi meydana gelmektedir. Fazla güçteki helyum arkı, fazla dayanım isteyen kalın gereçlerin kaynatılması için yararlı bir avantaj sayılabilir. Kaynak dikişi argona göre daha geniş ve işleme derinliği azdır. Bazı gereçler ve kaynak konumları için argon ile olan karışımı tercih edilebilir. Helyum genellikle argon gazının kullanıldığı yerler olan alüminyum, bakır, paslanmaz çelik gibi metallerin kaynatılmasında kullanılmaktadır.

KARBODİOKSİT : Argon veya helyum ile karışık olarak kullanıldığı gibi oksijenle karışım yaparak da kullanılır. Özellikle, yalnız başına çeliklerin kaynağında kullanılmaktadır. Çeliklerin dışındaki metallerin kaynatılmasında karışım olarak kullanılır. Çeliklerin kaynağında yüksek ilerleme hızı, iyi bir dikiş işlemesi, yeterli bir mekaniksel dayanım ve bunların yanında ucuz olması çok tercih edilen bir gaz durumundadır. Ancak, diğer gazlara (argon ve helyum) göre fazla sıçrama ve sesli bir ark oluşturmaktadır. Bu nedenle kaynak yaparken, ark boyu kaynakçı tarafından mümkün olduğu kadar kısa tutulmalıdır. Kaynakta kullanılan elektrodun oksitlenme yeteneği az olması lazımdır. Bunun için elektrodların yüzeyi bakır ile kaplı

olmalıdır. Arkın kısa tutulması yanında, kaynak akımının ayarı da önemli bir faktördür. Böylece sıçramanın azalmasına katkısı daha fazla olur. Karbondioksit kaynak alanındaki sıcak gazı da oksitler. Oksitlenme ergime ortamı nedeni ile kaynak alanına da yansır. Bu nedenle, karbondioksit koruyuculuğunda içersinde % 0,07 den az karbon bulunan çeliklerin kaynağı yapılmalıdır ki oksitlenmenin kaynak alanına etkisi az olsun. Oksitlenmenin bulunduğu yerde kaynak dikişi de oksitlenmektedir. Aynı zamanda az da olsa karbürlenmektedir. Sıcaklık etkisi ile serbest kalan karbon kaynak ergiyik alanına etki eder. Ergiyik alanı fazla ısınma ile geniş hacim oluştursada, bu gerecin içersinde bulunan manganez ve silisin eksilmesine neden olmaktadır. Bu gibi durumlarda karbonun serbest kalmaması için karbondioksit içersine % 10 kadar oksijen katılır. Genel olarak karbondioksitlenmektedirler. Dikişin oksitlenmesinden dolayı gözenek bırakmaması için CO₂ gazının ısıtılması yararlıdır. Karbondioksit bu özelliğinden dolayı aktif gaz denmektedir. Aktif olduğu için, diğer aktif olmayan gazlar (argon, helyum gibi) için kullanılan MİG kaynağı karbondioksit kullanıldığında MAG olarak isimlendirilir. Karbondioksitin en çok karışım yaptığı argon ile olan koruyucu gazı, karışım oranına göre kalın ve ince çelik parçaların kaynatılmasında kullanılır. Bu

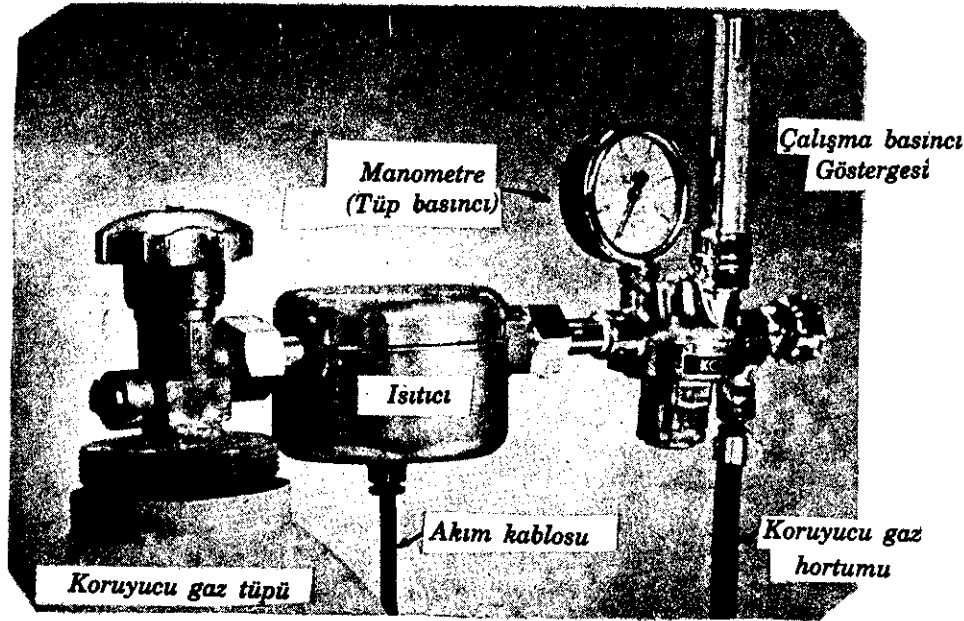
karışım biraz pahalı bir koruyucu gaz olması yanında dikişin derin işlemesi, düzgün ve çapaksız dikiş meydana getirmesi tercih nedeni olmaktadır. Ancak, ülkemizde diğer karışımlar gibi karbondioksit karışımlarının da yapılması pahalı ve zor işlemdir. Bazı metallerin kaynağında (paslanmaz ve düşük alaşımlı çelikler ve benzeri gibi) helyum, argon ve karbondioksit karışımı kullanılır. Karbondioksit genellikle oksijen tüplerine doldurulmaktadır. Ancak, özel olarak yapılan karbondioksit tüpleri kullanılırsa daha yararlı olmaktadır. Tüplere doldurulan karbondioksitin basıncı yaklaşık olarak 50 Atm. olup ağırlığı ise (gazın) 20 kg. kadardır. Bir kg. karbondioksit ise hemen hemen 500 litre dir. Karbondioksit tü içersinde likid (SIVI) ve gaz halinde bulunur. Tüpün alt kısmında sıvı olarak üst kısmında ise, gaz durumundadır. Şekil : 2 de karbondioksit tüpünün kesiti görülmektedir. Karbondioksit tamamen bitinceye (basıncı "0" oluncaya) kadar kullanılmamalıdır. Tüp içersinde çok az da olsa (1,5-5 Atm arasında) gaz kalmalıdır. Kaynakçıların bu duruma özen göstermelerinde büyük yarar vardır. Eğer tüp sonuna



Şekil : 2 Karbondioksit Tüpünün Kesit Resmi

kadar kullanılırsa içersine (düşürücünün açık olması halinde) hava girebilir. Bu da karbondioksit gazının saflık değerini bozabilir. Karbondioksit tüp içersinde likit gaz (yarı sıvı) halinde bulunduğundan azda olsa gaz karbondioksit nemlidir.

Karbondioksitin tam kullanılabilir bir gaz haline gelmesi için tüp çevresindeki atmosfer sıcaklığından ısı almaktadır. Bu ısının eksilmesi çevresinin sıcaklığının düşmesine neden olmakta ve tüp içersinde bulunan



Şekil : 3

gaz istenilen oranda gaz olarak kaynak alanına gelmemektedir. Sürekli kullanma durumunda gazın bir ısı kaynağına ihtiyacı olmaktadır. Bu nedenle karbondioksit gazı ya makinadan doğrudan doğruya veya şebeke akımından yararlanılarak ısıtılmaktadır. Özel olarak karbondioksit gazının ısıtmak için yapılan bu ısıtıcılar tüp ile düşürücü (manometre) arasına bağlanmaktadır. Şekil : 3 de tüp ile manometre arasına konmuş ısıtıcı görülmektedir. Karbondioksitin saflık değeri enaz (minumum) % 99,7 olması gerekir. Koruyucu olarak kullanılan karbondioksit içersindeki nem oranı (10) olmalıdır.

20° de %0,5 kadar olmalıdır. Karbondioksit için yapılan özel tüplerin üzerinde, gazı simgeleyen işaret bulunmaktadır.

AZOT : Koruyucu gaz olarak yalnız başına kullanılmaz. Özellikle argon ile %25 — 30 arasındaki karışımlarda bakırların TİG ile kaynatılmasında yararlı sonuçlar verebilir. Çift atomlu olan azot sadece plazma kaynağında, (ayrışan plazma gazı) TİG kaynağında ise, paslanmaz çeliklerin alttan hava girmemesi için destek gaz olarak kullanılmaktadır. Üretimi kolay ve ucuz olması nedeni ile Plazma kaynağında kullanılması tercih edilmektedir. Plazmada yüksek üfleme (spray) hızı ve bıraktığı ergiyik kütlesinden dolayı ençok kullanılma alanını oluşturmaktadır. Azotun kullanılması halinde plazma torçu kısa (Parçadan yüksekliği de az) tutulmalıdır.

OKSİJEN : Oksijen de azot gibi hiçbir zaman doğrudan arkın korunmasında kullanılacak bir gaz değildir. Diğer temel koruyucu gazlara katılarak karışım halinde kullanılır. Özellikle argon ile olan karışımı ençok kullanılmaktadır. Oksijen yalnız başına kullanılan temel koruyucu gazların (argon, helyum, karbondioksit) içersine katılır. Karışım değeri yüzde olarak çok düşük olan oksijen arkın düzenli oluşması yanında azda olsa dikiş gözenegi pek görülmez. Az orandaki oksijen genellikle oksitlenme oranını düşürür. Karbonmonoksit haline gelen gazları karbondioksit haline dönüştürür. Normal olarak karışımlar içersine %5 den fazla oksijen katılmaz. Karışım olarak hazırlanan koruyucu gazlar genellikle paslanmaz ve alaşımlı çeliklerin, oksitsiz bakırların kaynatılmasında kullanılır.

HİDROJEN : Hidrojen gazı da oksijen kadar olmazsa da ender olarak diğer temel koruyucu gazlara katılarak kullanılır. Özellikle argon ile karışım kapılmaktadır. Bu karışımları, ince paslanmaz çeliklerin kaynağı için elverişlidir. Hidrojen gazının bulunduğu karışım, birleşmesinin mekaniksel dayanımı ile kaynağın işleme derinliğini artırır. Hidrojen aynı zamanda ark boyunu (yüksekliğini) artırarak, yanıcı olduğu için yüksek ısı enerjisi oluşturur.

Renksiz, kokusuz bir gazdır. Yoğunluğu havaya göre 0,07 olan hidrojen elementlerin en hafifidir. Sıvılaşması helyumdan sonra en zor olan gazlardan biridir.

Hidrojen mavi bir alevle yanar, oksijenle bileşimi ise üfleçlerde yakılmaktadır. Özellikle oksijen ve klorla çok çabuk bileşik oluşturur. Bir elektrik arkı üzerine hidrojen verilirse (Plazma Kaynak arkı gibi), olağanüstü özellikleri olan bir gaz elde edilir.

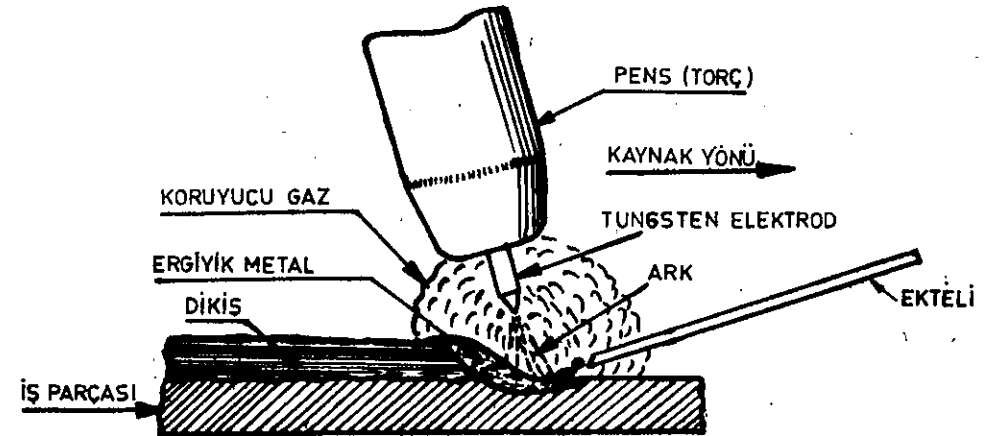
Birleşik olarak, hidrojen suda, birçok anorganik maddelerde ve organik cisimlerin tümünde bulunur. Sanayi için gerekli olan hidrojen sudan veya bulunduğu gaz karışımlarından (doğal gaz, kok gazı, petrol gazları gibi) elde edilir. Hidrojen bugün sanayide kullanılan gazlardan biri haline gelmiştir.

Sorular :

- 1 — Elektrod ve karbon elektrod arkı hangi yıllarda bulunmuştur?
- 2 — Kaynak işlemi hangi yılda gerçekleştirildi?
- 3 — Örtülü elektrod yapımı ne zaman gerçekleşti?
- 4 — Paslanmaz çeliklerin ilk kaynağı hangi tip elektrod ile yapıldı?
- 5 — Elektrik direnç kaynağının ilk uygulanması hangi yıllarda oldu?
- 6 — TIG kaynağında neden bir koruyucu gaza gerek duyuldu?
- 7 — Hangi kaynak yöntemi ile alüminyum ve paslanmaz çeliklerin kesilmesi, kaynatılması mümkün oldu?
- 8 — Kalınlığı 0,01 mm olan parçaların birleştirilmesinde hangi kaynak yöntemi kullanılır?
- 9 — Kaynak yöntemlerinin sınıflandırılması nasıldır?
- 10 — Kaynakta koruyucu gaz niçin kullanılır?
- 11 — Koruyucu gaz altında yapılan kaynak yöntemleri nelerdir?
- 12 — Argon gazının, helyum gazına göre üstünlüklerini açıklayınız?
- 13 — Karbondioksit gazı hangi gereçlerin kaynağında kullanılır?
- 14 — Karbondioksit gazı içerisine neden %10 oranında oksijen katılmalıdır?
- 15 — Karbondioksit tüpleri nasıldır?
- 16 — Karbondioksit ısıtıcısı niçin kullanılır?
- 17 — Argon gazına niçin %25 — 30 oranında azot katılır?
- 18 — Oksijen ve hidrojen niçin diğer gazlara katılır?

TİG ARK KAYNAĞI

Teknikte TİG veya WİG olarak isimlendirilen bu kaynak yöntemi, "Tungsten İnert Gas Welding" İngilizce isminin baş harflerinden oluşan kelime ile (TİG veya WİG) anılmaktadır. Eğer tungsten yerine wolfram kelimesi kullanılırsa kaynak yönteminin ismi WİG olur. TİG kaynağında ençok argon gazı kullanılması nedeni ile, bu kaynak yöntemine "Argon Ark" veya "Argon Kaynağı" da denilmektedir. TİG kaynağı, elektrik arkı, koruyucu gaz ve kaynak teli yardımı ile yapılan bir ergitme kaynak yöntemidir. Kaynatılacak malzeme ile ek olarak kullanılan kaynak telinin ergitilmesi için gerekli olan enerji, iş parçası ile kendisi erimiyen tungsten elektrod arasında oluşturulan kaynak eritme gücü ile sağlanır. Koruyucu gaz olarak argon, helyum veya bunların karışımı olan gazlardır. Bu gazlardan biri temel alınarak diğer gazlar (CO_2 , O_2 , H_2 , N_2) ile meydana getirdiği karışık gazlar kullanılır. Kaynak işleminin yapılışı oksi-gaz kaynak yöntemine, kaynak ısısının oluşması ise elektrik ark kaynağı yöntemine benzemektedir. Oksi-gaz kaynağında olduğu gibi, TİG kaynak yönteminde de genellikle ek kaynak teli kullanılmaktadır. Ek kaynak teli kullanmadan kaynak yapılabilmesi için gerecin kaynak yapılacak kısmında uygun dikiş elde edebilecek şekilde kenar fazlalığı (kenetli birleştirme) olması gerekir. Ek teli kullanılarak yapılan TİG kaynağında, kaynak teli iş parçası ile tungsten elektrod arasında oluşturulan eğiyik durumdaki kaynak banyosuna daldırarak erimesi ve kaynak dikişi oluşturmaları sağlanır. Şekil : 4 de TİG kaynağı uygulama şeması görülmektedir.



Şekil : 4 TİG kaynağı uygulama şeması.

Şekil 4 de kaynak arkı, tungsten elektrod, kaynak dikişi koruyucu gaz çemberi (Zarflı), kaynak banyosu (erimiş metal), Şekil: 5 de kaynak torç'u ve diğer TİG kaynak elemanları görülmektedir. Şekil: 7 de torçunun (pensinin) uc kısmı görülmektedir. TİG kaynağının birçok avantajları vardır. Bunlardan bazıları aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- 1 — Çelik olmayan metaller de TİG kaynak yöntemi ile kaynatılarak yüksek dayanım, sağlamlık elde edilir.
- 2 — Fazla bir temizliği gerektirmeyecek şekilde kaynak dikişi elde edilebilir.
- 3 — Hemen hemen her konumda (pozisyonda) kaynak işlemi yapılabilir.
- 4 — Ark ve egişik banyosu kaynakçı tarafından çok net bir şekilde görülebildiğinden daha düzgün, temiz ve sağlam kaynak yapılması sağlanır.

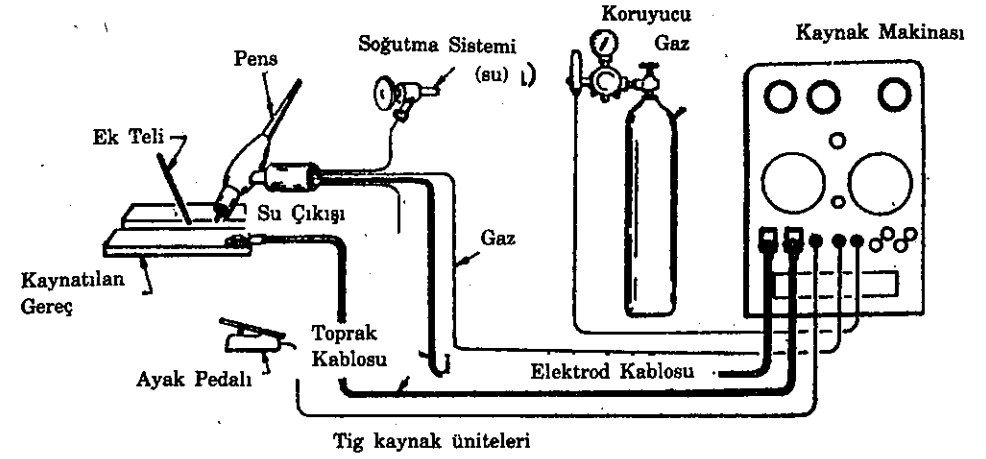
TİG kaynak yöntemi ile aşağıdaki gereçler başarılı bir şekilde kaynak yapılabilir.

- | | |
|------------------------------|---|
| 1 — Alüminyum ve alaşımları, | 8 — Titanyum, |
| 2 — Magnezyum, | 9 — Karbonlu çelikler (az ve orta karbonlu) |
| 3 — Paslanmaz çelikler, | 10 — Döküm, tıtya ve benzeri gereçler, |
| 4 — Silisyumlu bronzlar, | 11 — Alüminyum bronzu, |
| 5 — Gümüş, | 12 — Bazı durumlarda çelik boruların kök |
| 6 — Bakır ve alaşımları, | pasolarının yapılmasında, |
| 7 — Nikel ve alaşımları, | Bu gereçlerin her kalınlıkta olanları |
| | için TİG kaynağı kullanılabilir. |

TİG kaynağı otomatik bir kaynak yöntemidir. Yarı ve tam otomatik şekilde çalışan türleri bulunmaktadır. TİG kaynağının, örtülü veya çıplak elektrodla yapılan elektrik ark kaynağına göre birçok ayrıcalıkları vardır. TİG kaynak yöntemi dört ünitelerden oluşmaktadır. Bunlar,

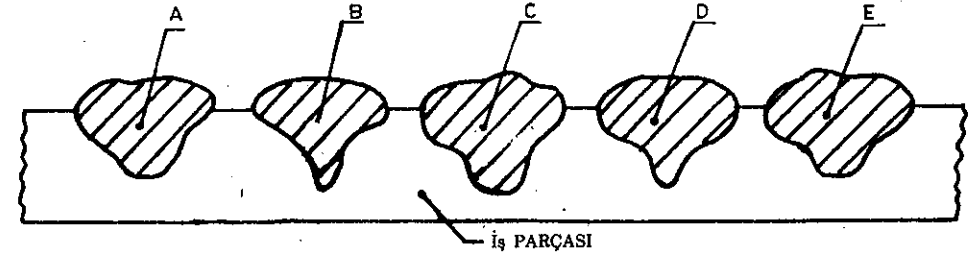
- 1 — Koruyucu gaz ünitesi (gaz tüpü ve düşürücü)
- 2 — Kaynak makinası (doğru ve dalgalı akım üreten)
- 3 — Kaynak pensi (torçu), tungsten (wolfram) elektrod ve kaynak teli,
- 4 — Soğutma sistemi.

Şekil 5 de TİG kaynak yönteminin üniteleri görülmektedir. Koruyucu gaz ünitesince sağlanan gaz, arkın ve kaynak banyosunun çevresinin sararak havanın bu alana girmesini önler. Böylece kaynak bölgesi havanın oksijen ve azotundan korunmuş olur. Bu kaynak yönteminde aktif olmayan (kaynağı koruma görevinin dışında, fiziksel veya kimyasal yönden kaynağı etkilemeyen) nötr gazların kullanılma zorunluluğu vardır. Genellikle ağır gaz olan argonun tercih edildiği bir kaynak türüdür. Argonun çok iyi çevresel koruma yapması da diğer bir önemli tercih nedenidir.



Şekil : 5 TİG kaynak yöntemi üniteleri.

TİG kaynak yönteminde kullanılan koruyucu gazlar kaynak dikişini düzgünlük, genişlik, yükseklik ve nüfuziyet yönünden etkilerler. Bu nedenle kaynak edilecek parçanın kalınlığı ve özelliği göz önünde bulundurularak koruyucu gaz seçilmelidir. Şekil : 6 da değişik koruyucu gaz kullanılarak TİG kaynağı yapılan çelik malzeme üzerindeki kaynak dikişlerinin gerece etkileri görülmektedir.



- A: Helyum gazı kullanılarak elde edilen kaynak dikişi kesiti,
 B: Argon gazı kullanılarak elde edilen kaynak dikişi kesiti,
 C: Karbondioksit kullanılarak elde edilen kaynak dikişi kesiti,
 D: % 99 Argon artı % 1 Oksijen kullanılarak elde edilen kaynak dikişi kesiti,
 E: % 95 Argon artı % 5 Oksijen kullanılarak elde edilen kaynak dikişi kesiti,

Şekil : 6 Gaz Türlerine Göre Kaynak Dikişleri

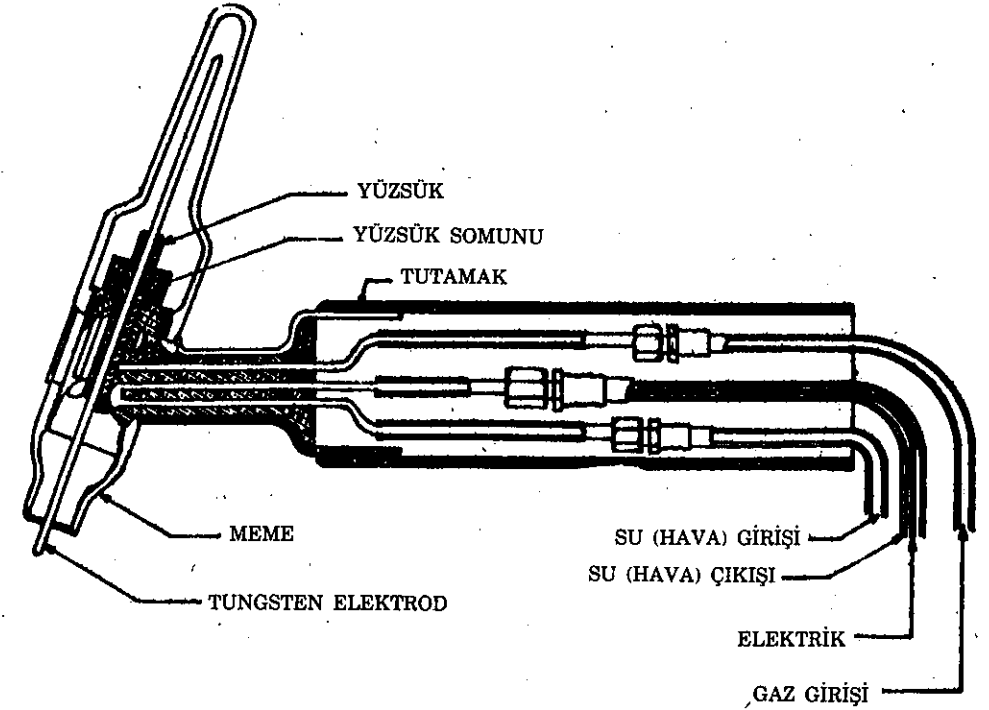
Argon dışında koruyucu gaz olarak helyum ve karışımları kullanılmaktadır. Böylece koruyucu gaz üniteleri bu iki gazın özelliklerine uygun düzenlenmelidir.

TİG kaynaklarındaki akım üretici (kaynak makinası) özel şekilde imal edilmektedir. Aynı makinadan doğru ve dalgalı akım alınabilmektedir. Özel olarak yapılmış makina bulunmadığı takdirde ve doğru akım gerektiğinde jenaratör veya redresör, alternatif akım gerektiğinde ise transformator kullanılması zorunludur. Doğru akımda negatif veya pozitif kutup seçilmesi kaynatılacak gerecin özelliklerine göre yapılmaktadır. Bu iki akımın dışında en çok kullanılan yüksek frekanstır. Yüksek frekans, alternatif akımda kaynatılan gereçler için çok önemlidir. Seçilecek olan doğru akım, dalgalı akım ve yüksek frekans kaynatılacak gerecin cinsine bağlı olmaktadır. Dalgalı (alternatif) akım özellikle magnezyum ve alüminyum kaynakları için zorunludur. Doğru akım ise, paslanmaz çeliklerin, dökümlerin, düşük karbonlu çeliklerin, bakırın, nikel ve alaşımları ile gümüşün kaynaklarında kullanılması gerekmektedir.

TİG kaynağında kullanılan elektrodlar tungsten veya alaşımlı tungsten çubuklardır. Saf tungstenin ergime derecesi (3400 °C) yüksek olup pratik olarak erimeyen elektrod olarak tanımlanır. Karışımli olanların ergime derecesi 5000 °C ye kadar çıkar. Elektrod kaynak işlemi sırasında veya kaynak yaparken temiz olmasına dikkat edilmelidir. Elektrod ucuna artık toplanması halinde, fazlalıklar taşlanarak temizlenmelidir. Elektrodlar saf tungsten olduğu gibi, bileşiminde % 1 - %2 oranında toryum veya zirkonyum olanları da bulunmaktadır. Elektrodların yüzeyleri pürüzsüz deneyecek kalitede temiz olup boyları 75 - 600 mm. arasında değişmektedir. Arkın kolay başlatılabilmesi ve arkın düzenli olmasını sağlamak için, elektrodu bu amaca uygun olarak seçmek gerekir. Gerektiğinde, kullanılacak kaynak telinin (ekteli) kaynatılacak gerece uygun olmasına dikkat edilmelidir.

Kaynak penci (torçu) tungsten elektrodu sıkıca bağlayarak çevresinden koruyucu gazı ve kaynak akımını ark oluşturacak şekilde iletmelidir. Kaynak akımına göre pens su veya hava ile soğutulmalıdır. Şekil : 7 de TİG kaynak torçunun kesiti ve elamanları görülmektedir. Su soğutmalı kaynak pensleri daha çok ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle 200 amperin üzerindeki kaynak akımlarında su soğutmalı pensler tercih edilmelidir. Kaynak penslerinin (torçlarının) çalıştırılması ya üzerlerindeki bir düğme veya özel olarak hazırlanmış ayak pedalı ile yapılmaktadır. Bu kaynağı yapacak kimsenin yeterli kaynak bilgi ve becerisine sahip olması gereklidir. Oksigaz kaynağında başarılı olanların TİG kaynağında da başarılı olmaları mümkündür. Kaynakçının, dikış düzgünlüğünü sağlaması, ektelini vermesi, arkın sesini kontrol edebilmesi için torç hareketini ergiyik durumuna göre ayarlaması gerekir.

Yukarıda belirtilen işlemlerin uygulanmasında, gaz debisi ve kaynak akımı belirli oranlarda dengelenmelidir. Kaynak öncesi birleşme yerinin



Şekil : 7. TİG kaynak torçu ve elamanları.

temizliği çok önemlidir. Özellikle alüminyum kaynaklarında temizleme yapılmadan kaynağa başlanılmamalıdır.

Helyum gazı kullanılması halinde kaynak ısısı daha büyük ve işleme alanı gereçte daha geniştir. Helyum gazı daha çok kalın parçaların kaynağında tercih edilmelidir. Üretimi çok pahalı olduğundan ülkemizde hemen hemen hiç kullanılmamaktadır. Helyum gazının görevini yapacak karışık gaz kullanılması da mümkün değildir. TİG kaynak yönteminde en yaygın koruyucu gaz olarak tercih edilmektedir.

Çizelge : 2 de kaynak yapılacak metallere göre elektrod, koruyucu gaz ve kaynak akım türü seçimi görülmektedir.

TİG kaynak yöntemi ile iyi bir birleşme yapılabilmesi için, kenar hazırlığı (kenetli birleştirme için) ve yüzey temizliği önceden çok iyi bir şekilde yapılmalıdır. Yüzeyler düzgün, yağ, pas, boya ve diğer kaynağa zarar verici

ÇİZELGE : 2 TİG İLE KAYNATILAN METALLER

Kaynatılacak Metal	Tungsten Elektrod	Koruyucu Gaz		Kaynak Akımı		
		1. Tercih	2. Tercih	Doğru Akım		Dalgalı Akım
				(+) Kutup	(-) Kutup	
Aluminyum Döküm Levha 1,5 mm. kad. Levha 1,5 mm. faz.	Saf tungsten veya zirkonyumlu	ARGON	HELYUM + ARGON	-	-	1 1 1
Aluminyum Bronz	% 1 - 2 Toryumlu	ARGON	-	1	-	-
Pirinçler	% 1 - 2 Toryumlu	ARGON	-	1	-	2*
Dökme demir	% 1 - 2 Toryumlu	ARGON	-	1**	-	-
Oksitsiz bakır	% 1 - 2 Toryumlu	HELYUM	% 75 Argon % 25 Helyum	1**	-	-
Magnezyum, Döküm Levha 3,5 mm. kad. Levha 3,5 mm. faz.	Saf tungsten veya zirkonyumlu.	ARGON	-	-	2 2 -	1 1 1
Monel (Cu + Ni)	% 1 - 2 Toryumlu	ARGON	-	1	-	2*
Nikel	% 1 - 2 Toryumlu	ARGON	-	1	-	2*
Gümüş, Gümüş Lev.	% 1 - 2 Toryumlu	HELYUM	-	1	-	2*
Silisi bronz	% 1 - 2 Toryumlu	ARGON	-	1	-	1
Paslanmaz çelik	% 1 - 2 Toryumlu	ARGON	HELYUM	1	-	2*
Çelik, Yüksek karbonlu Az karbonlu (7 mm ye kadar) Az karbonlu (7 mm den fazla)	% 1 - 2 Toryumlu % 1 - 2 Toryumlu % 1 - 2 Toryumlu	ARGON ARGON ARGON	HELYUM - -	1 1** 1	- - -	2* 2* -
Silisi çelikler Tutya ve benzeri	% 1 - 2 Toryumlu	ARGON	-	1	-	2*
Titanyum	% 1 - 2 Toryumlu	ARGON	-	1	-	-

AÇIKLAMA :

1 : Birinci tercih
2 : İkinci tercih

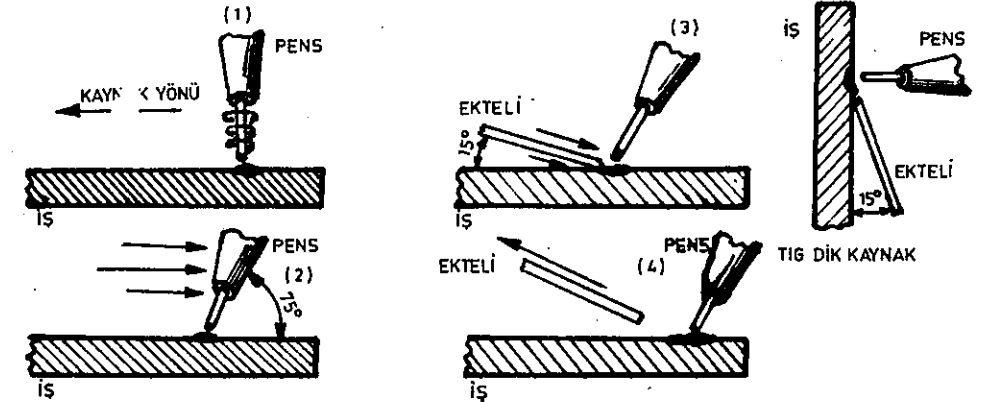
xxx : Doğru akımda pozitif kutup kullanılır ve birleştirme aralıksız ve kalıpta yapılır.
xx : Bakır kaynağında boraks veya silisi boraks kullanılmalıdır.
x : Dalgalı akım kullanılırsa daha fazla amper ayarlanmalıdır.

elamanlardan temizlenmiş olmalıdır. Gereçlerin kenar hazırlıkları, birleşme türleri ve gerekli diğer bilgiler çizelgeler şeklinde konunun sonuna eklenmiştir. Birleşme kenarlarının (kaynak ağzı hazırlıklarının) alevle açılması veya talaş kaldırılarak yapılması gereklidir. Kaynak ağzlarına göre torçun eğimi ve ilerleme hızı uygun bir şekilde ayarlanmalıdır. Özellikle tam otomatik TİG kaynaklarda iş parçası ile torç arasındaki ark boyu (yüksekliği) çok iyi şekilde (belirli bir yükseklikte) korunmalıdır.

TİG ile birleştirme kaynağı yapıldığı gibi nokta kaynağı da yapılabilir. Bu işlem özel torçlarla olmaktadır. Özellikle paslanmaz çeliklerin puntalanarak birleştirilmesinde tercih edilen bir yöntemdir.

Elle yapılan kaynaklarda ark başlatılarak torça dairesel hareket yaptırılır. Kaynak alanında ergime (sıvılaşma) kaynak pensisi veya torçu gidış yönünün tersine doğru 75° eğik konuma getirilir. Bu sırada ekteli ergiyik metal banyosu içine daldırarak erimesi sağlanır ve bu şekilde, oksijen - gaz kaynağında olduğu gibi, kaynak işlemine devam edilir. Ekteli, koruyucu gaz bölgesinde ve iş parçası ile 15° lik bir açı yapacak şekilde tutulmalıdır. Şekil : 8 de elle yapılan TİG kaynağının başlatılması, ektelinin ve kaynak pensinin iş parçasına göre konumları görülmektedir. Kaynak arkının başlatılması veya oluşturulması aşağıda belirtilen üç uygulama ile sağlanır.

- 1 — Elektrodun iş parçasına değdirilip hemen kaldırılması ile,
- 2 — Çok hafif bir şekilde elektrodun parçaya vurulması ile,
- 3 — Kaynak için gerekli akımı veren makinadaki (eğer varsa) otomatik yüksek akım verme sistemi ile.

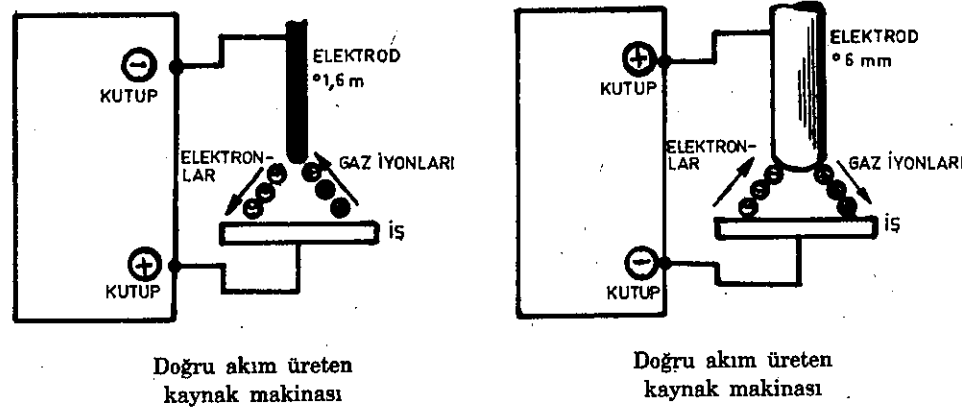


TİG - DÜZ KAYNAK

- (1) : Kaynak pensine (torçuna) dairesel hareket vererek ark teşekkülü,
- (2) : Ark teşekkülünden sonra pensin 75° kaynak yönüne ters eğilmesi,
- (3) : Parça yüzeyine 50° eğiklikte olacak şekilde ekteli'nin verilmesi,
- (4) : Kaynak yönünde kaynağa devam edilmesi.

Şekil : 8 Elle yapılan TİG kaynağında ark teşekkülü ve pensin ve ektelinin konumu.

Doğru akımda kullanılan elektrodlarda kutup seçimi elektrod çapına göre yapılır. Küçük çaplı elektrodlar için negatif kutup, büyük çaplı elektrodlar için pozitif kutup seçilmelidir. Şekil : 9 da kullanılacak elektrod çaplarına göre kutup bağlantıları görülmektedir. Elektrod negatif kutupta bağlı ise argon + helyum karışımı gaz kullanılarak, alüminyum ve magnezyum dışındaki diğer metallerin kaynağı yapılır. Elektrod pozitif kutupta bağlı ise, kaynatılacak metallerin yüzeylerinde bulunan oksitlerin temizlenmesi kolaylaşır. Pozitif kutup bağlantısı bu amaçla kullanılır. Ancak, elektrod pozitif kutupta bağlı iken ince parçaların kaynatılması hemen hemen mümkün değildir.



Şekil : 9 TIG - kaynağında elektrod çapına göre kutup seçimi elektrodların ve koruyucu gaz iyonlarının hareket yönleri.
Elektronlar (-), koruyucu gaz iyonları (+) değerindedirler.

TIG kaynağında kullanılan tungsten (Wolfram) elektrodları dörde ayırmak gerekir :

- 1 — Saf tungsten elektrod,
- 2 — Bileşiminde % 1 - 2 toryum bulunan tungsten elektrod,
- 3 — Bileşiminde % 0,3 - % 0,5 zinkoryum bulunan tungsten elektrod,
- 4 — Boyuna açılmış kanala % 2 oranında toryum konulmuş tungsten elektrod.

Saf tungsten elektrodlar % 99,5 oranında tungsten ihtiva etmekte olup ucuzdurlar. Ancak akım iletkenlikleri düşüktür. Bu nedenle bileşimlerine toryum ve zinkoryum katılmaktadır. Toriyumlu elektrodlar çok iyi akım ilettikleri gibi ömürleride uzun olmaktadır. Zirkonyumlu elektrodlar ise arkın düzenli (balanslı) olmasını sağlarlar. Elektrodların akım iletme

yeteneği tutma (sıkma) bileziğine, gaz başlığından çıkış uzunluğuna, kaynak konumuna ve kullanılan koruyucu gazın özelliğine bağlıdır. Özellikle toryumla elektrodların uç kısmı sivri olmalıdır. Küresel olması tercih edilmemelidir.

TIG kaynağında genellikle argon veya helyum gazları kullanılır. İnce parçalarda ve elle yapılan kaynaklarda argon gazı tercih edilmelidir. Kalın parçalarda ve otomatik olarak yapılan kaynaklarda helyum gazı kullanılmaktadır. Koruyucu gazların kaynatılacak gerece göre seçilmesi ve diğer bilgiler Çizelge : 3 de görülmektedir.

Kaynak telleri kaynatılacak gereçe aynı özellikte olmasa bile, ona yakın (benzer) özellikleri taşıması gerekir. Tellerin kaynak sırasında oksitlenme yeteneği az olmalıdır. Özellikleri ayrı olan gereçlerin kaynatılmasında kullanılacak tellerin özelliği çok farklıdır. Telin her iki gerecin de metalurjik yapısına uygun nitelikte olmasına dikkat edilmelidir. Bunun yanında mekaniksel ve fiziksel özellikler bakımından da uygunluk sağlamalıdır. Elle yapılan kaynaklarda bir metre boyundaki teller kullanılır. Otomatik olarak yapılan kaynaklarda ise makara veya bobin halinde özel hazırlanmış tellerin kullanılması zorunluluğu vardır. Bu teller kaynak banyosuna ön ısıtma yapılarak veya oda sıcaklığında verilir. Tellerin yüzeyi çok temiz olmalı ve mümkün olduğu kadar koruyucu gaz bölgesinden dışarı çıkarılmamalıdır. Ön ısıtmasız olarak kullanılan tellerin mekanik bir sistemle kaynak yerine gitmeleri sağlanır. Bunların ısıtılmaları elektrik sistemi ile yapılır. Isıtılan teller genellikle nikelli çeliklerin, paslanmaz çeliklerin, bakır ve nikel alaşımlarının kaynatılmasında kullanılır. Alüminyum ve bakırın kaynağı için bu ısıtmaya gerek yoktur. Çünkü, bu metallerin telleri iyi akım iletme yeteneği nedeniyle ısıtılmaları için yüksek akıma ihtiyaç vardır. Böyle bir uygulama yapıldığı takdirde ark üflenmesi ve anormal ergiyik banyosu meydana gelir.

Kaynak hızı ve akımı birbirine çok uygun olacak şekilde ayarlanmalıdır. Akıma dokunmadan hız düşürülürse, bu defa da az önce belirtilen durumun tersi olur. Akım ve hızın ayarları dikiş işlemesi ile dikiş genişliğine etki edeceği göz önünde bulundurularak bu iki faktörün amaca uygun olarak ayarlanmasına önem verilmelidir.

TIG kaynak yöntemi ile en iyi düz (yatay) konumda kaynak yapılmaktadır. Kaynak zamanı, maliyeti, kaynak hızı ve birleştirme tekniği bakımından bu konum en uygun olanıdır. Dik konumdaki kaynağa göre daha iyi bir dikiş işlemesi elde edilir. Kaynak hızının ayarı ile ergiyik kontrolü kolay olur. Yukarıdan aşağı kaynaklarda, dikiş işlemesi çok azdır. İnce metallerin birleştirilmesinde kaynak hızı yüksek olmalıdır. Pensin (torçun) konumu, parçaya göre 70° lik bir açı yapacak şekilde olmalıdır. Tavan (başüstü) kaynağı yaparken elektrod parçadan fazla uzak tutulmamalı, aynı yerde beklemekten ergiyik banyo devamlı hareket edecek şekilde taşınmalıdır.

ÇİZELGE : 3 KAYNATILAN GERECE GÖRE GAZ SEÇİMİ

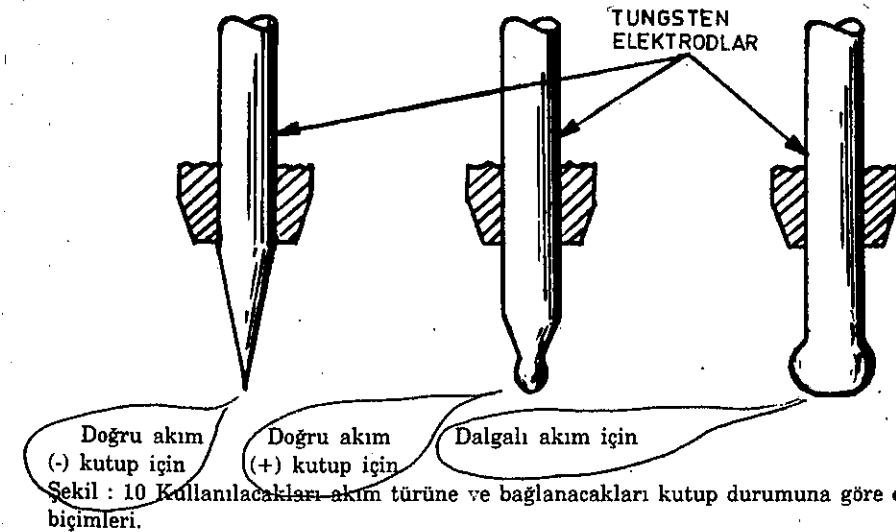
KAYNATILAN GEREÇ	KAYNATMA YÖNTEMİ	KORUYUCU GAZ	AVANTAJLARI
Aluminyum ve alaşımları	Elle	Argon	Ark başlaması ve temizlik iyi, gaz sarfiyatı az.
	Otomatik	Helyum	Yüksek kaynak hızı elde edilir.
		Argon-Helyum	Gaz sarfiyatı az
Magnezyum ve alaşımları	Kalınlığı 1,5 mm. den az olanlar için	Argon	Kaynak işlemesi kontrol edilir. Çok iyi temizlenir. Ergiyik yayılması kolaydır. Gaz debisi düşük.
	Kalınlığı 1,5 mm. den fazla olanlar için	Helyum	Doğru akımda iyi bir kaynak işlemesi (nüfuziyet) elde edilir.
Karbonlu çelikler	Elle	Argon	Ergiyik kontrolü kolaydır. Fazla ısınma olmaz. Her konumda kaynak yapmak mümkündür.
	Otomatik	Helyum	Kalın parçalar kaynatılır. Kaynak genişliği büyüktür.
	Nokta kaynağı	Argon	Elektrodun ömrü uzar. Gaz sarfiyatı azdır. Fazla ısınma olmaz.
Paslanmaz çelikler, Austenitik ve krom nikelli çelikler.	Elle	Argon	1,5 mm. ye kadar olanlarda dikiş işlemesi çok iyi kontrol edilir.
	Otomatik	Argon-Helyum	Yüksek ısı verir. Kalın parçalar kaynak yapılır.
		Argon-Hidrojen (%35)	Kenar yenmeleri olmaz. Düşük akım ve gaz harcanır.
		Helyum	Yüksek ısı ve geniş kaynak dikişi elde edilir.
Bakır, nikel ve alaşımları	Elle ve Otomatik	Argon	İnce parçalarda ergiyik kontrolü kolay ve dikiş düzgün olur.
		Argon-Helyum	Kalın parçaların kaynak yapılması için uygundur.
		Helyum	Kalın kesitli parçalarda yüksek kaynak hızı ve ısı elde edilir.
Titan ve benzeri alaşımları	Elle ve Otomatik	Argon	Az gaz debisi ile havanın kaynağı olan etkisi giderilir.
		Helyum	Kalın parçalarda dikiş nüfuziyeti iyidir. Alt destek parçası kullanılmalıdır.

Kaynak yapılan yerde koruyucu gazları sürükleyecek hızda rüzgâr veya hava akımı bulunmamalıdır. Aksi takdirde kaynak gözenekli olur, elektrod çabuk tükenir ve kaynak teli oksitlenir. Rüzgâr hızına göre gaz kontrolü yapmak kaynakçının işlem sırasındaki tecrübesine bağlıdır. Elle yapılan kaynaklarda tam bir tecrübe ve beceri gerektiği halde, otomatik olarak yapılan kaynaklarda teknik bilgi tecrübe geçerlidir. Şekil : 13, 14, 15 de görülen pensler, normal kaynak penslerine göre birçok yönlerden farklıdır. Kaynak torçu gaz gelişini, kaynak akımının iletilmesini ve soğutma sistemlerinin gerektiği şekilde çalışmasını sağlamak zorundadır. Soğutmanın tungsten elektroda etki edecek durumda olması gerekir. Tungsten elektroda verilecek kaynak akımı mümkün olduğu kadar torçun ucuna yakın yerden verilmelidir. Bununla beraber elektrod da korunmalıdır. Kumanda düğmesi torç üzerinde olabileceği gibi ayak pedalı şeklinde de yapılabilmektedir. Böylece TİG kaynak yönteminde kumanda işlemi ya elle veya ayakla yapılmaktadır. Ayak pedalının belirli değerlerde akım ayarı yapabilen hareketli olanları da mevcuttur.

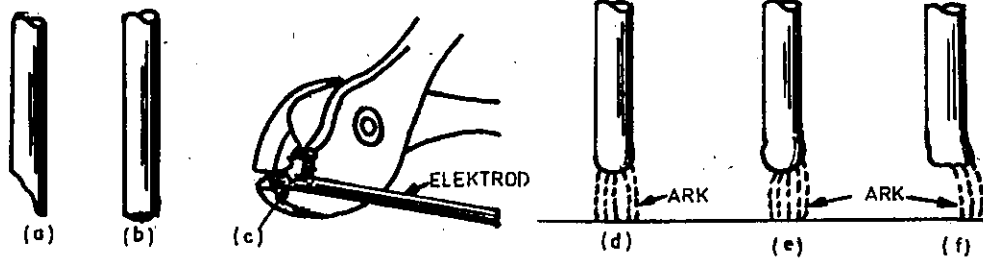
TİG KAYNAĞI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Elektrod Uçlarının Durumu :

Elektrodların uç kısımları kullanılan akım türü esas alınarak belirlenmektedir. Doğru akımda kullanılacak toryumlu elektrodların uç kısımları 60 - 90° lik bir koniklikte ve taşlanarak yapılır. Dalgah akımda kullanılacak toryum ve zirkonyumlu elektrodların uç kısımları küt denecek şekilde yuvarlatılır. Şekil : 10 da kullanılacakları akım türüne göre elektrod uç biçimleri görülmektedir.



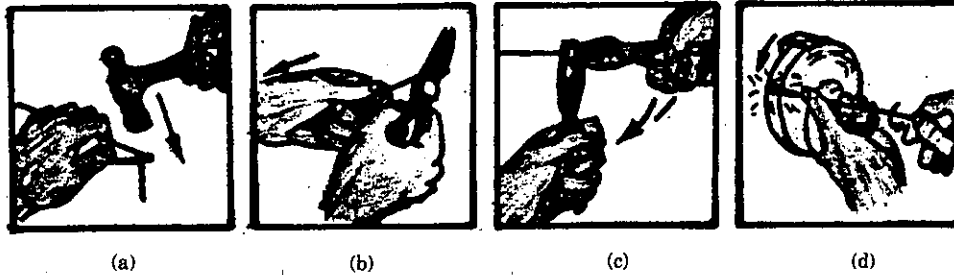
Şekil : 10 Kullanılacakları akım türüne ve bağlanacakları kutup durumuna göre elektrod uç biçimleri.



Şekil : 11 Elektrodun hazırlanışı ve elektrodda uç bozulması.

- (a) : Düzgün hazırlanmamış elektrod. (e) : Bozulmaya başlamış elektrod.
 (b) : Düzgün hazırlanmış elektrod. (f) : Bozulmuş elektrod
 (c) : Elektrod ucunun zayıflamasına neden olan çentik.
 (d) : Düzgün elektrod ucu.

Uç biçimleri kullanma amaçlarına uygun düzgünlükte hazırlanmamış veya uzun süre kullanılmaları sonucu uçları bozulmuş elektrodların düzeltilmesi gerekir. Aksi takdirde iş parçası ile elektrod arasında oluşturulan arka düzensizlik olur. Bu durum, kaynak yapılan gereçte istenilenden daha küçük ergiyik banyonun meydana gelmesine neden olur. Şekil : 11 de elektrodun hazırlanışı ve ucu düzgün olan elektrodun zamanla bu düzgünlüğünü kaybettiği görülmektedir. Şekil : 12 de ise uçları bozulan elektrodların düzeltilme işlemleri görülmektedir.



Şekil : 12 Uçları bozulan elektrodları düzeltme işlemleri.

- (a) : Çekiçle düzeltme (çapları 2,5 mm. ve daha büyük olan elektrodlar için)
 (b) : Keserek düzeltme (çapları 1,5 mm. ve daha küçük olan elektrodlar için)
 (c) : Koparak düzeltme (çapları 3 mm. ve daha küçük olan elektrodlar için)
 (d) : Taşlama yaparak düzeltme (her çaptaki elektrodlar için)

TİG kaynağı ile yapılan birleştirmelerde genellikle doğru akım kullanılır. Alüminyum, magnezyum ve alaşımlarının kaynağında ise doğru akım negatif kutup (yüzey oksitlerinin temizlenmesi için) veya dalgalı akım kullanılır. Aşağıdaki çizelgede kaynatılacak gerecin özelliğine göre seçilecek akım türü ve kutup durumu verilmektedir.

GERECİN ADI	AKIM TÜRÜ	KUTUP DURUMU
Alüminyum	Dalgalı akım ()	(Yüksek frekanslı)
Alüminyum Bronz	Doğru akım ()	Negatif (-)
Magnezyum	Dalgalı akım ()	(Yüksek frekanslı)
Çelikler	Doğru akım ()	Negatif (-)
Paslanmaz çelikler	Doğru akım ()	Negatif (-)
Titanyum	Doğru akım ()	Negatif (-)
	Dalgalı akım ()	(Yüksek frekanslı)
Nikel, Bakır ve alaşımları.	Doğru akım ()	Negatif (-)
	Dalgalı akım ()	(Yüksek frekanslı)

Yukarıda Argon gazı kullanılarak elle yapılan TİG kaynağında, gerecin cinsine göre seçilecek akım türü ve kutup durumu

TİG Kaynakları Pensleri (torçları) :

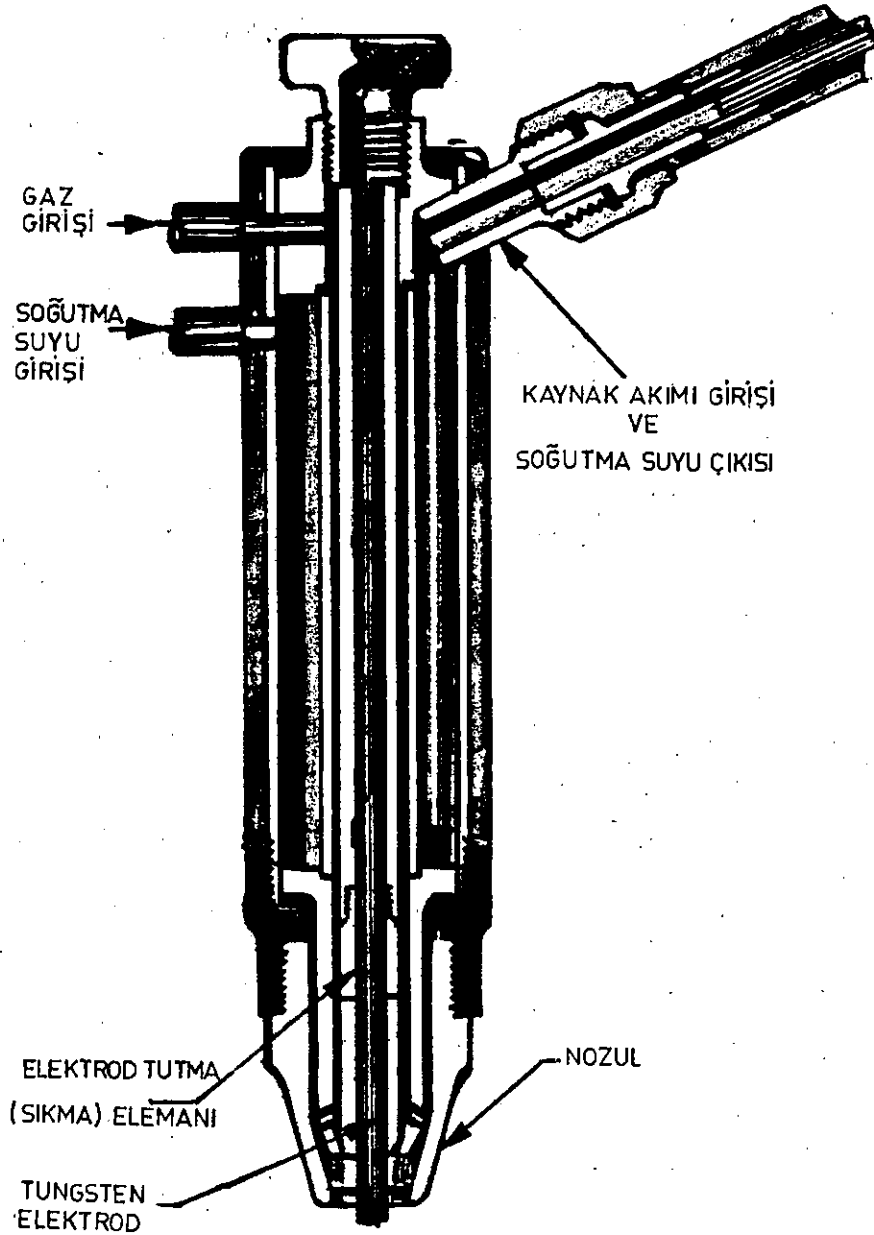
TİG kaynak yönteminde kullanılan kaynak pensleri soğutma sistemleri, elektrod çapı, akım şiddeti, kaynatılacak parçanın cinsi ve özel kullanma yerleri esas alınarak aşağıda görüldüğü gibi sıralanabilir.

- 1 - Su soğutmalı TİG kaynak pensleri.
- 2 - Hava soğutmalı TİG kaynak pensleri.
- 3 - Ayarlanabilir. (açılı) TİG kaynak pensleri.
- 4 - Kalem tipi TİG kaynak pensleri.
- 5 - Boruların otomatik kaynağında kullanılan TİG kaynak pensleri.
- 6 - Otomatik kesme işminde kullanılan TİG kaynak pensleri.
- 7 - TİG nokta kaynağında kullanılan TİG kaynak pensleri.

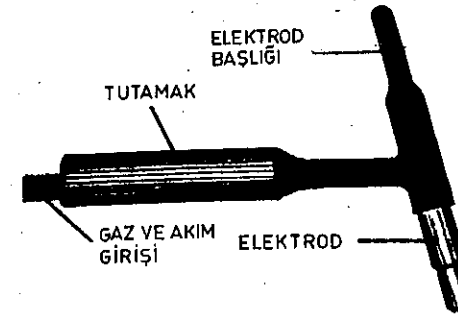
Şekil : 13 de 500 amperlik kapasitesi olan su soğutmalı TİG kaynak pens gösterilmektedir. Şekil 14 de ise diğer TİG kaynak penslerinden bazıları gösterilmiştir.

Şekil : 13 ve Şekil : 14 de görülen TİG kaynak penslerinin dışında daha değişik tip ve amaçlar için yapılanları da bulunmaktadır. Şekil : 15 de boruların otomatik kaynağı için yapılmış TİG boru kaynağı pens ve bununla yapılan boru kaynağı görülmektedir.

Akım şiddeti kapasitesi 130 amper kadar olan ve elektrod çapları 0,5 mm. den 2,4 mm. ye kadar olan kaynak pensleri hava ile diğerleri su ile soğutulmaktadır.

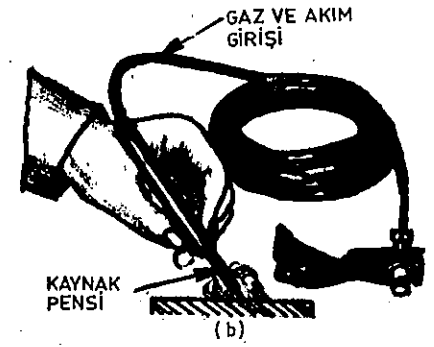


Şekil : 13 Otomatik kaynak işlemlerinde kullanılan 500 amper kapasiteli ve su soğutmalı TİG kaynak pensi (torçu)



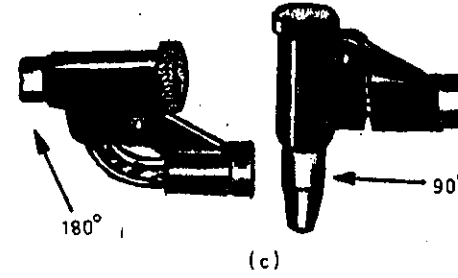
(a)

Hava soğutmalı ve 130 amper kapasiteli TİG kaynak pensi.



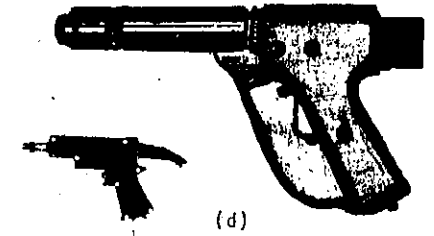
(b)

Kalem tipi TİG kaynak pensi.



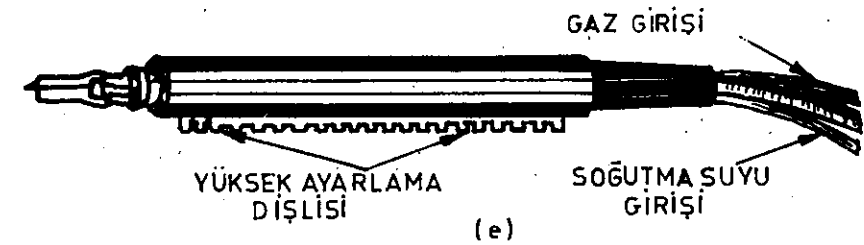
(c)

Kaynak pozisyonuna göre ayarlanabilir (açılı) TİG kaynak pensi.



(d)

TİG nokta kaynak pensleri.



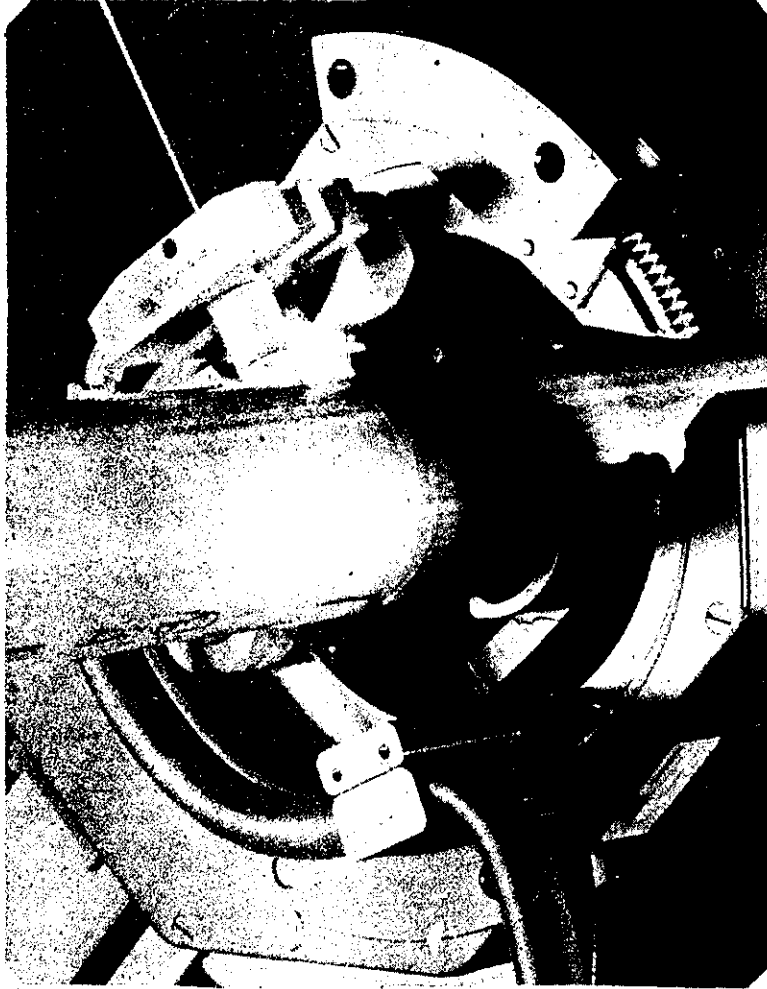
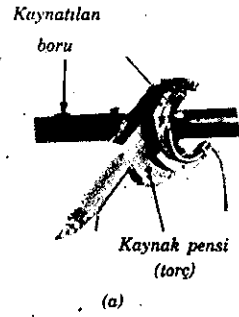
(e)

Şekil : 14 TİG kaynak yönteminde kullanılan kaynak penslerinden bazıları.

TİG kaynağı işlemi yapılırken kaynak akımının değeri, elektrod hareketi ve hızı, gerilim (voltage) durumu ve ark boyu kaynağı birçok yönden etkiler. Bu etkiler şöyle sıralanabilir.

- 1 - Kaynak dikişinin genişlik, yükseklik ve görünüş durumu,
- 2 - Kaynak dikişinin az veya çok işleme durumu,

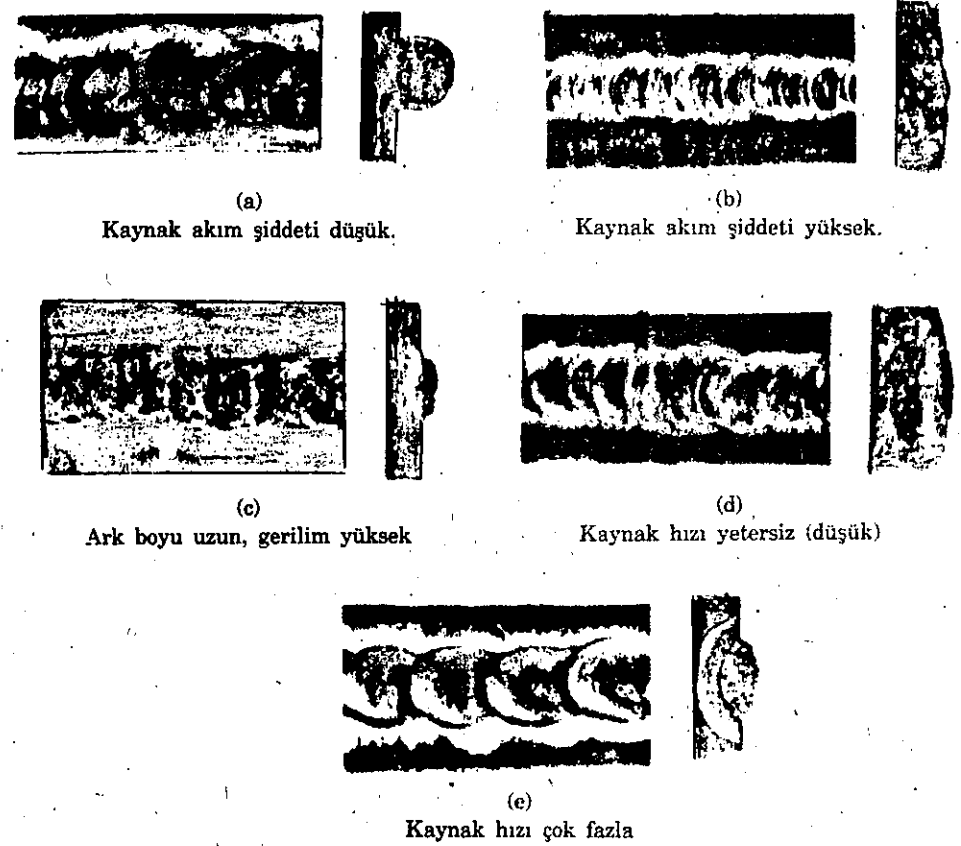
(a)
Boru
TİG kaynak pensi.



(b)
Özel olarak hazırlanmış TİG boru kaynağı pensi ile
boru kaynağının yapılışı.

Şekil : 15 TİG boru kaynağı pensi ve bununla boru kaynağının yapılışı.

3-Kaynak dikişinin ve kaynatılan gerecin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişiklik yapma durumu.
Kaynak hızının, akım ve gerilim değerinin, ark boyunun kaynak dikişine olan etkileri Şekil : 16 da gösterilmiştir.



Şekil : 16 Kaynak hızının, akımının, geriliminin ve ark boyunun TİG kaynağına olan etkileri.

TİG kaynağında kullanılan nozullar :

Tungsten elektrodu dış etkilerden korumak ve koruyucu gazın kaynak bölgesine düzenli bir şekilde gitmesini sağlamak amacı ile TİG kaynak pensinin en uç kısmında bulunan elamana nozul adı verilmektedir. Nozullar yapıldıkları malzeme cinsine göre aşağıdaki gibi dört türde sınıflandırılırlar :

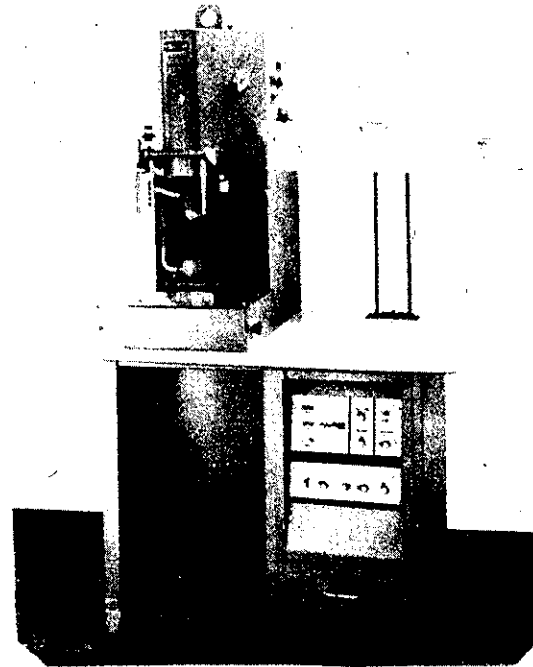
- 1 - Çelikten yapılmış nozullar.
- 2 - Seramikten yapılmış nozullar.
- 3 - Plastikten yapılmış nozullar.
- 4 - Camdan yapılmış nozullar.

TİG NOKTA KAYNAĞI

TİG nokta kaynağı elle, otomatik ve numerik (programlı) sistemle yapılmaktadır. Pekaz oranda argon gazı kullanılır. Bu da elektrodun ısındığı zaman oksitlenmemesi içindir. Çok hassas olan metallerin kaynağı sırasında, birleşme alanının arkası argon veya helyum gazı ile korunmalıdır. TIG nokta kaynağında, normal TIG kaynağına göre daha fazla kaynak akımına ihtiyaç vardır. Kaynak akımının geçiş süresi bir kontaktör yardımı ile düzenlenmektedirler. Bu süre, kaynatılacak gerecin cinsine ve kalınlığına (direnc kaynaklarında olduğu gibi) ayarlanmalıdır. TİG nokta kaynağında kullanılan elamanlardan yalnız kaynak pensu (torçu) normal TİG kaynağındaki elemanlara göre farklı olabilir. TİG nokta kaynağı elamanları ;

1 - Özel yapılmış veya normal kaynak pensleri, 2 - Koruyucu gaz ünitesi, 3 - Soğutma sistemi, 4 - Doğru veya dalgalı akım üretici dir.

Tig nokta kaynağında doğru veya dalgalı akım kullanılır. Dalgalı akım kullanıldığında yüksek frekanslı akım tercih edilmelidir. Nokta kaynağında arkın başlatılması çok önemlidir. Bazı makinelerin yapılış tekniğinde ark başlatma düğmeleri bulunmaktadır. Kaynatılacak parçaların yüzeyleri (elektrod değme alanı) ve birleşme yerleri çok temiz olmalıdır. TIG nokta kaynağı ile kaynatılan gereçler, karbonlu, alaşımla ve paslanmaz çelikler, alüminyum ve alaşımları, magnezyum ve alaşımları, bakır, nikel, demirnikel ve kromlu çelikler, titanyum, zirkonyum, altın ve gümüş gibi gereçlerdir. Şekil : 17 de TIG nokta kaynak makinası görülmektedir.



Şekil : 17
TİG nokta kaynak makinası

ÇİZELGE : 4

Kalınlık (mm)	Birleştirme Şekli	KAYNAK AKIMI			Elekt Çapı (mm)	Ekteli Çapı (mm)	Kaynak Hızı (mm/dak)	Argon (lt/dak)	Paso Sayısı
		Düz-Yan	Dik	Tavan					
0.6		15-25	14-23	13-22	1	-	300-350	3	1
0.8		15-30	14-28	13-27	1	-	300-350	3	1
1		25-60	23-55	22-54	1	1	250-300	4	1
		60	55	54	1	1	250-300	4	1
		40	37	36	1	1	250-300	4	1
		55	51	50	1	1.5	250-300	4	1
1.5		25-60	23-55	22-54	1	1.5	250-300	4	1
		95	90	85	1	1.5	250-300	4	1
		60	55	55	1	1.5	250-300	4	1
		90	85	80	1	2	250-300	4	1
2		80-110	75-100	70-100	1.5-2	1.5-2	175-225	4	1
		110	100	100	1.5-2	1.5	175-225	4	1
		80	75	70	1.5-2	1.5	175-225	4	1
		105	98	95	1.5-2	2	175-225	4	1
3		120-200	110-185	110-180	2-3	2	125-175	5	1
		130	120	115	2-3	2	125-175	5	1
		110	100	100	2-3	2	125-175	5	1
		125	115	110	2-3	3	125-175	5	1
4		120-200	110-185	110-180	2	3	100-150	5	1
		185	170	165	2	2	100-150	5	1
		180	165	160	2	2	100-150	5	1
5		150-250	140-230	135-225	2-3	3-4		5	1
6		310	290	280	3	4		5	
		300	280	270	3	4		4	

ÇİZELGE : 4. Paslanmaz çeliklerin TIG kaynağı için gerekli olan değerler.

ÇİZELGE : 5

Kalınlık mm	Birleştirme Şekli	KAYNAK AKIMI			Elekt. Çapı (mm)	Ekteli Çapı (mm)	Kaynak Hızı (mm/dak)	Argon lt/dak	Paso Sayısı
		Düz-Yan	Dik	Tavan					
1.0		35-60	35-60	35-60	1-1.6	1.6-2	275-325	5	1
		45-70	30-50	35-60	1-1.6	1.6-2	250-300	5	1
		45-70	30-50	40-70	1-1.6	1.6-2	250-300	5	1
		30-45	30-45	30-45	1-1.6	1.6-2	200-250	6-7	1
1.5		60-80	60-80	60-80	1.6	1.6-2	250-300	6	1
		70-90	55-75	60-80	1.6	1.6-2	225-250	6	1
		70-90	70-90	70-90	1.6	1.6-2	225-250	6	1
		60-70	60-70	60-70	2	1.6-2	180-200	6-7	1
2.0		70-130	90-130	90-130	2	2-2.4	200-225	6	1
		60-90	60-90	60-90	3	2-2.4	175-200	7	1
2.5		75-100	75-100	75-100	1.6-2.4	2-2.4	250-275	6	1
		85-90	65-90	85-90	1.6-2.4	2-2.4	225-250	6	1
		85-90	85-90	85-90	1.6-2.4	2-4	225-250	6	1
		85-90	85-90	85-90	1.6-2.4	2-4	225-250	6	1
3.0		125-145	115-135	120-140	2.4	2.4-3.2	225-250	7	1
		140-160	125-145	130-160	2.4	2.4-3.2	200-225	7	1
		140-160	115-135	140-160	2.4	2.4-3.2	200-225	7	1
		75-100	60-90	60-90	3.2	2.4-3.2	175-200	7	1
4.0		150-180	140-170	125-160	2.4	2.4-3.2	250-275	8	1
		160-200	150-190	145-180	2.4	2.4-3.2	200-250	8	1
		160-200	150-190	145-180	2.4	2.4-3.2	200-250	8	1
		130-160	120-150	120-145	3.2	2.4-3.2	175-225	8	1
5.0		190-220	190-220	180-210	3.2	3.2-4	225-250	8-9	1
		210-240	190-220	180-210	3.2	3.2-4	175-225	8-9	1
		210-240	190-220	180-210	3.2	3.2-4	175-225	8-9	1
		150-180	140-170	135-160	4	3.2-4	150-200	8-9	1
6.0		170-210	160-195	155-190	4	4-4.8	100-150	8-9	1
8.0		260-300	260-280	250-270	4.8	4.8-6.4	80-90	9-10	1
		150-180	140-170	125-160	4	4.8-6.4	110-180	9-10	1

ÇİZELGE : 5 Alüminyum ve alaşımlarının TIG kaynağı için gerekli değerler.

ÇİZELGE : 6

Kalınlık (mm)	Birleştirme Şekli	Kay. Akımı (Amper) (Yatay)	Elektrod Çapı (mm)	Ekteli Çapı (mm)	Kaynak Hızı (mm/dak)	Argon (lt/dak)	Paso Sayısı
0.5		60-70	1.6	-		4	1
1.0		90-100	1.6	1-1.6	300	6	1
		100-115	1.6	1-1.6	300	7	1
		100-115	1.6	1-1.6	300	7	1
1.5		110-125	1.6-2.4	1.6	280	7	1
		130-145	1.6-2.4	1.6	250	7	1
		130-145	1.6-2.4	1.6	250	7	1
2.0		115-130	1.6	1.6	280	7	1
2.5		135-150	2.4	2.4	280	7	1
		140-160	2.4	2.4	250	7	1
3.0		170-200	2.4-3.2	2.4-3.2	280	7	1
		190-220	2.4-3.2	2.4-3.2	225	7	1
		190-220	2.4-3.2	2.4-3.2	225	7	1
4.0		200-220	3.2	3.2	280	7	1
5.0		190-225	3.2	3.2	250	7	1
		205-250	3.2	3.2	200	7	1
		205-250	3.2	3.2	200	7	Preheating 150°-200°C

ÇİZELGE : 6 Bakır ve alaşımlarının TIG kaynağının yapılışında uyulması gereken değerler.

ÇİZELGE : 7

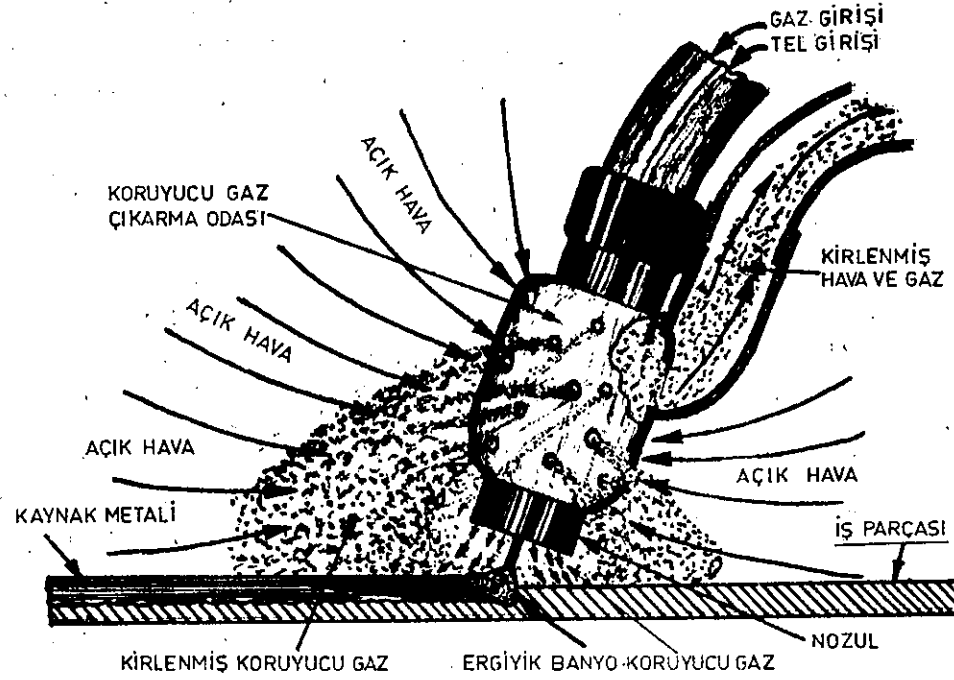
Kalınlık (mm)	Birleştirme Şekli	Kay.Akımı (amper) (Yatayda)	Elektrod Çapı (mm)	Ekteli Çapı (mm)	Argon (lt/dak.)	Paso Sayısı
1.0		35-50	1.2	1.6-2.4	5	1
		35-50	1.2	1.6-2.4	5	1
		20-30	1.2	1.6-2.4	5	1
1.5		55-65	1.6	1.6-2.4	6	1
		55-65	1.6	1.6-2.4	6	1
		30-40	1.6	1.6-2.4	6	1
2.0		70-90	1.6	2.4-3.2	6	1
		70-90	1.6	2.4-3.2	6	1
		45-55	1.6	2.4-3.2	6	1
2.5		60-80	2.4	2.4-3.2	7	1
3.0		100-120	2.4	2.4-3.2	7	1
		100-120	2.4	2.4-3.2	7	1
		75-95	2.4	2.4-3.2	8	1
4.0		110-130	2.4	3.2-4.0	8	1
		70-80	2.4	3.2-4.0	8	2
		90-110	2.4	3.2-4.0	8	1
6.0		110-120	3.2	3.2-4.0	9	1
		80-90	3.2	3.2-4.0	9	2

ÇİZELGE : 7 Magnezyum ve alaşımlarının TIG kaynağının yapılışında uyulması gereken değerler.

SORULAR :

- 1- TIG kaynağı nasıl bir kaynak yöntemidir?
- 2- TIG kaynak yöntemi ile kaynatılabilen gereçleri sayınız.
- 3- TIG kaynak ünitelerini şekil çizerek gösteriniz.
- 4- TIG kaynağında kullanılan koruyucu gazlar nelerdir?
- 5- TIG kaynağında kullanılan koruyucu gazlardan elde edilen dikiş kesitlerini açıklayınız.
- 6- TIG kaynak yönteminde hangi tür akımlar kullanılır?
- 7- TIG kaynağında hangi elektrodlar kullanılır?
- 8- TIG kaynak penslerinin özelliklerini açıklayınız.
- 9- Elle yapılan TIG kaynağında kaynak arkı oluşumunu açıklayınız?
- 10- TIG kaynağında kullanılan tungsten elektrod çeşitlerini yazınız.
- 11- TIG kaynağında elektroda göre doğru akımda kutup seçimi nasıldır?
- 12- TIG kaynağında akım ve hız ayarları ile en uygun kaynak konumunu belirtiniz?
- 13- TIG kaynak pensleri neye göre sıralanır?
- 14- TIG kaynağında kullanılan nozulları açıklayınız.
- 15- TIG nokta kaynağının yapılışını anlatınız.
- 16- TIG nokta kaynağı elemanları nelerdir?
- 17- TIG nokta kaynağı ile kaynatılabilen gereçler hangileridir?
- 18- TIG kaynak yöntemi ile ilgili olarak hazırlanmış çizimleri inceliyerek, sonucunu kısaca özetleyiniz.

MİG (MAG) KAYNAĞI



Şekil : 18 MİG kaynağının yapılışı.

Koruyucu gaz kaynakları içerisinde en çok kullanılan bir kaynak yöntemi-
dir. Teknikte MİG, MAG olarak tanımlanır. MİG, MAG ise koruyucu gaz
kaynağının İngilizce kelimelerinin baş harflerinden oluşmuştur. MİG, Metal
Inert Gas Welding, MAG; Metal Active Gas Welding kelimelerinin baş
harflerinden meydana gelen kısaltma kelimelerdir. Aslında MİG ve MAG
kaynak yöntemi koruyucu gazın içerisinde gelen üzeri (oksitlenmeye karşı)
kaplanmış telin ark oluşturarak ergiyik meydana getirmesidir. Bu tel, örtülü
elektrodun örtüsü olarak bobin (makara) halinde sarılmış şekilde düşünüle-
bilir. Böylece kaynak dikişinde birleşmenin tamamlanması veya telin
bitimine kadar sürekli olarak (durmaksızın) kaynak yapılabilir. Şekil : 18 de
kaynağın yapılışı görülmektedir.

Yukarıdaki tanımlamanın gereği olarak MİG'e Gaz Metal Ark kaynağı da
denmektedir. TİG kaynağında olduğu gibi kaynak akımı pensin uc kısmında

elektroda iletilir. Elektrod belirli bir hızla kaynak alanına geldikçe hem ark
oluşturur, hem de kendisi ergir.

Tel hareket haline geçince kaynak akımı ve koruyucu gaz da aynı anda
devreye girer. Gazın hızı nedeni ile telin kaynak alanına gelmeden kendisi
koruma görevini yüklenir. Koruyucu gaz, kaynak alanındaki ergiyik banyo-
sunun (dikiş ergiyiğinin) havadan oksitlenmesini önler.

MİG kaynağının bulunuşu ve uygulaması TİG'in çalışma prensibinden
esinlenerek yapılmıştır. Bunun için TIG ve MIG birçok bakımlardan birbirine
benzer. Önceleri MIG kaynağı için çok ince tel (elektrod) kullanıldı. İnce
elektrodun düşük kaynak akımı ile ark yapması kaynatılan gereci eritmeye
yetmedi. Tel çapının büyütülmesi sonucu akımında yükseltilmesi zorunluğu
doğdu. Böylece, kaynatılacak gerecinde ark sıcaklığı ile eritilmesi sağlana-
bildi. Bu aşamada MİG kaynağı istenilen gayeye erişilebildi. MİG'in kaynak-
taki yeni özelliği nedeni ile birleştirmelerde daha etkinlik kazanıldı. MİG
(MAG) kaynağının kazandırdığı yeni özellikleri aşağıdaki şekilde sıralayabi-
liriz.

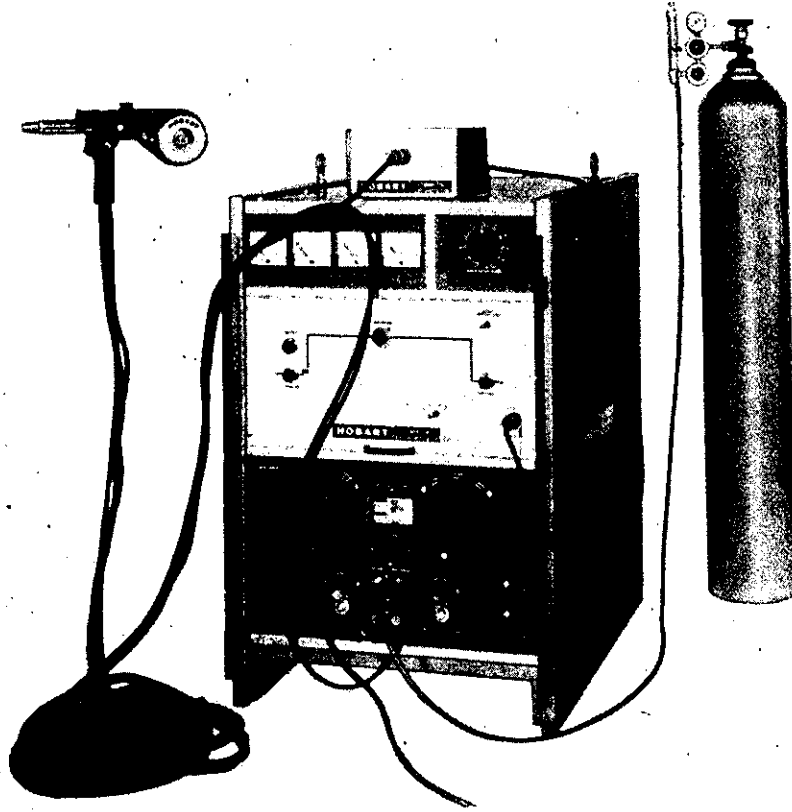
- 1 — Yüksek kaynatma (ilerleme) hızı,
- 2 — Kısa zamanda, fazla dikiş kütlesi,
- 3 — Dikişte (kaynakta) derin işleme,
- 4 — Çok az sıçrama,
- 5 — Arkın kaynakçı tarafından çok iyi görülmesi,
- 6 — Kaynak sonrası curuf temizleme gerekliliğinin olmaması,
- 7 — Düz, yan ve dik konumlarda kaynak yapabilmek olanağıdır.
- 8 — Diğer kaynak türlerine göre daha ekonomiktir.

MİG (MAG) kaynak yöntemi genellikle düşük ve orta karbonlu çeliklerin
kaynağında kullanılır. Bunun dışında alüminyum ve paslanmaz çeliklerin
kaynatılmasında bazı özel ünitelerin yardımı ile, yapılmaktadır. Telleri olduğu
takdirde nikel, bakır ve alaşımları, magnezyum ve titanyumun kaynağında
yapılır. Genellikle kalınlıkları 1 - 25 mm. arasında değişen gereçlerin kay-
nakları yapılmaktadır. MİG (MAG) kaynağı ile az ve orta karbonlu çelikler,
alüminyum, (telleri bulunduğu takdirde) alaşımlı çelikler, bakır, nikel,
titanyum gibi gereçlerin kaynağı yapılabilir.

Kaynak işlemi, TİG kaynağında olduğu gibi sürekli yapıldığı gibi nokta
kaynağı şeklinde de yapılabilir. MİG (MAG) kaynağında genellikle redresör
türü kaynak makineleri kullanılır.

MİG kaynağı için gerekli olan akım redresörünün (üreticinin) karşılaştı-
rılması diğer makineler bakımından mümkündür.

Bunlar; gerektiğinde bu makineden kaynak akımı olarak (özellikle
alüminyum kaynakları için) alternatif akım alınabilmelidir. Kaynak ünitele-
ri olarak TİG kaynağı elemanları ile karıştırılabilir.

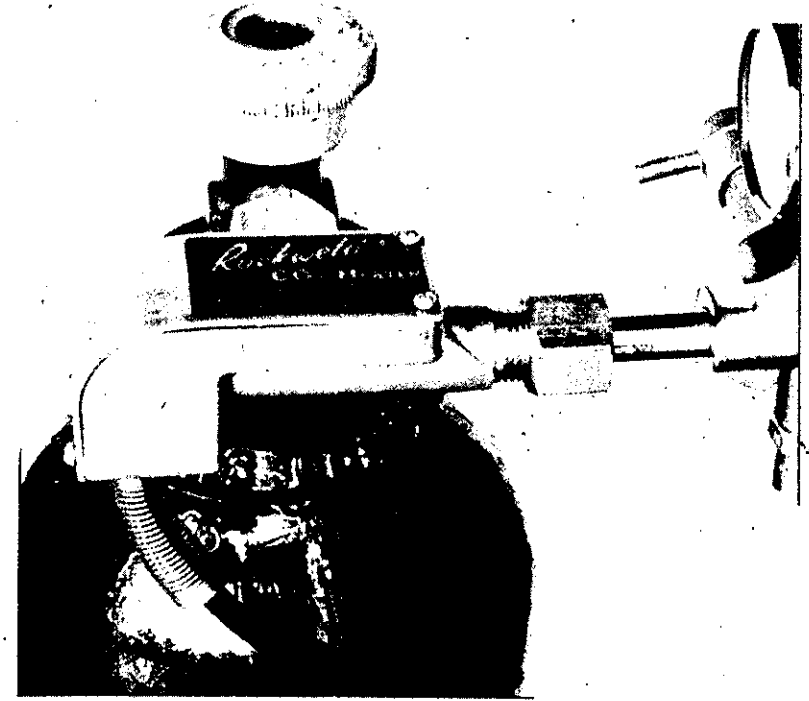


Şekil : 19 MİG (MAG) kaynak elemanları.

- 1 — Koruyucu gaz üniteleri (tüpü, düşürücüsü ve iletim hortumları),
- 2 — Kaynak makinası (Redresör veya jenarötör),
- 3 — Tel besleme sistemi,
- 4 — Pens (torç) ve tel (yüzeyi kaplı elektrod),
- 5 — Soğutma sistemi (yüksek akımlar için su).

Bu ünitelerin birbirine bağıntılı olarak çalışması gerekmektedir. Şekil : 19 da MİG (MAG) kaynak elemanları görülmektedir.

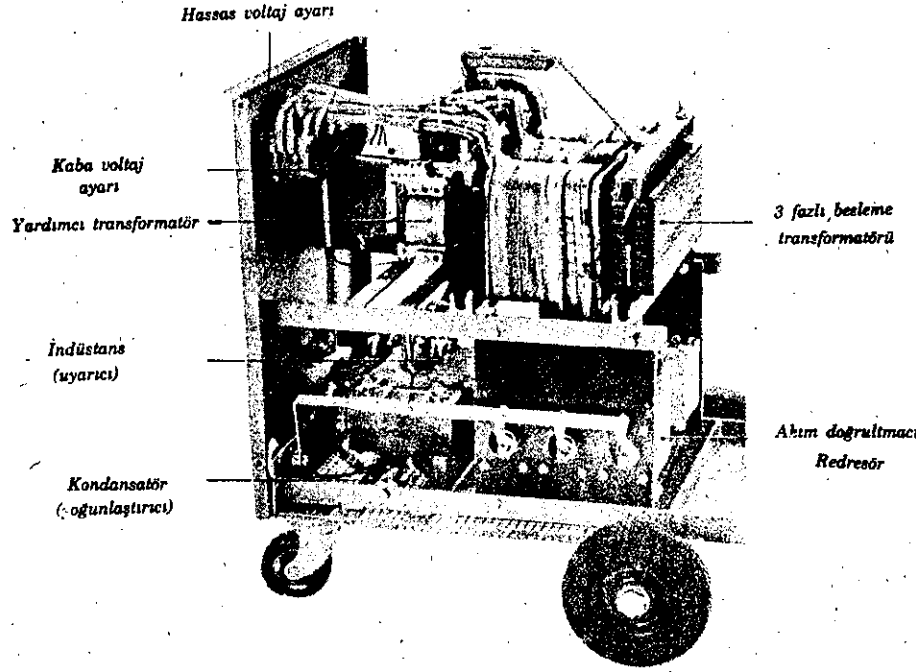
Koruyucu gazlar kaynakta çok önemli bir yer tutar. Kaynağın yapılmasında temel unsur kendisidir. Gazlar nötr olduğu gibi aktifde olabilirler. Ancak, kaynak alanında herhangi bir yan etkilerinin olmaması gerekir. Kullanılan gazlar, argon, helyum, karbondioksit veya bunlarla yapılan karışımlardır. Teknikte yaygın olarak, ençok çeliklerin kaynatılması nedeni ile, karbondioksit kullanılmaktadır.



Şekil : 20 Koruyucu gaz tüpü ve manometresi (düşürücü).

Bu konuya daha önce işlenmiştir. Gazların istenilen nitelikte kaynak alanında kullanılması için tüplerinin ve düşürücülerinin (monometrelerinin) gazların özelliğini koruyacak nitelikte olmasında yarar vardır. Şekil : 20 de koruyucu gaz tüpü ve manometresi (düşürücüsü) görülmektedir. Kaynak makinasının MİG (MAG) kaynak işlemlerine göre yapılması gereklidir. Kaynakta akım şiddetinden (amperden) fazla gerilim (Volt) önemlidir. Böylece akım üretici olan kaynak makinasının gerilimi devamlı aynı değerde vermesi gereklidir. Bu volt arkın oluşumu ile yakından ilgili olması nedeni ile kaynak akımı değiştiğinde büyük farklılık göstermemelidir. Kaynak sırasında voltun değeri 15 - 30 volt arasında olmalıdır.

Açılış voltu için makinenin gücü önemlidir. Voltun ayarlanması ve düzenlenmesi için ayrı bir reosta sistemi makina bünyesinde bulunmalıdır. Şekil : 21 de MİG Kaynak makinasının içi görülmektedir. Elektrodun (telin) bobinden pens ucuna (kaynak alanına) kadar gönderilmesi mekaniksel sistemle olur. Tel besleme sistemi makinadan tamamen ayrı bir ünite halindedir. Kaynak akımı tel çapına göre makina üzerinden ayarlanmakta, elektrodun ilerleme (gidiş) hızı tel besleme sisteminden düzenlenmektedir.

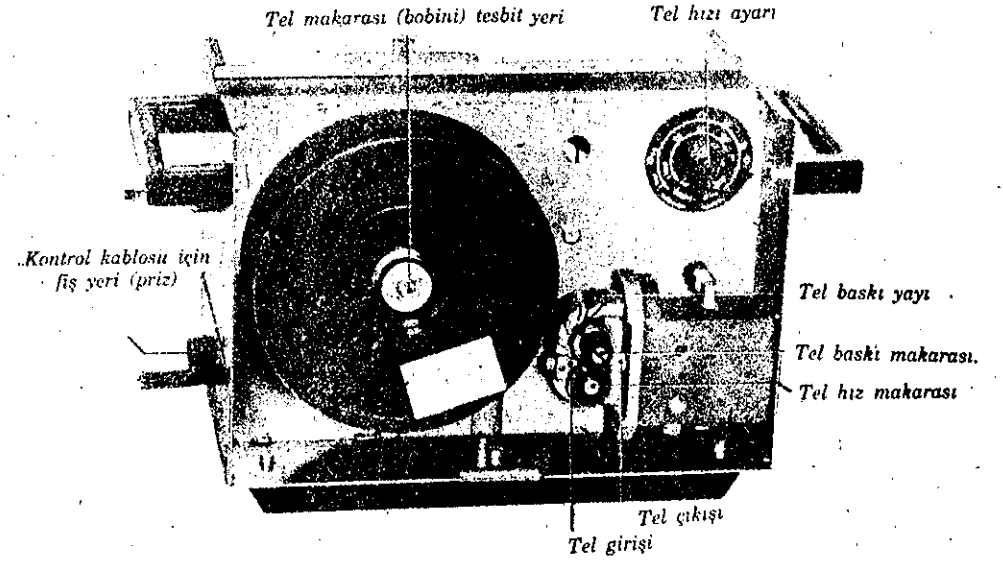


Şekil : 21 MİG (MAG) Kaynak Redresörünün İç Donanımı.

Telle beraber koruyucu gaz, kaynak akımı ve soğutma sistemlerinin kumanda işlemi tel besleme ünitesindedir. Sistemlerin harekete geçmesi elektronik kantaktör bağlantıları ile yapılmaktadır. Bu nedenle sistemin bünyesinde elektronik bağlantı tablosu vardır. Makinanın temel görevi bu ünite toplanmaktadır. Kaynağın yapım tekniğine göre ünite makinadan ayrılarak hareketli olarak taşınabilir.

Telin hareketini sağlayan dönme makaraları ikili veya dördü olabilir. Makara kısmı telin düzgünlüğünde sağlaması için, dördü makara sistemi daha yararlı olmaktadır. Şekil : 22 de tel besleme ünitesi görülmektedir. Tel beslemede hareketi sağlayan ayrı bir elektrik motoru vardır. Bu motorun kanalı ile makaraların dönmesi sağlanmaktadır. Motorun bir reosto yardımı ile dönme hızı ayarlanmaktadır. Bu hız telin pens (torç) ucuna gelme hızı

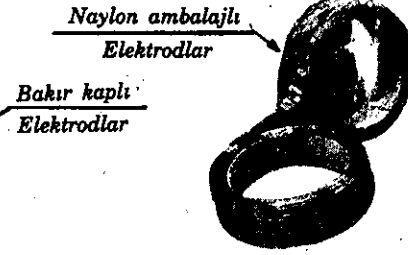
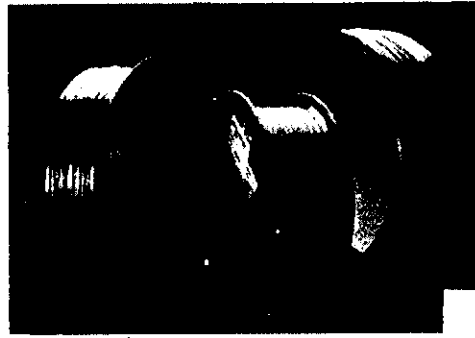
dakikada 2,5 - 20 m arasındadır. Adi ve orta karbonlu çeliklerde kullanılan kaynak telleri (elektrodları) genellikle yüzeyleri bakır kaplı olarak makara (bobin) halinde bulunmaktadır. Bu makaraların ağırlıkları yaklaşık 15 kg olup, 100 x 300 ebadında ve delik çapı 50 mm. dir.



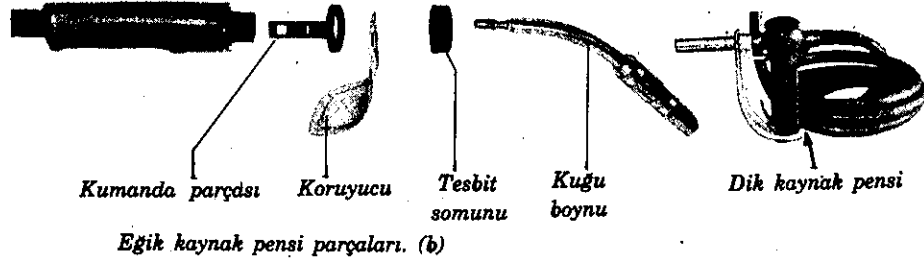
Şekil : 22 İkili Makara Düzeni olan Tel Besleme Ünitesi

Diger gereçlerin elektrodları da makara halinde olup yüzeylerinde herhangi bir kaplama bulunmamaktadır. Bunların ölçüleri ise 45 x 100 ebadında 16 mm mil çapında yapılmaktadır. Şekil : 23/a MİG kaynağında kullanılan elektrodlar görülmektedir. Genellikle piyasaya sürülen makara ağırlıkları 1 - 2, 5 - 5, 0 - 10 ve 15 kg dir. Elektrodların çapları inç ölçü birimine uygun olarak çaplar 0,6 - 0,8, 0,9 - 1, 0 - 1, 2 - 1, 6 - 2, 0 - 2, 4 ve 3,25 mm dir.

Elektrod pensleri kaynatılacak gerece veya kaynak konumuna göre değişmektedir. Penslerin biçimleri de kaynak işlemine göre farklı yapırlar. Şekil olarak eğik (kuğu boynu) biçiminde veya dik şekilde olmaktadır. Şekil : 23/b penslerin iki şekli görülmektedir. Alüminyum kaynaklarında kullanılan tellerin (elektrodların) yumuşak olması nedeni ile, bu malzemelerin kaynatılması için, özel pensler vardır. Bu penslerin içersinde tel besleme sistemi bulunmaktadır. Kaynak işlemini yapmak penste bulunan düğmelerle veya ayak pedalı ile olur. Penste bulunan düğme basmalı veya çekme şeklindedir.



Şekil : 23/a MİG (MAG) Kaynak Telleri



Şekil : 23/b MİG (MAG) kaynağında kullanılan eğik ve dik kaynak pensleri.

MİG (MAG) kaynağı yarı otomatik (elle kumandalı) veya tam otomatik (tam kumandalı) şeklindedir. Kaynakların yapımında kullanılan düğme (şartel veya anahtar) sistemleri makinaları yapan firmalarca değişik şekillerde yapılmaktadır. Torçlar (pensler) kullanılan akımın değerine göre su veya hava soğutmalı olarak imal edilirler. Gazın istenilen oranda ve debide üflenmesi için pens ucundaki gaz başlığının (nozulumun) temiz olması gereklidir. Elektrodun ergimesi sırasında gereğinden az kaynak akımı telin damlalar halinde düşmesine neden olur. Bu da dikişin işleme yeteneğini azaltır. Akım fazla olursa elektrodun erimesi çok hızlı olduğundan dikiş fazla yüksek olmaz.

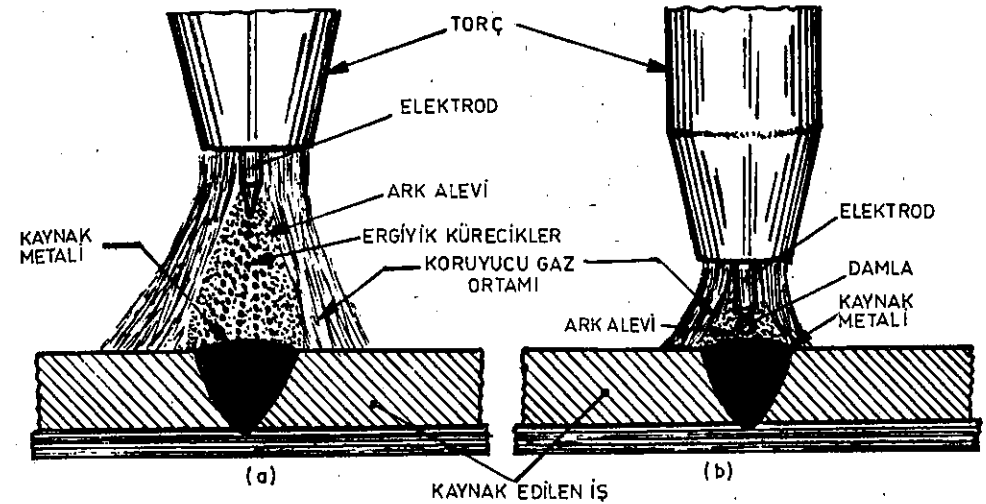
Elektrodun ergiyik kütlesi, kaynatılacak gerece iki şekilde geçer. Birincisi ark alevi içinde ince küreciklere ayrılarak çizgisel olarak, ikincisi ise ergiyik banyosuna degecek şekilde damlacıklar halinde geçerek dikiş oluşturur. Şekil : 24 de damla ve püskürtme geçişler görülmektedir. Ergiyik geçişindeki hacim, şekil (biçim) ve damlaların hareketi aşağıdaki faktörlere bağlıdır.

- 1 — Kaynak akımının türü ve magnetik etkisi,
- 2 — Akımın elektrod bileşimine (metalurjik yapısına) uygunluğu,

- 3 — Kaynak arkının uzunluğu (tel ile kaynatılan parça arasındaki yükseklik),
- 4 — Gerecin ve elektrodun yüzey pürüzlülüğü,
- 5 — Koruyucu gazın özelliği ve bileşimi.

Elektroddan akan ergiyik damlalarının akış hızlarına (Parametresine) etki eden faktörleri de şu şekilde sıralayabiliriz.

- 1 — Kaynak makinasının ilk yükleme gücü,
- 2 — Akımın yüksekliği (ark üflemesi olma ihtimali),
- 3 — Kullanılan elektrodun çapı,
- 4 — Elektrodun pensten çıkış uzunluğu ve kaynak açısı.



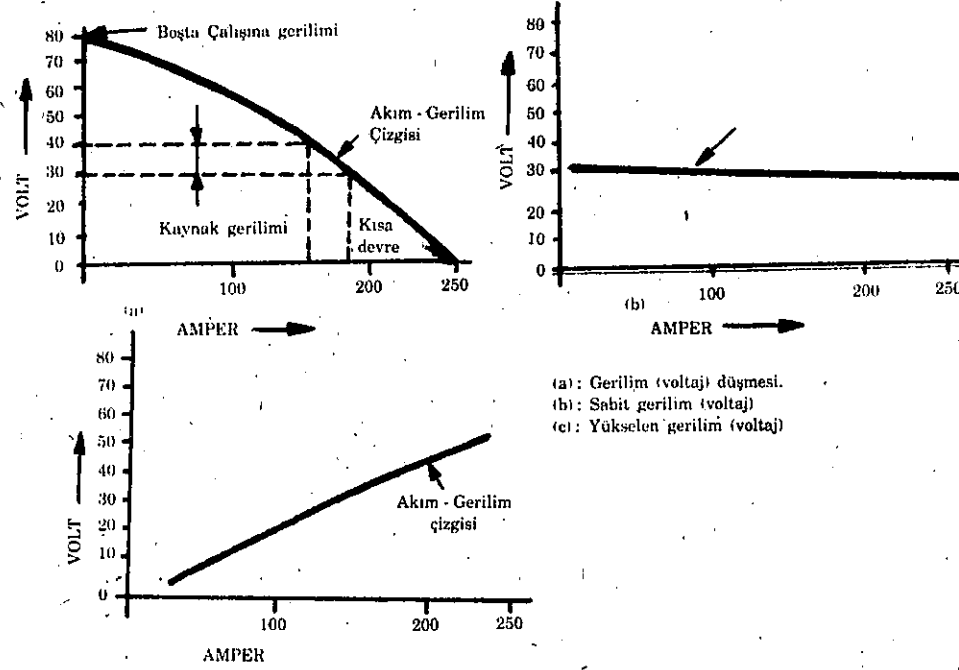
(a) : MİG kaynağında ark alevi içinde eriyen elektrodun püskürtme geçişi.
(b) : MİG kaynağında ark alevi içinde eriyen elektrodun damla geçişi.

Şekil : 24 MİG kaynağında elektrodun püskürtme ve damla geçişleri.

Ergiyik akışı küresel veya püskürtme (spray) şeklinde olması yanında eksen doğrultusunda olup olmaması da önemlidir. Akma torç (pens) ekseninden fazla sapma yapmaksızın olması gereklidir. Örneğin, karbondioksit gazında küresel yerine daima püskürtme yöntemi tercih edilmelidir. Aksi halde damlalar aksenal olarak akışkanlık göstermezler. Damlaların akışı dakikada 20 - 200 defa olmaktadır. Böylece, küresel ve püskürtme (spray) konumları belirlenmektedir. Elektrodların ergime oranları aşağıdaki faktörlere bağlı olarak değişir.

- 1 — Kaynak akımının yönü ve magnetik değeri,
- 2 — Kaynatılan gerecin fiziksel özelliği,
- 3 — Elektrodun kaynak alanına uzaklığı ve açısı,
- 4 — Gerecin yüzey düzgünlüğü ve elektrodun akım kutbu.

Bunların dışında elektrod ergime oranı alternatif akımda daha az, doğru akımda fazladır. Ergime oranının değişmesi düz, dik ve tavan gibi kaynak konumları ile de yakından ilişkilidir. Telin ilerleme hızı da ergime oranına etki eden diğer bir faktördür.



Şekil: 25 MIG kaynak makinası karakteristikleri.

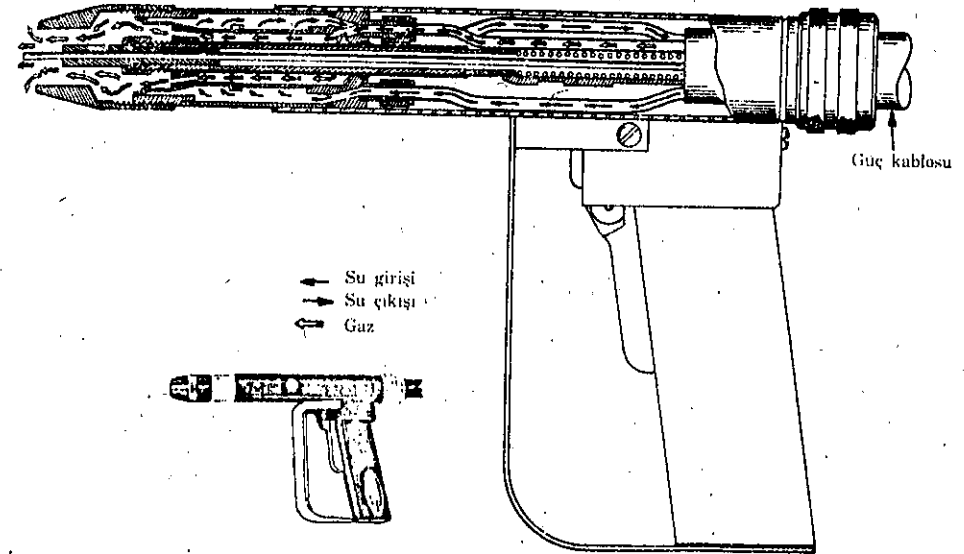
Tel ilerlemesi enaz dakikada 2,5 m ile en fazla 20 m arasında olmalıdır. Kaynak akımının elde edilmesi kaynak makinaları ile mümkün olmaktadır. Makinaların ürettiği akım genellikle doğru akım olup bunların üç genel karakteristiği bulunmaktadır. Bu oluşuma statik değerler denilmektedir. Genellikle karakteristik değerler Volt - amper ilişkisini yansıtarak kaynağa etki etmektedir. Volt - amper değişkenliğini statik değerler ölçüsünde üç türde belirlemek mümkündür. Şekil : 25 de kaynak makinası karakteristikleri görülmektedir.

1 — Volt düşmesi, voltun düşmesi ile akım (amper) yükselmektedir. Bu özellik metal - ark (örtülü elektrod) kaynaklarında da çok rastlanır.

2 — Voltun sabit kalması. Bu durumda volt belirli bir değerde kalır ve çok az oranlarda düşme gösterir. Bu değişmeye paralel olarak amper (akım şiddeti) yükselir. Kaynak işlemi sırasında en çok aranan özelliktir.

3 — Voltun yükselmesi : kaynatma ortamına göre yükselme yararlıdır. Fazla ergime ve sıçramayı önler.

Küresel ergiyik akışı, elektrik geçirgenliği iyi olan gereçler için iyi bir dikiş oluşması meydana getirmez. Özellikle bakır ve alüminyum gibi gereçlerde bu tür ergiyik transferi uygun olmaz. Arkın başlatılması da bu üç özellikle beraber yürümektedir. Ark, iş parçasına sürterek veya vurarak (örtülü elektrodlarda olduğu gibi) başlatılır. Ark oluşur oluşmaz hemen uygun ark yüksekliği ayarlanarak, dikiş biçimine göre belirli bir hız ve hareket verilmelidir. Ark boyunu azaltmakla fazla sıçırma geniş dikiş değerlerini de azaltmaktadır. Arkın belirgin yükseklik ve değerde kalması kaynak akımı ile koruyucu gazın bileşim ve türüne bağlıdır.

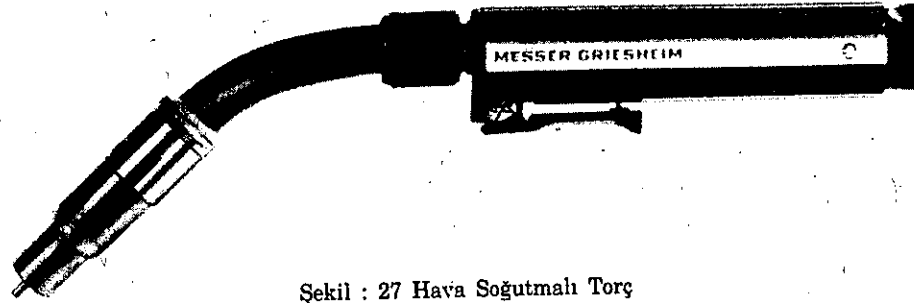


Şekil : 26 Su Soğutmalı Torçun Kesiti

Kaynak sırasında oksit oluşması gibi faktörler meydana gelirse, oksitlenmenin azalması için gazların içersine çok azda olsa % 2 ye kadar oksijen katılır. Çok kere oksijen dikişte oluşacak gözeneklerin azalmasına veya yok olmasına neden olmaktadır. Oksijen oranı sadece gözeneğe etki etmez. arkın düzenli olmasını da sağlar. Elektrod ile parça arasındaki (kaynak alanında) oksitlenmeye yan etki yaparak, temiz kalmasına yardımcı olur. Yüzeylerin çok girift ve kirli olması halinde oksijen oranı maksimum % 4'e kadar çıkarılır. Bu nedenle koruyucu gazlara katılan oksijen miktarı % 2-4 arasında olmalıdır. Genel olarak arkı havadan korumakla görevli olan koruyucu gazın kaynağa da bazı etkileri olmaktadır. Bu tesirlerini aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

- 1 - Kaynakta arkın sürekliliğini ve düzgün ergiyik tranferini,
- 2 - Dikişin fiziksel biçimi ve gerece yeterli işlemesi,
- 3 - Kaynak yapma hızındaki ilerlemenin düzenli olmasını,
- 4 - Kenar oyulmalarının minimum değerde azalmasıdır.

Koruyucu gaz olarak genellikle nötr olmıyan (aktif) gazlar da kullanılır. Aktif olan bu gazlar ise, hidrojen, oksijen ve karbondioksittir. Bunlardan yalnız başına kullanılan karbondioksit istisna teşkil eder. Çizelge : 8 de koruyucu gazların kullanıldığı metaller gösterilmektedir. MİG (MAG) sürekli veya nokta kaynağı olarak yapılmaktadır.



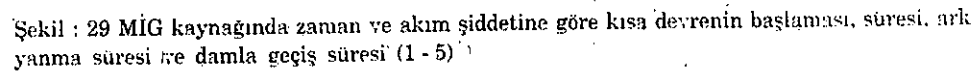
Şekil : 27 Hava Soğutmalı Torç



Şekil : 28 Su Soğutmalı Torç

Çizelge : 8 de damla geçişine göre kaynatılan metaller ve kullanılan gazlar verilmektedir.

Kaynatılacak gereç	Koruyucu gaz	Özellikleri (sağladığı yararları)
Aluminyum.	Argon	1-25 mm. kalınlıklar için çok iyidir. Az sıçrama iyi bir ark düzeni oluşturur.
	Argon %35-Hel. %65	25-75 mm. kalınlıklar için uygulanmalıdır. Yüksek ısı oluşturur.
	Argon % 25-Hel. %75	75 mm. den daha kalın olan alüminyum parçalar için kullanılır.
Magnezyum.	Argon	Çok iyi temizleme yapar.
Karbonlu çelikler.	Argon-%3-5 oksijen	Arkın düzenli ve akışkan olmasını sağlar. kenar yenmelerini ve gözeneklerini önler. Kaynak banyosu kontrol edilebilir.
	Karbondioksit.	Düşük maliyet, yüksek kaynak hızı verir.
Paslanmaz çelikler	Argon-%1 oksijen Argon-%2 oksijen	Ark düzenli olur. Kenar yenmeleri azalır. Daha iyi kaynak yapılabilir.
Bakır ve nikel alaşımları.	Argon	3.5 mm. ye kadar kalınlıktaki parçalar için iyi akışkanlık sağlar. Kaynak yapımı iyi olur.
	Argon %25-50 Helyum %50-75	Daha kalın gereçlerin kaynağı için gerekli olan ısıyı verir.
Titanyum	Argon	İyi bir ark düzeni ile ergiyik kontrolü yapılabilir.
KISA DEVRE AKIM GEÇİŞİ		
Karbonlu çelikler.	Argon %75-CO. %25	Kalınlığı 3.5 mm. den az olanlar için iyi kaynak hızı, az sıçrama ve deforma.
	Karbondioksit	Yüksek kaynak hızı, derin nüfuziyet.
Paslanmaz çelikler.	Helyum %90 Argon %7.5 CO. %2.5	Oksitlenme çok azalır. kaynak alanı küçüktür. kenar yenmeleri olmaz, deformasyon az derecededir.
Düşük alaşımlı çelikler	Helyum %60-70 Argon %25-35 CO. %5	Kristal sağlamlığı tamdır. ark düzgün olur. sıçramalar azdır.
	Argon %75-CO. %25	Çok iyi bir dikiş ve ark oluşur.
Aluminyum. Bakır-Magnezyum. Nikel ve alaşımları	Argon veya. Argon-Helyum	İnce parçalar için tercih edilmelidir. Kalın parçalar için karışık gaz kullanılmalıdır.



- 1 - Kullanılacak koruyucu gazın türü, debisi ve kullanılma şartları.
- 2 - Kaynak edilecek gerece göre basınç ayarlayıcısı.
- 3 - Tel (elektrod) çapına göre, kaynak akımının değeri, tel ilerleme hızının miktarı. Ark gerilim değeri.
- 4 - Tele göre, besleme sisteminde kılavuz ve makaralarının değiştirilmesi veya kanal seçiminin yapılması.
- 5 - Telin pensten çıkışındaki, kaynak akımını tele ileten kontaktör memenin seçimi.
- 6 - Pens soğutma sistemlerinin açıklanması.

(c)

CO₂ kaynağının yapılmasında belirli bir ark voltu veren genellikle redresör olan kaynak makinasından ibarettir. Arkın oluşma tekniği içersine

ÇİZELGE : 9 Kısa Devre Çevrimine göre yapılan Birleştirmeler ve ilgili Değerler.

Paso sayısı = I, Kaynağın yapılışı : Elle, Kaynak pozisyonu : Düz (yatay)
Kaynakta kullanılan koruyucu gaz, karbondioksit (CO₂) gazıdır.



Gereç kalınlığı (T) mm.	Paso Sayısı	Elektrod Çapı (mm.)	Kaynak akımı		Gaz debisi lt/sn.	Kaynak Hızı cm/dak.
			VOLT	AMPER		
0.25 - 0.6	1	0.30 - 0.80	15 - 17	30 - 60	15 - 20	15 - 50
0.30 - 0.80	1	0.30 - 0.80	15 - 17	40 - 60	15 - 20	18 - 55
0.40 - 1.0	1	0.35 - 0.90	15 - 17	65 - 85	15 - 20	35 - 100
0.50 - 1.5	1	0.35 - 0.90	17 - 19	80 - 100	15 - 20	35 - 100
0.60 - 1.7	1	0.35 - 0.90	17 - 19	90 - 110	20 - 25	30 - 85
0.80 - 2.0	1	0.35 - 0.90	18 - 20	110 - 130	20 - 25	25 - 75
1.25 - 3.0	1	0.45 - 0.50	19 - 21	140 - 160	20 - 25	20 - 60
1.25 - 3.0	1	0.45 - 1.0	20 - 23	180 - 200	20 - 25	30 - 80
2.0 - 5.0	1	0.35 - 0.90	19 - 21	140 - 160	20 - 25	15 - 50
2.0 - 5.0	1	0.45 - 1.0	20 - 23	180 - 200	20 - 25	18 - 55
2.5 - 6.5	1	0.35 - 0.90	19 - 21	140 - 180	20 - 25	10 - 40
2.5 - 6.5	1	0.45 - 1.0	20 - 23	180 - 200	20 - 25	12 - 45

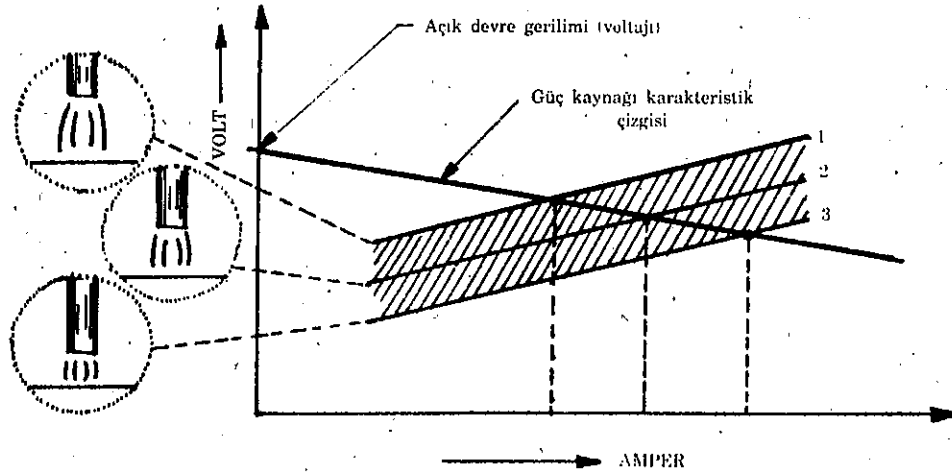
ÇİZELGE : 10 Kısa Devre Çevrimine göre Yapılan Birleştirmeler ve ilgili Değerler.

Paso sayısı = I, Kaynağın yapılışı : Elle, Kaynak pozisyonu : Başüstü
Kaynakta kullanılan koruyucu gaz, karbondioksit (CO₂)



Gereç kalınlığı mm.	Dikis Sayısı	Elektrod Çapı (mm.)	Kaynak akımı		Gaz debisi lt/sn.	İlerleme Hızı cm/dak.
			VOLT	AMPER		
0.25 - 0.60	1	0.30 - 0.8	15 - 17	30 - 50	15 - 20	15 - 50
0.30 - 0.60	1	0.30 - 0.8	15 - 17	40 - 60	15 - 20	18 - 55
0.40 - 1.0	1	0.35 - 0.9	15 - 17	65 - 85	15 - 20	35 - 100
0.50 - 1.5	1	0.35 - 0.9	17 - 19	80 - 100	15 - 20	35 - 100
0.60 - 1.7	1	0.35 - 0.9	17 - 19	90 - 110	20 - 25	30 - 85
0.80 - 3.0	1	0.35 - 0.9	19 - 21	110 - 130	20 - 25	25 - 85
1.25 - 3.0	1	0.35 - 0.9	19 - 21	140 - 160	20 - 25	20 - 60
1.25 - 3.0	1	0.45 - 1.0	20 - 23	180 - 200	20 - 25	30 - 80
2.0 - 5.0	1	0.35 - 0.9	19 - 21	140 - 169	20 - 25	15 - 50
2.0 - 5.0	1	0.45 - 1.0	20 - 23	180 - 200	20 - 25	15 - 55
2.5 - 6.5	1	0.35 - 0.9	19 - 21	140 - 160	20 - 25	10 - 40
2.5 - 6.5	1	0.45 - 1.0	20 - 23	180 - 200	20 - 25	12 - 45

belirli orandaki tel ilerleme hızını da eklemek gereklidir. Şekil : 30 daki diyağramda ark boyu ile değişen volt değerleri ve bunların karakteristiği görülmektedir. Şekil : 30 de ise otomatik CO₂ kaynağı (bobin tel) ile elle yapılan özlü elektrod kaynağı görülmektedir. Akım üretici ve Ark ; Şekil : 31 daki daki diyağram redresörlerdeki amper volt ilişkilerini göstermektedir. Volt ve amper eksenleri üzerinden alınan değerlerle ark sırasında oluşan değişimler taranmış bölgede görülmektedir. Her çizginin yansıttığı ark boyu daireler içerisinde ifade edilmektedir. Bu aynı zamanda kaynak akımını üretme diyağramı olarak da belirlenmektedir. Arkın bu özellikleri, belirli oranlarda değişebilen elektrik birimlerinden volt ve amper olarak görülmektedir. Böylece, diyağramda da görüldüğü gibi, arkın boyu voltun değeri ile oranlı olarak değişir. Kısa arkı gösteren çizgi en altta bulunmaktadır. Uzun arkı ise en üstteki çizgi yansıtmaktadır. Bundan dolayı Şekil : 31 deki farklı redresör akımından oluşan, arkların (belirli hızda ilerleyen teli dikkate alarak) özelliklerini göstermektedir.

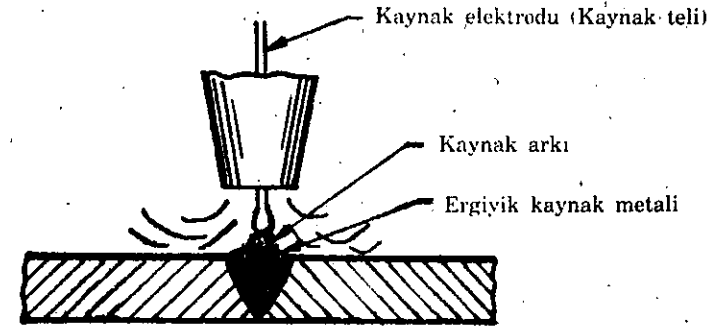


Şekil : 31 CO₂ kaynağındaki Volt ve amper diyağramı

Kaynak sırasında ark boyu, kaynakçının yeteneğine bağlı olarak, değişmektedir. Pensin ağırlığı ve elektrod hareketi de bu değişkenliğe etki etmektedir. En uygun kaynak işlemi pens ile iş parçası arasındaki yüksekliği sürekli olarak belirli boyda tutmakla olur. Bunun için iki önemli açıklamayı gözönünde bulundurmak lazımdır.

A - Eğer pens iş parçasından normalin üzerinde uzaklaştırılırsa, ark karakteristiği şekil : 31 daki gibi, üst çizgi konumuna girer. Bu durumda makinadan akım (amper) belirli oranda düşer. Tel besleme sisteminden gelen

elektrod hafif yanma gösterir. Bu durum, ark boyunun normale dönmesi ile son bulur.



Tel	Tel bileşiminde Mn + Si yok.	Tel bileşiminde Mn + Si var.
Ark	$\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{O}$	$\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{O}$
Ergiyik Banyo	$\text{O} + \text{Fe} \rightarrow \text{FeO}$ $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$	$\text{O} + \text{Fe} \rightarrow \text{FeO}$ $2 \text{FeO} + \text{Si} \rightarrow 2 \text{Fe} + \text{SiO}_2$ $\text{FeO} + \text{Mn} \rightarrow \text{Fe} + \text{MnO}$

Şekil :32 Kaynak teli bileşiminin arka ve ergiyik banyoya etkisi.

B - Eğer pens iş parçasına doğru oranlı bir şekilde yaklaştırılırsa, arkın durumunda orta çizgiden alt çizgiye dönüşür. Birinci açıklama (A) analiz edilirse normal kaynak akımı yüksek olup telde ve dikişteki yanmada gittikçe artmaktadır. Bazı hallerde (özellikle kalın parçalar için) bu uygulama yeni bir teknik olarak kabul edilebilir. Özel olarak ayarlanan tel ilerleme hızı ark sırasında kaynak akımı ile beraber dikkatlice izlenmelidir. Eğer dikişte yanma ve benzeri hatalar olursa bunları açılış ve kaynak voltunu düzenlemek suretiyle giderilebilir. Amper, volt ve elektrod (tel) ilerleme hızı işin durumuna göre değişmektedir. Değişimin değeri ise ; kaynak konumu, gereç kalınlığı ve birleşme türü dikkate alınarak belirlenir. Örneğin, fazla tel geliş hızına yüksek akım (amper), az tel geliş hızına ise düşük akım (amper) gereklidir. Bununla beraber CO₂ ile yapılan kaynaklarda düzenli oranda volt üretimi yapan redresörler kullanılmaktadır. Şekil : 34 de bu volt ile yapılan kaynak diyağramı işin yapılışındaki tekniği yansıtmaktadır. Ancak, burada akım yükseldikçe volt düşmektedir. Tersisi olursa volt (gerilim) yükselir.

CO₂ kaynağında kullanılan elektrodun bileşimi kaynak arkını ve kaynak metalini etkiler. Bu durum yukardaki değerlerle açıkça ifade edilmektedir.

Voltun kontrolü ile arkın yapılış düzeni (yüksekliği) belirli ölçüde tutulabilir. Arkın kolay başlatılması için volt değerinin kontrol edilmesi gereklidir. Arkın boyunu kontrol etmek kaynağının kendi tecrübesine bağlıdır. Ark yumuşak ve cıvırtı şeklinde bir ses oluşturmamalıdır. Dikişin sağlamlığı (işlemesi, kenar yemeleri) bakımından örtülü elektroda göre daha geçerlidir.

Ark boyu kaynak akımında bozulmasına neden olabilir. Bunun için ark boyunu çok düzenli olarak kontrol edilmesi gerekir.

Kaynak işlemi, elektrodun (telin) ergiyik banyosuna (krater boşluğuna) ark eşliğinde transfer edilmesidir. Bu geçiş kaynağın en büyük özelliğidir. Tel gereç olarak metal olduğundan bu geçişe "Metal transferi (geçisi)" denmektedir.

Metal transferinin oluşum faktörleri şu özellikler doğrultusunda dikkatle değerlendirilmelidir.

- a - Kaynak telinin türü,
- b - Koruyucu gaz,
- c - Akım (amper)

Her üç özellik birbirine bağlı olarak ayarlanmalı ve işlem yapılmalıdır. Kaynak teline göre koruyucu gaz ve amper ayarı (çizelgelerden veya tecrübelerden yararlanarak) yapılır.

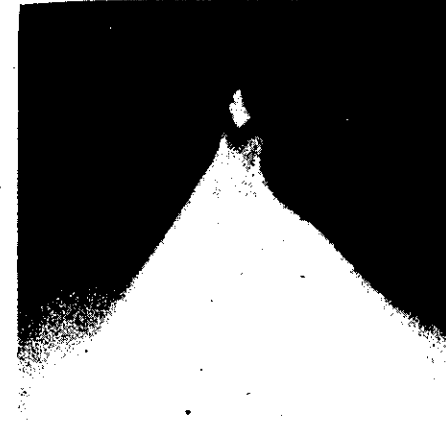
KARBONDİOKSİT KAYNAĞININ TARİHÇESİ

Koruyucu gaz kaynağının başlangıcı II ncı dünya savaşının öncelerine dayanır. Bu sıralarda alüminyum kaynağı büyük problem olmuştur. Araştırmalar sonunda alüminyum kaynağı argon ve helyum gazlarının korunması ile yapılabilirdi. Böylece koruyucu gaz kaynağının yapımı gerçekleşmiş oldu. Kaynak işleminin çeliklere uygulanması sırasında argon gazına % 2-5 arasında O_2 (oksijen) karıştırıldı. Argon gazının pahalı olması nedeni ile kaynak işlemi de pek ekonomik görünmedi. Bununla beraber endüstride çeliklerin kaynağında herhangi bir güçlük karşılaşılmadı. Argon hiçbir element ile birleşmeyen asal bir gaz olup kaynağa ve kaynatılan gereçlere bir yan etki yapmamaktadır. Argon genel olarak havadan elde edilir. Yaklaşık CO_2 den on kat daha pahalıya malolmaktadır. Argon fiyatının çok yüksek olması, çeliklerin kaynağı için yapılan araştırmalarda CO_2 gazının bulunmasına neden olmuştur. CO_2 gazının çeliklerde kullanılması sonucu MIG kaynağında yeni bir aşama belirmiştir.

Karbondiyoksit kaynağında, metal geçişini sağlayan üç faktörden koruyucu gazın durumunu çeliklerin kaynatılmasında yakından izlemek gerekir.

Koruyucu gazların ergiğiyle etkileri Şekil : 33 ve 34 de verilmektedir. İçersinde %2-5 oranında oksijen bulunan argon gazı ile kaynatılan çelik görülmektedir. Ark'a dikkatli bakılırsa telin ucundan dökülen damlalar izlenebilir. Bu damlalar telin ucundan ergiyik uzayarak oluşmaktadır. Şekil : 34 de karbondiyoksit gazının koruyuculuğunda yapılan ark'taki ergiyik biçimi görülmektedir. Ergiyik kütlesi Şekil : 33 deki ile karşılaştırılırsa daha büyük ve ağır olduğu görülmektedir. Her iki şekilde elektrod ucundaki ergiyik oluşumunu ve akışını karakterize eden bir oluşum vardır. Damlaların ağırlığı ise elektromagnetik etki nedeni ile krater boşluğuna doğru akar. Karbondiyok-

sit genellikle çeliklerin kaynağında kullanmakta olup, yoğun gaz olması nedeni ile belirli bir hacim tüketildikten (sarfedildikten) sonra ısıtılması zorunludur. Bu nedenle sürekli tüketim gerektiren kaynaklarda tüp ile düşürücü arasına ısıtıcı takılır. Isıtıcı akımı ya makinadan veya şebekeden almaktadır. Isıtılmayan karbondiyoksit belirli bir süre sonra tam koruma yapamadığı için dikişte gözenekler meydana gelir.



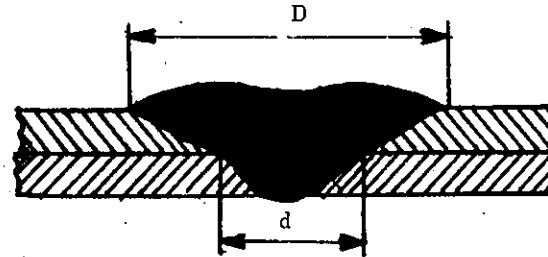
Şekil : 33
Bileşiminde % 2-5 oranında oksijen bulunan argon gazı ile çeliğin kaynak edilmesi.



Şekil : 34
Karbondiyoksit (CO_2) gazının koruyuculuğunda çeliğin kaynatılması.

KARBONDİOKSİT NOKTA KAYNAĞI

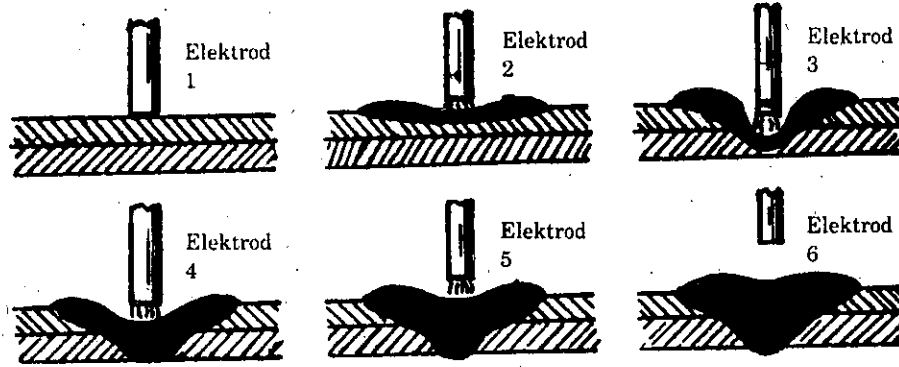
CO_2 gazının koruyuculuğunda gereçler nokta kaynağı ile de birleştirilmesi yapılmaktadır. Bu kaynak yöntemi ile kalınlığı 1 mm ve daha az olan gereçler başarı ile kaynak yapılabilirler. CO_2 - nokta kaynağı daha çok otomobil gövdelerinin (kaportalarının) yapımında ve onarımında kullanılmaktadır. Şekil : 35 de kaynak ağzı açılmadan iki parçanın CO_2 - nokta kaynağı ile kaynatılmış durumu görülmektedir.



D : Büyük kaynak metali çapı
d : Küçük kaynak metali çapı

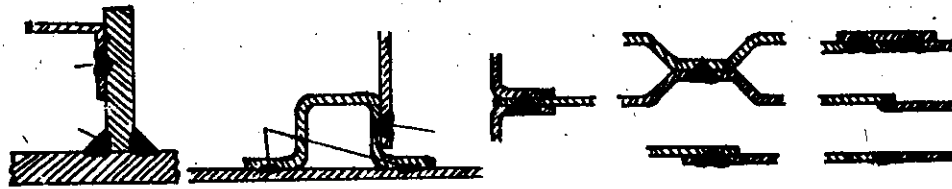
Şekil : 35 CO_2 - Nokta kaynağı ile kaynatılmış iki parça.

İki veya daha çok sayıdaki ince parçalar bindirme şeklinde üst-üste konulmak suretiyle şekil : 36 da görüldüğü gibi 6 işlem sonucunda CO₂ - nokta kaynağı ile kaynatılırlar.



Şekil : 36 CO₂ - Nokta kaynağı işlem sırası.

Otomobil endüstrisinin dışında ayrıca, çelik mobilya yapımında, çelik kapı ve pencere işlerinde, kontrol panolarının yapımında, demir yolu vagonlar yapımında, tarım makineleri yapımında da CO₂ - nokta kaynağı kullanılır.



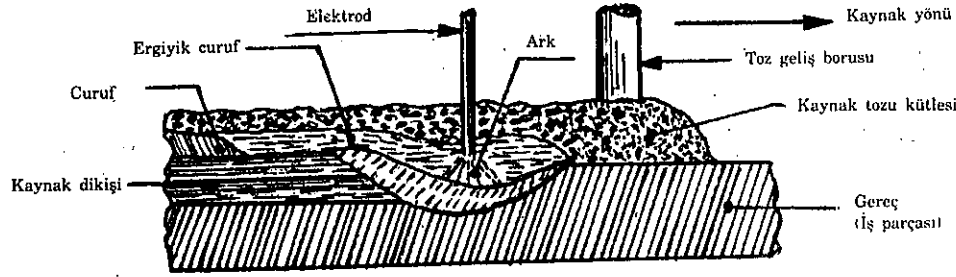
Şekil : 37 CO₂ - Nokta kaynağı uygulamaları.

SORULAR :

- 1 - TIG kaynak yöntemi ile MIG kaynak yöntemi arasındaki farkı açıklayınız.
- 2 - Mig kaynağının kaynak tekniğine kazandırdığı yenilikler nelerdir ?
- 3 - Mig kaynağının uygulanabilmesi için hangi elemanlara gerek vardır ?
- 4 - Mig kaynak yöntemi ile kaynak yapılabilen gereçler nelerdir ?
- 5 - Mig kaynağında kullanılan tel besleme sisteminin görevi nedir, nasıl çalışır ?
- 6 - Mig kaynağında püskürtme ve damla geçişi ne demektir, açıklayınız ?
- 7 - Ergiyik geçişinin şekil, hacim ve damla hareketlerinin bağlı olduğu faktörleri açıklayınız.
- 8 - Mig kaynağında kullanılan makinelerin karakteristiklerini açıklayınız.
- 9 - Mig kaynak yönteminde kullanılan kaynak penslerinin (torçlarının) nasıl soğutulduklarını açıklayınız.
- 10 - Mig kaynak yöntemi ile ilgili olarak hazırlanmış 8,9 ve 10 numaralı çizimleri inceliyerek bu inceleme sonucunu kısaca özetleyiniz.
- 11 - Mig kaynak makineleri için hazırlanmış kataloglardan hangi bilgilerin bulunması gerektiğini açıklayınız.
- 12 - CO₂ gazı kullanılarak yapılan MAG kaynağındaki telin bileşimi, arkı ve kaynak metalini nasıl etkilemektedir, kimyasal denklemlerle açıklayınız.
- 13 - CO₂ kaynağının tarihçesini kısaca anlatınız.
- 14 - CO₂ - nokta kaynağının hangi işlerde kullanıldığını açıklayınız.

TOZALTI KAYNAĞI

Arkın tozaltında korunarak kaynak yapılması nedeni ile bu kaynak yöntemine tozaltı kaynağı adı verilmiştir. Çıplak elektrodla (bakır ve silis kaplı) iş parçası arasında oluşturulan ark, telin çevresinde bulunan toz kalınlığı tarafından korunmaktadır. Arkın oluşturduğu yüksek sıcaklık ile tel, kaynak alanında bulunan toz kütlesiyle birlikte erimektedir. Örtülü elektrod da olduğu gibi, kaynak tozu da üç durumda bulunur ve üç temel görevi yerine getirir. Birinci durum ve birinci görev : Hiçbir değişikliğe uğramıyan ve arkın sızmasını önleyen kalın tabaka durumundaki tozdur. Ark ışınlarının dışarı çıkmasını önleyerek kaynakçının ve çevresindekilerin rahatsız olmalarına engel olur. Bu nedenle elektrod çevresindeki toz yeterli kalınlıkta olmalıdır. Özelliği değişmeyen en üstteki kaynak tozu yeniden kullanılmaktadır. İkinci durum ve ikinci görev : İçerisinde hiçbir metalik özelliği bulunmayan elemanların erimesi sonucu oluşan sıvı curuf tabakası teşekkül eder. Ergiyik durumundaki bu curufun özgül ağırlığı düşük olduğundan ergiyik metal üzerinde bulunur ve sıcaklığını üst kısımdaki toza verir.

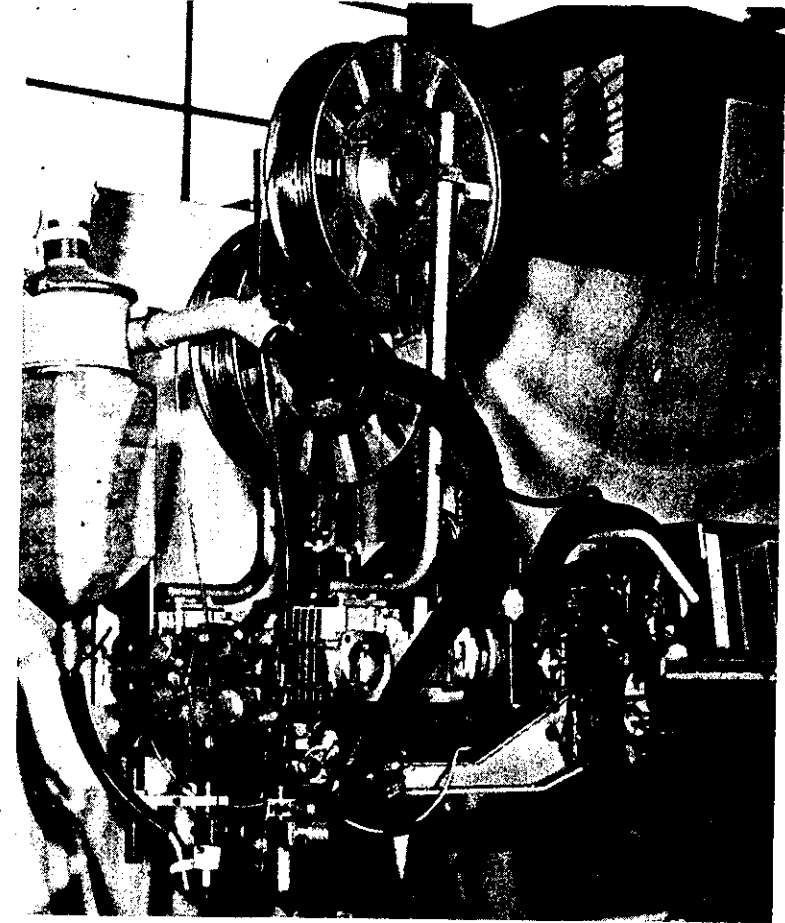


Şekil : 38 Tozaltı Kaynağının Yapılış Sırasındaki Durumu

Şekil : 38 de tozaltı kaynağının yapılış kesitinde tozun değişkenlik durumları görülmektedir.

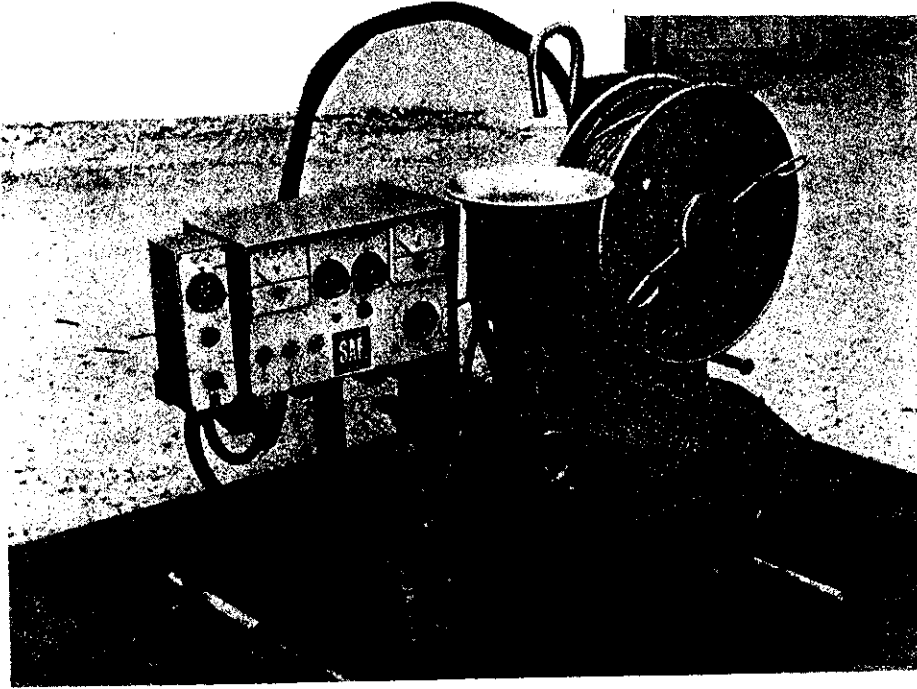
Sıcaklığı azalan toz ergiyik durumundaki metalden daha önce katılaşarak, kaynak dikişi üzerinde kabuk bağlamaktadır. Böylece aşırı derecede sıcak olan kaynak dikişinin yavaş soğuyarak katılaşması sağlanmış olur. Tozun, diğer üçüncü durumu ve görevi ise, içinde bulunan elementlerin erimesi sonucu kaynak dikişine katılmasıdır. Böylece kaynak dikişinin hacmi arttığı gibi mekaniksel özellikleri de değişmektedir. Tozların içine katılan elementler, tozun kaynak bakımından türünü oluşturmaktadır. Genellikle, en çok

kullanılan türleri, sert dolgu, bazık ve rutil türleridir. Tozların yapımında, elektroda olduğu gibi, özel yapım teknikleri uygulanmaktadır. Bu nedenle tozların yüksek ark sıcaklığında erimesi sonunda, fazla oranda gaz ve duman oluşturmaması gerekir. Tozlar ince kum taneleri büyüklüğünde olmalı, ince (pudra kıvamında) bulunmamalıdır. Tozun fazla kaba olması ark ışınının sızmasına, çok ince olması da kaynak sırasında çok az da olsa meydana gelen gaz kütlesinin dışarı çıkmasına neden olmamalıdır. Dışarı çıkamayan gazlar dikiş içerisinde küçük gözenekler oluşturmaktadır. Tozaltı kaynak yöntemi, tam otomatik veya yarı otomatik (elle kumandalı) olarak yapılmaktadır. Uygulama genellikle tam otomatik olanları kullanılmaktadır. Şekil : 39 da tam otomatik tozaltı kaynak makinası görülmektedir.



Şekil : 39 Tam otomatik tozaltı kaynak makinası.

Çok kısa boylu dikişi gerektiren veya tamirat türü kaynaklarda yarı otomatik tozaltı kaynak makinaları tercih edilmektedir. Kaynak teli mekaniksel bir sistemle (tel besleme ünitesi yardımı ile) ve kaynakçının ayarladığı ilerleme hızı ile kaynak yerine gönderilir. Tele gelen kaynak akımı toz kütlesine yakın olan başlığın uç kısmındaki bir bakır bilezik tarafından iletilir. Bakır bilezik içerisinde bulunan ince bakır boru her tel çapına göre değişmektedir. Kaynağın yapılmasında özel bir beceri tecrübeye gerek yoktur. Kaynağı yapacak kişinin yeterli teknik bilgiye sahip olması, gereklidir. Örneğin, tozun sıcak veya soğuk olması kaynağa etki etmektedir. Soğuk toz, akım geçirgenliğini azaltır. Sıcak toz ise, fazla geçirgen yapar. Bu nedenle kaynakçı (operatör) yeterli değerlendirmeleri yapacak teknik bilgiye sahip olmalıdır. Şekil : 40 da traktör tipi tozaltı kaynak makinası görülmektedir.

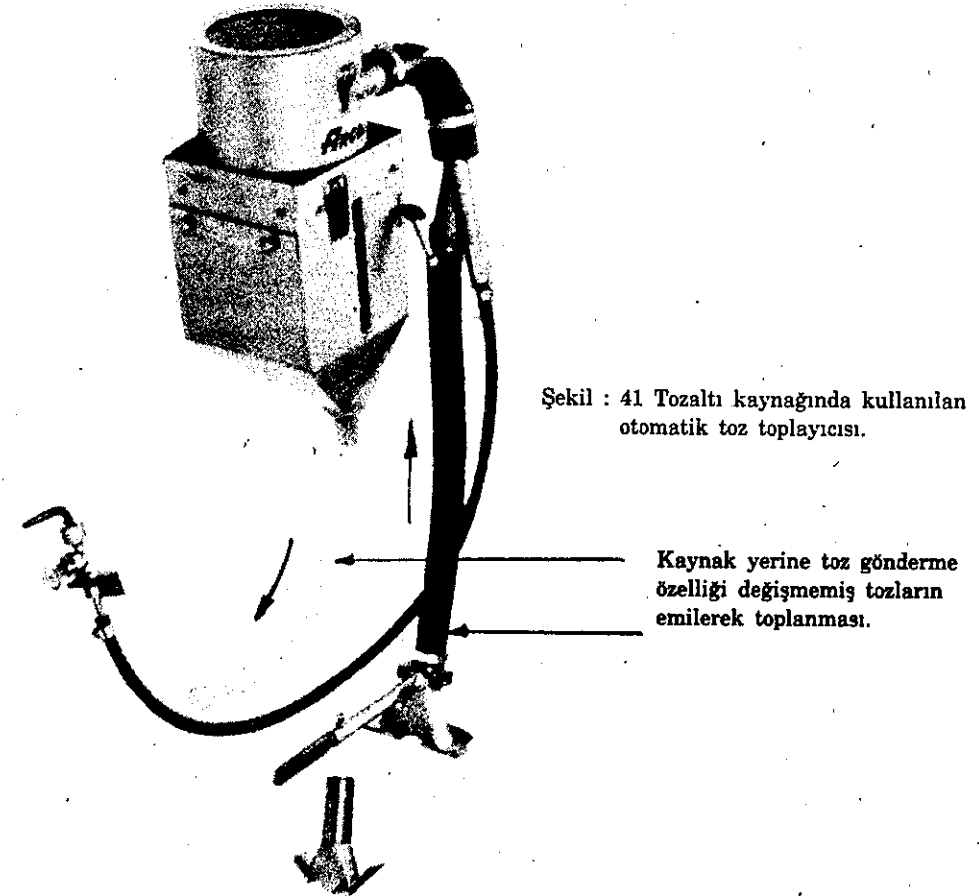


Şekil : 40 Traktör tipi tozaltı kaynak makinası.

Tozaltı kaynağında bazı durumlarda dalgalı akım kullanılıyorsa, arkın ilk tutuşturulması için önlem alınmalıdır. Bu amaçla, ilk arkı tutuşturmak için önlem alınmalıdır. Bu önlem, ilk arkı tutuşturmak için telle toz arasına çelik

talaş yumağı konabilir. Doğru akımda arkın tutuşturulmasına ve ilk arkı oluşturmaya pek gerek yoktur. Ancak, arkın ilk oluşması çok önemlidir. İlk arkı oluşturmaya pek gerek yoktur. Ancak, arkın ilk oluşması çok önemlidir. İlk arkın başlatılması için bazı makinalarda özel yapılmış anahtarlar mevcuttur. Bu anahtar ile yüksek değerde kaynak gerilimi veya frekansı devreye girmektedir.

Rutil, bazik ve diğer örtülü elektrod karakterlerini taşıyan kaynak tozlarının altında oluşan kaynağın şekli ise, tozun altına gelen MIG kaynak teli biçimindeki çıplak telle yapılmaktadır. Tel için gerekli olan ark akımı, bir bakır veya benzeri iletken boru (bilezik) ile iletilir. Yüksek kaynak akımı elektrodan geçerek iş parçasına çok yaklaşması veya değme konumuna gelmesi anında ark meydana gelir. Ark oluşması ile kaynak alanında yüksek

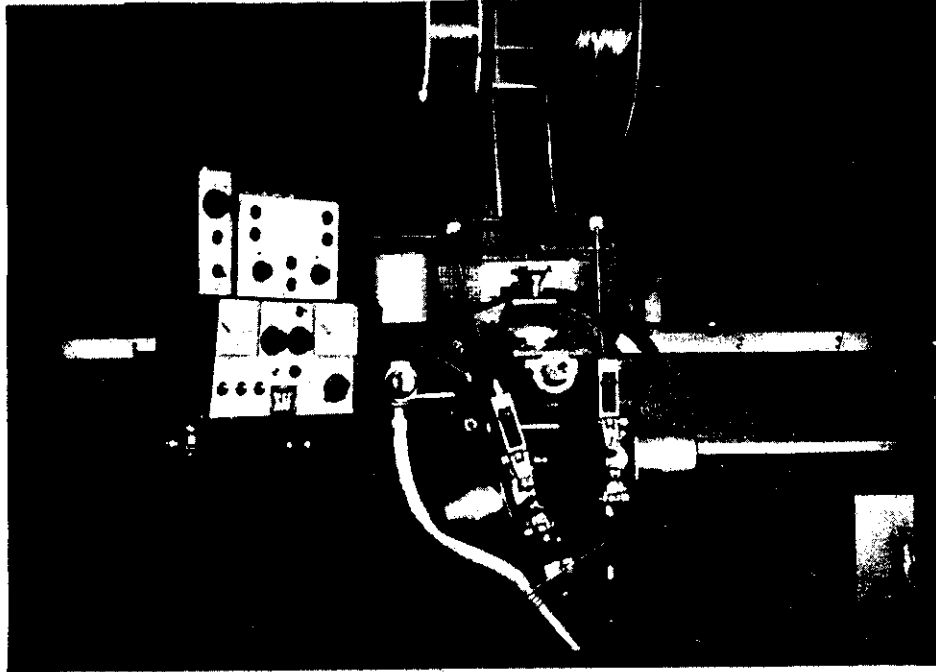


Şekil : 41 Tozaltı kaynağında kullanılan otomatik toz toplayıcısı.

Kaynak yerine toz gönderme özelliği değişmemiş tozların emilerek toplanması.

sıcaklık meydana gelir. Bu sıcaklık parçayı ergiterek gerekli kaynak ortamını sağlar. Ark oluşmadan önce, bir borudan yeterli miktarda kaynak tozu kaynak alanına gönderilmelidir. Böylece, arkın dışarı sızmayacak şekilde toz içerisinde kalması sağlanmış olur. Bunun sonucunda tozun ergiyen metalik karakterleri elemanları ile ergiyik elektrod birleşerek kaynak dikişini oluşturur. Kaynak tozunun iş parçası üzerindeki yüksekliği kullanılan tel çapının yaklaşık on katı kadar olmasına dikkat edilmelidir. Tozun, telin etrafını iyice sararak arkın dışarı sızması önlenmelidir. Kaynak dikişi üzerinde oluşan çurufun üzerindeki tozlar, özel bir fırça veya Şekil : 41 de görülen otomatik top toplayıcısı tarafından emilerek yeniden kullanılmak üzere esas toz deposuna gönderilir.

Tozaltı kaynağında kullanılan akım değeri, diğer kaynak türlerine göre çok fazladır. Bununla beraber dikiş kütlesi ve gereç kalınlığı da daha fazladır. Örneğin, 60 mm. kalınlığındaki parçaların kaynağı tek pasoda yapılabilir. Şekil :42 de Kiriş üzerinde otomatik yürüyen Çift elektrodlu tozaltı kaynak makinası görülmektedir.



Şekil : 42 Çift elektrodlu Otomatik Tozaltı Kaynağı

Tozaltı kaynağı kalın ve seri yapılması gereken parçaların birleştirilmesinde kullanılır. Diğer kullanma alanları ise, boruların, basınçlı kazanların, depoların, demiryolu taşıyıcılarının, çeşitli makina ve çelik konstrüksiyonların, gemilerin yapımında kullanılmaktadır. Tozaltı kaynak yöntemi elemanları ; bir adet kaynak makinası, tel elektrod, kaynak tozu, tel besleme sistemi (MIG kaynağındaki tel besleme sistemine benzer.) ve toz toplama olarak sayılabilir. Kaynak makinaları genellikle özel olarak yapılmış redresör veya jeneratörlerdir.

KAYNAĞIN YAPILIŞI :

Makinanın çalışması ile kaynak alanına gönderilen tozun hemen ardından verilen tel, tam parçaya yaklaşıncaya ark başlar. Aynı zamanda normal ark sesinden farklı bir ses duyulur. Tele veya işe (çalışma sistemine göre) hareket verilerek ilerlemeye başlanır. Bu ilerleme gereç kalınlığına uygun olarak belirli bir hızda yapılır. İlerleme hızına paralel olarak volt amper ve toz geliş hızı da ayarlanmalıdır.

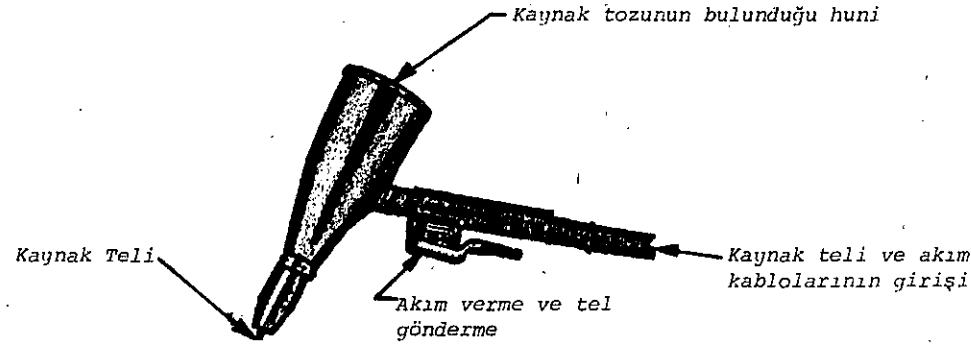
Genel olarak düz, köşe ve boru kaynağı konumlarında yapılan kaynak işlemi, tozun tutulma özelliği bakımından, diğer konumlara göre çok zordur. Kaynakçının çok iyi bir kaynak bilgisine sahip olması zorunludur. Kaynatılan parçalarda yağ, pas, boya ve benzeri artıkların bulunmamasına özen gösterilmelidir. Kalın parçaların tozaltı kaynağı ile yapılabilmesi için birleştirilecek parçalara kaynak ağzı açılması gereklidir.

Tozaltı Kaynak Yönteminin Diğer Kaynak Yöntemlerine Göre Üstünlükleri :

- 1 - Kaynatılan gereçlerde daha iyi kaynak nüfuziyeti elde edilir.
- 2 - Kenar yenmeleri en az derecededir.
- 3 - Kaynak alanında, birleşme yüzeyinin % 10'u kadar bir sıvılaşma olur ki bu da kalın gereçler için büyük önem taşır.
- 4 - Düzgün ve çapaksız bir kaynak dikişi elde edilir.
- 5 - Kaynağın yapımında el becerisinin önemli bir fonksiyonu yoktur.
- 6 - Ark çarpması olmadığı gibi, koruyucu kaynakçı elbiselerine de gerek yoktur.
- 7 - Sert yüzey dolgu kaynaklarında rahatlıkla kullanılabilir.

YARI OTOMATİK TOZALTI :

Elle yapılan tozaltı kaynağı yarı otomatik olup, kaynak işlemi el becerisini gerektirmektedir. Maske kullanmadan yapılan bu kaynakta ark ışını sızması ve elektrod dumanı bulunmamaktadır. Elektrod ilerlemesini kaynakçının çok iyi ayarlaması gerekir. Şekil : 43 de elle yapılan tozaltı kaynağının başlığı (pensi) görülmektedir.



Şekil : 43 Elle yapılan tozaltı kaynak başlığı.

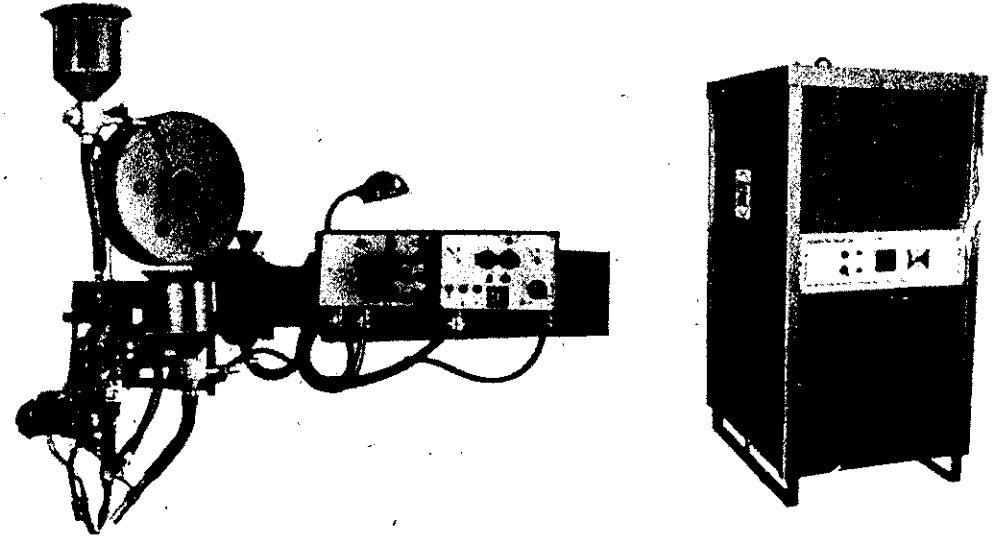
Elle yapılan tozaltı kaynağında elektrod teli, MIG kaynağında olduğu gibi başlık hortumunun içerisinden gelmektedir. Kaynak tozu ise başlık üzerindeki bir huniden kaynak alanına ayarlı olarak gönderilmektedir. Yarı otomatik kaynaklarda küçük çaplı elektrodlar kullanılmaktadır. En çok kullanılan tel çapları, Ø 1.6, Ø 2.0, Ø 2.4, Ø 3.25 mm. dir. Kalın tellerin kullanılması ısı kütlesi ve kaynak tozunun borudan rahat geçmemesi gibi sakıncalar yaratmaktadır. İki milimetre çapındaki kaynak teli için yaklaşık 200 - 400 amperlik akım şiddetini gerektirmektedir. Bu değer, aynı çaptaki örtülü elektrod için gerekli olan 50 - 80 amperlik akım şiddeti ile karşılaştırılırsa aradaki fark kolayca görülür. Bu durum aynı zamanda arada büyük ısı farkının da bulunduğunu gösterir. Kaynak sırasında arkın çıkardığı çıtırtılı sese kaynakçı dikkat etmeli ve bu sese göre kaynak hızını ayarlamalıdır. Kaynak alanına gelen tozun miktarı, başlığın gerece olan yüksekliğine bağlıdır. Tozaltı kaynağının tam otomatik mi yoksa yarı otomatik mi yapılacağı aşağıda belirtilen durumlar dikkate alınarak seçilmelidir.

- 1 - Kaynatılacak parça sayısı,
- 2 - Kaynak dikiş uzunluğu,
- 3 - Dikiş işleme yeteneği (kaynak nüfuziyeti),
- 4 - Takım ve avadanlık gerekliliği,
- 5 - Kaynaktan beklenen kalite durumu,
- 6 - Dikişin fiziksel biçimi,

Elle yapılan yarı otomatik tozaltı kaynaklarında genel olarak jenaratör kaynak makineleri kullanılmaktadır.

OTOMATİK TOZALTI KAYNAĞI :

Otomatik tozaltı ile, yarı otomatik tozaltı kaynağına göre daha hızlı kaynak yapılır. Tam otomatik tozaltı kaynağı daha çok kalın parçaların birleştirilmesinde kullanılır. Elektrod bir kanaldan serbest olarak (kablo içinde olmaksızın) tel besleme ünitesine gelir. Şekil : 44 de tam otomatik kaynak elamanları ve redresörü birlikte görülmektedir.



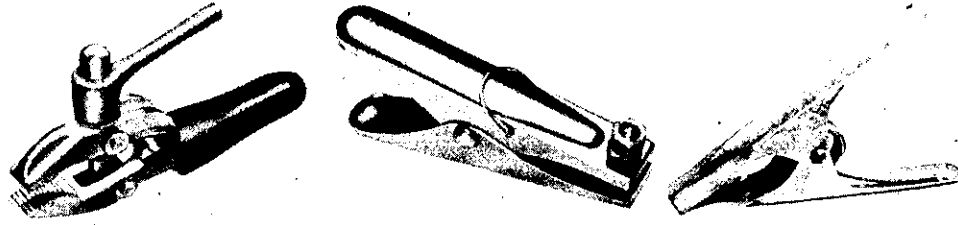
Şekil : 44 Tam otomatik tozaltı kaynak elamanları ve redresörü.

Tel, besleme sisteminden dik olarak kaynak alanına gönderilir. Kaynak akımı ise, kaynak alanına yakın bir yerden bakır boru veya bilezik aracılığı ile elektroda iletilir, kaynak tozu da ayrı bir boru ile elektrodun ön kısmına yeterli miktarda dökülmektedir. Borudan tozun gelişi bir kelebek kapak ile yapılmaktadır. Bazı kaynak makinelerinde tozun akma işlemi magnetik valf yöntemi ile olmaktadır. Valfin açılıp kapanması kaynak akımına bağlı olarak yapılır. Otomatik kaynaklarda el becerisine gerek yoktur. Ancak yeterli düzeyde teknik bilgiye gerek vardır. Otomatik tozaltı kaynaklarında genellikle büyük çaplı elektrodlar kullanılır.

ARKIN BAŞLATILMASI :

Arkın başlatılması, kaynak zamanı, dikiş sayısı ve işin kaynatılması konumu ile yakından ilgilidir. Bazı makinelerin üzerinde arkın başlatılması için özel bir anahtar vardır. Uyarıcı bir özelliği olan bu anahtarın kontaktör

ile ilişkisi vardır. Bazı kaynak makinalarında arkın kolay oluşması için kaynak telinin uç kısmına ince çelik tel yumağı konmaktadır. Kaynağın durumuna göre tel yumak yerine (merkezleme durumuna uygun olarak) çelik bilyalar da konur. Diğer bir yöntem ise telin uç kısmına vida bağlanarak toz altına gönderilir ve ark oluşması sağlanır. En çok uygulanan yöntem ise, telin tozun altına yavaşça hareket ettirilmesi ile doğrudan telle iş parçası arasında arkın başlatılmasıdır. Arkın başlatılması ile birlikte korunması da (kaynak tozu tarafından) önem taşımaktadır. Bunun için kaynatılan parçaların en iyi bir şekilde topraklanması gerekir. Topraklanmada herhangi bir temassızlık olmamalıdır. Şekil : 45 de tozaltı kaynağı topraklama elamanları görülmektedir.



Şekil : 45 Tozaltı kaynağı topraklama elamanları.

Topraklanmanın iyi yapılmamış olmasının kaynağın hızını ve kalitesini olumsuz yönde etkileyeceği unutulmamalıdır. Ark üfleme sisteminin artmasının ve dikişinin gözenekli olmasının önemli bir nedeni de topraklanmanın iyi yapılmamış olmasından ileri gelmektedir. Topraklama pensleri iş parçasına sıkıca tutturulmalıdır. Böylece akımın devamlı geçişi sağlanmalıdır. Bazı durumlarda elektrod ile hareket eden topraklama sistemleri de vardır. Bu sistemlerde akım kesilmesi olmayacağından, akım kesilmesi nedeni ile olacak hatalar da ortadan kalkmış olur.

ELEKTRODLAR :

Tozaltı kaynağında kullanılan elektrod türleri, genellikle adi karbonlu çeliklerin, düşük alaşımlı çeliklerin, yüksek karbonlu çeliklerin özel alaşımlı çeliklerin ve çelik olmayan diğer gereçlerin kaynatılmasında kullanılan elektrodlar olarak sayılabilir. Bu elektrodlar, yüzeyleri düzgün (pürüzsüz) olacak şekilde çekilerek yapılırlar. Piyasada makara veya tekerleklerle sarılmış olarak bulunurlar. Bu tel elektrodların yüzeylerinin oksitlenmemesi için (kaynak sırasında kendi öz telinin kullanılması) bakırla kaplanmaktadır. Tozaltı kaynağında kullanılacak elektroda uygun kaynak tozu seçilmelidir. Bu seçim, örtülü elektrodlardaki gibi tel ile örtü arasındaki bağıntı gibi

olmalıdır. Örneğin, rutil, bazik ve sert dolgu diye sınıflandırılmaları, kimyasal bileşimlerine göre yapılmaktadır. Genel olarak bu elektrodların bileşiminde karbon (C), mangan (Mn), silisyum (Si), kükürt (S), fosfor (P), bakır (Cu), ve diğer elementler bulunur. Tel elektrodların çapları, Ø 1.6, Ø 2.0, Ø 2.4, Ø 3.25, Ø 4.0, Ø 4.8, Ø 5.6, Ø 6.35 mm dir. Elektrod tellerinin çapları bu şekilde metrik olduğu gibi inç sistemine görede olabilmektedir. İnç sistemine göre elektrod çapları, 1/16", 5/64", 3/32", 1/8", 5/32", 3/16", 7/32", ve 1/4" dir. Bir inç 25.4 mm dir.

KAYNAK TOZLARI :

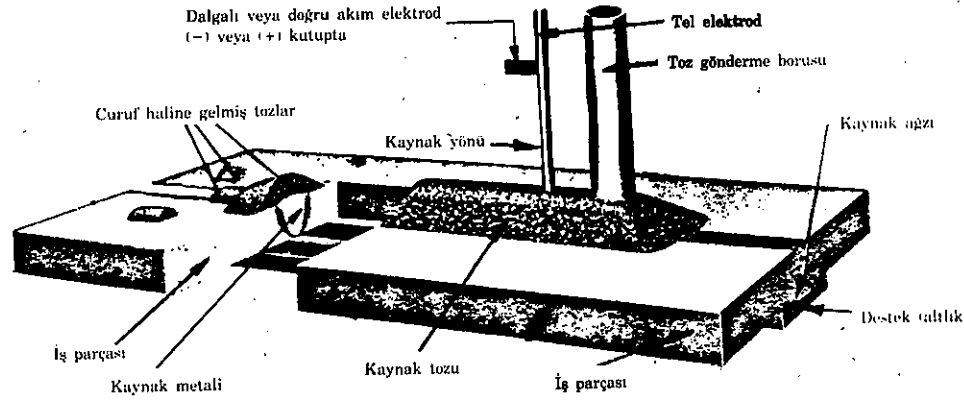
Elektrik ark kaynağında kullanılan elektrodların üzerindeki örtü maddesinin kaynağa olan etkileri ile, tozaltı kaynağı için hazırlanmış kaynak tozlarının kaynağa olan etkileri aynıdır. Kaynak tozlarının kaynağa olan etkileri daha önce açıklanmıştır. Ancak bir daha açıklanması yararlı olacaktır. Kaynak tozlarının görev ve etkileri aşağıda belirtilmiştir:

- 1 - Kaynak dikişini ve ark bölgesini havanın kötü etkisinden korurlar.
- 2 - Yüksek değerdeki kaynak akımını ileterek kaynak arkının kısa zamanda oluşmasını sağlarlar.
- 3 - Bileşimlerinde bulunan bazı elementlerin ergiyerek kaynak dikişine geçmesini sağlarlar. Böylece,
 - a) Dikiş hacmi artar,
 - b) Dikişe, istenilen bazı mekanik özellikler kazandırılır,
 - c) Kaynak verimi yükseltilir.
- 4 - Ark ışınının dışarı sızmasını önlerler,
- 5 - Kaynak işlemi sırasında kimyasal olaylar sonucu oluşan bazı gazların dışarı çıkmasını kolaylaştırılırlar. Böylece, bu gazların dikiş yüzeyinde ve bünyesinde boşluklar oluşturmaları ve bunun sonucu olarakda dikişin güzel görünümü ve mekanik özellikleri bozulmamış olur.
- 6 - Kullanıldıkları tozaltı kaynak yönteminde, yüksek erime gücünün elde edilmesini sağladıkları ve ısı enerjisi kaybını enaza indirdikleri için kalın parçaların birleştirilmesini kolaylaştırılırlar.

Tozaltı kaynak tozlarının önemli bir kısmını SiO_2 , MnO_2 ve TiO_2 maddeleri oluşturmaktadır. Bileşimlerinde genellikle silikatların ve metal oksitlerin bulunduğu kaynak tozlarına ayrıca metal tozları da katılmaktadır. Bu metal tozları daha çok Al, Fe, Mn, Si, Ti, Zr v.b. tozlardır. Bütün demir filizleri toz haline getirilerek kaynak tozu yapımında kullanılırlar. Bu sayılanların dışında kaynak tozlarına sodyum oksit (Na_2O), potasyum oksit (K_2O), magnezyum oksit (MgO), kalsiyum oksit (CaO), kalsiyum florür (CaF_2) gibi elemanlar da katılır.

(") : İnç veya parmak işaretidir. İnç ölçüsünü gösteren rakamın üstüne konur.

Kaynak tozlarının hazırlanması ise; Tozların bir kısmı önce eritilir sonra öğütülür. Diğer kısmı da doğrudan katılarak hafif ısıtılır ve tamamı birlikte öğütülmek suretiyle kaynak tozu elde etme yöntemi uygulanır. Şekil: 46 da kaynak tozlarının kullanıldığı tozaltı kaynak yöntemi ile kalın bir gerecin birleştirilmesi görülmektedir.



Şekil: 46 kaynak tozunun kullanıldığı tozaltı kaynak yöntemi ile kalın bir gerecin birleştirilmesi.

Kaynak tozu tanelerinin iriliği, kaynak işlemi sırasında meydana gelen gazların dışarı çıkmasına uygun olmalıdır. Tozların tane iriliğinin pudra şeklinde olması da sakıncalıdır. Bu şekildeki tozlar, gazların dışarı çıkmasına engel olacağından dikişte gözenekler olmasına neden olurlar. Ayrıca, tozların rutubetli olmaması da gerekir. Rutubet almış tozlar ise, kurutulduktan sonra kullanılmalıdır.

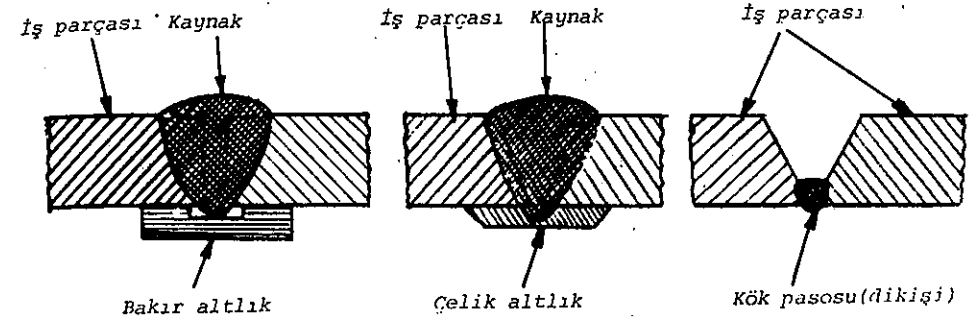
TOZALTI KAYNAK YÖNTEMİNDE TELİN KONUMU :

Tozaltı kaynak yönteminde, diğer kaynak yöntemlerine göre daha fazla akım şiddeti kullanılır. Bu nedenle kaynakta aşırı sulanma veya ergiyik akışı olur. Ergiyik akışını önlemek (özellikle kalın parçalarda) amacı ile kaynak ağızı açılmış birleşme alanlarının altına destek (altlık) konulması gereklidir. Kaynak alanının altına desteklenmesi şu şekilde yapılır:

- 1 - Çelikten yapılmış altlıklar (destekler),
- 2 - Kaynak yapılacak gerecin özelliklerine uygun bir elektrodla önceden kök pasosu çekerek destek oluşturmak,
- 3 - Bakırdan yapılmış altlıklar,
- 4 - Toz altlıklar.

Çelik altlık veya kök paso işlemleri, kendileride kaynak sırasında

ergiyeyeceğinden sonradan çıkarılabilmektedir. Çelik altlığın buna göre hazırlanması gerekir. Kök pasoları boydan boya çekilebilecekleri gibi, enine olarak da örtülü elektrodlarla çekilebilir. Bakır ve toz altlıklar ise kaynak işlemi tamamlandıktan sonra çıkarılabilmektedir. Şekil: 47 de tozaltı kaynak yönteminde altlık kullanılma durumuna ilişkin örnekler görülmektedir.



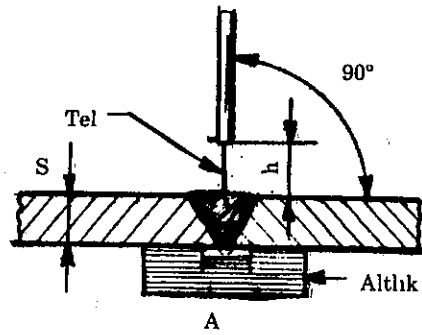
Şekil: 47 Tozaltı kaynağında kullanılan altlıklar.

KAYNAK AĞZININ HAZIRLANMASI :

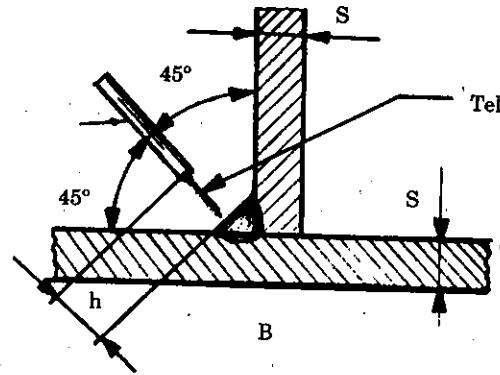
Tozaltı kaynağı ile birleştirilecek kalın parçalara 75° - 90° lik kaynak ağızı açılmalıdır. Özellikle kalınlıkları 10 mm. den fazla olan parçalara kaynak ağızı açılması gereklidir. Kaynak ağızları, özel kaynak ağızı ama aracı ile, torna ve planya ile ve oksijen-gazla kesmek suretiyle açılır. Sağlam ve dayanıklı bir kaynaklı birleştirme için kaynak ağızı açılması zorunludur. Kaynak ağızlarının gereklere göre ölçülerini veren kataloglar, makina yapan firmalarca ve değişik sistemlerde olmak üzere hazırlanarak verilmektedir. Kaynak ağızı açma işlemi tamamlanmış iş parçalarının yüzeylerinde yağ ve benzeri artıkların kalmamasına dikkat edilmelidir.

TOZALTI KAYNAK İŞLEMİNDE TELİN KONUMU :

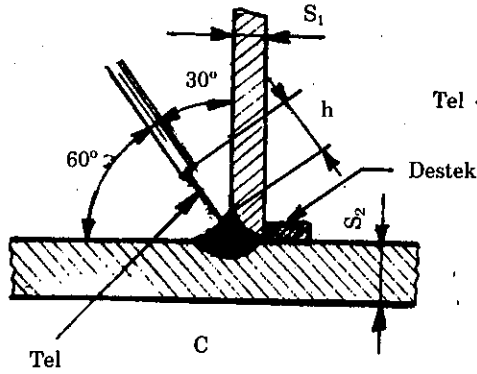
Tozaltı kaynağında tel elektrodun konumu, kaynatılacak parçaların birbirlerine göre kalınlıklarına ve birleşmelerine göre ayarlanır. Aynı kalınlıktaki parçaların yatay durumdaki kaynaklarında telin parçaya göre konumu diktir. Eşit kalınlıktaki parçaların + kaynağında tel, parçaların açısı ortayı üzerinde olmalıdır. Yani tel her iki parça ile de 45° lik açı yapmalıdır. Farklı kalınlıklardaki parçaların kaynağında ise, tel elektrod kalın parçaya doğru yönlendirilmelidir. Şekil: 48 kaynatılacak parçaların konumlarına ve kalınlık durumlarına göre tel elektrodun değişik konumları gösterilmiştir. Telin kaynak alanına gelişi dört ayrı durumda incelenmektedir.



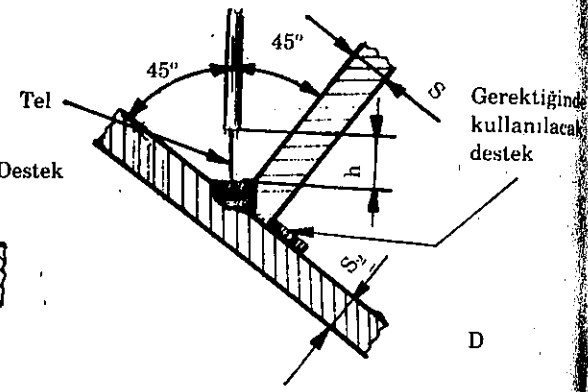
Yatay pozisyonda eşit kalınlıklı parada telin konumu. (h), tel yüksekliğidir. Tel yüksekliği, kendi çapının 10 katı olmalıdır.



Yatay pozisyonda eşit kalınlıklı parada telin konumu.



Yatay pozisyonda farklı kalınlıktaki parçalar tel konumu.



Oluk pozisyonunda eşit kalınlıklı parçaların kaynağında telin konumu.

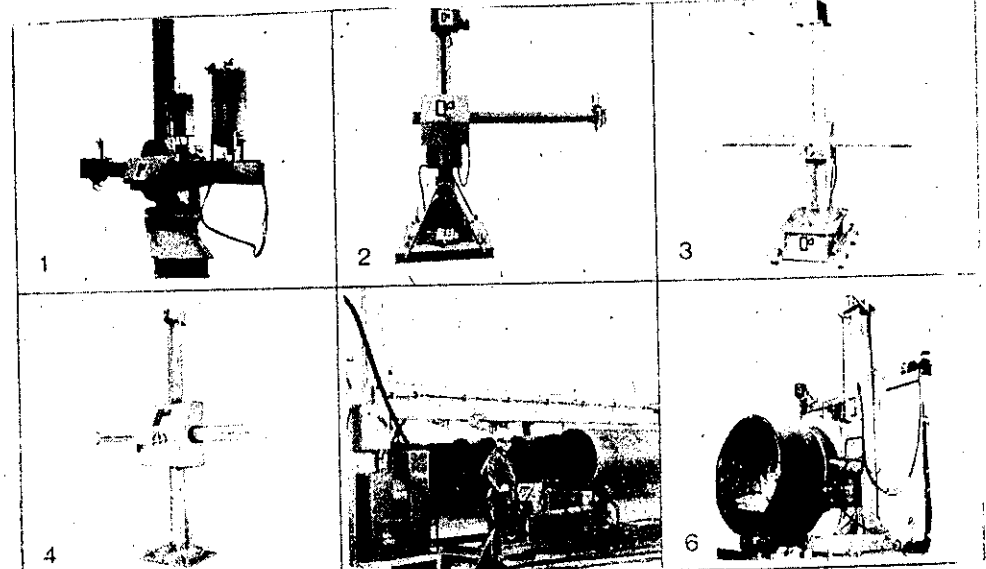
Şekil: 48 Telin kaynak alanlarındaki durumları A- Düz (Yatay), B- Eşit kalınlıklı iç köşe, C- Farklı kalınlıkların iç köşe, D- Yatay konumdaki iç köşe birleştirmeler verilmektedir.

Tozaltı kaynağını etkileyen beş önemli faktör bulunmaktadır. Bunlar ;

- 1 - Kaynak akımı, şiddeti,
- 2 - Kaynak akımı gerilimi,
- 3 - Akım cinsi ve kutup durumu,
- 4 - Tel elektrodu ilerleme hızı (kaynak hızı),
- 5 - Kaynakta kullanılacak tel elektrodun çapı (tel çapı kaynatılacak

gerecin kalınlığına göre seçilir). Örneğin, 10 mm kalınlıktaki iki parçayı kaynak ağı açarak küçük çaplı telle birkaç pasoda birleştirme yerine, aynı kalınlıktaki parçalar kaynak ağı açmadan daha büyük çaplı telle tek pasoda birleştirilebilir. Kaynakçının bu konudaki bilgi ve tecrübesi kaliteli bir kaynak için önem taşır.

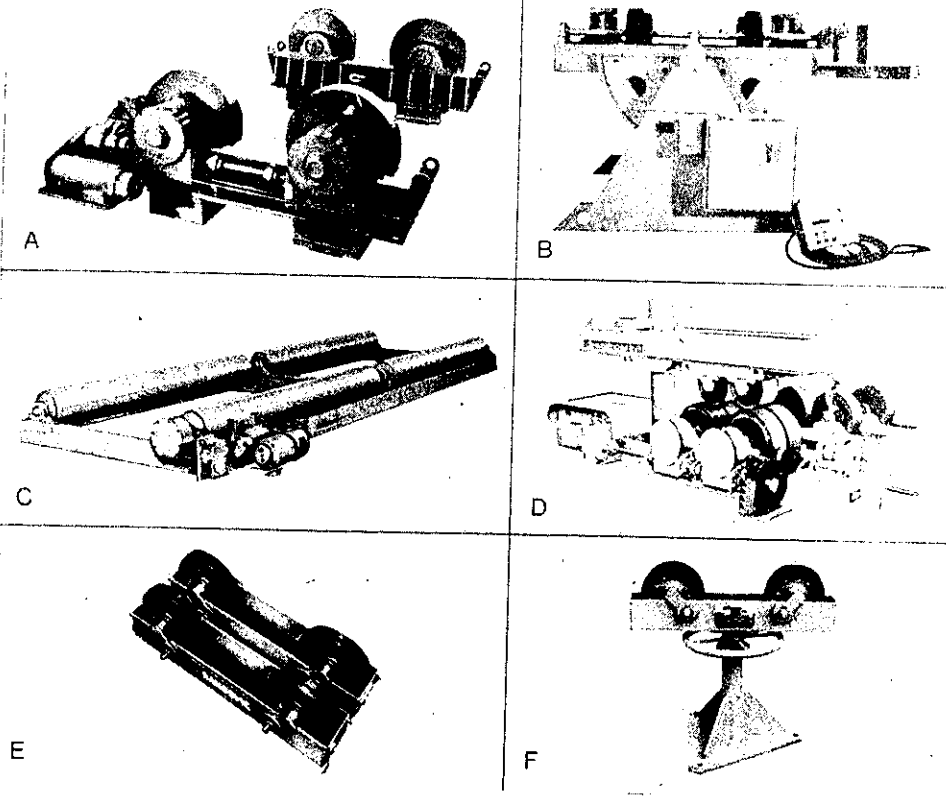
Teknolojik gelişmelere bağlı olarak büyüyen endüstriyel alanda, daha karmaşık ve büyük hacimdeki işlerin hızla yapıldığı herkesçe bilinmektedir. Bu durum, otomatik kaynak yöntemlerinin de artan bir hızla yaygınlaşmasına neden olmaktadır. Çeşitli alanlarda olduğu gibi, özellikle otomobil sanayisinde robotlarla kaynak yapıldığını söylersek, konuyu daha iyi açıklamış oluruz. Tam otomatik tozaltı kaynak yönteminden daha fazla yararlanmak için



Şekil: 49 Geliştirilmiş Tozaltı Kaynağı Düzenekleri

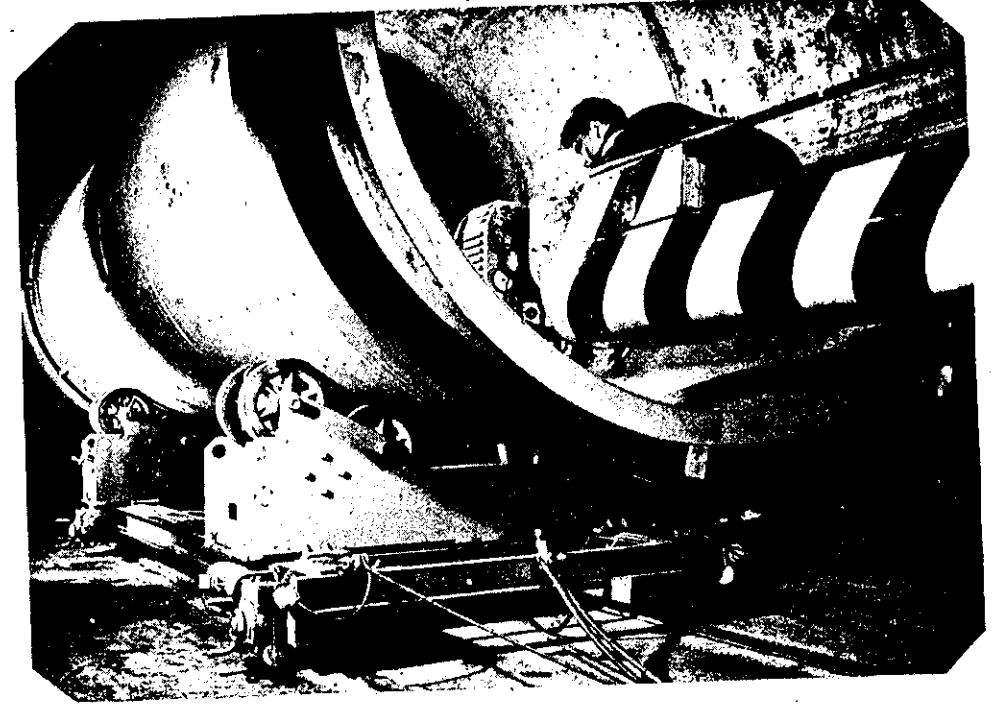
uygulama sahalarını çok iyi bilmekle mümkün olur. Şekil: 49 da tozaltı kaynağının geliştirilmiş uygulamalarına ilişkin örnekler görülmektedir.

Silindirik parçaların tozaltı kaynağı ile daha rahat ve kaliteli bir şekilde birleştirilebilmeleri için, uygun hızla dairesel dönme hareketi veren lastik tekerlekli destekler kullanılır. Bu destekler üzerine oturtulan silindirik iş parçalarında herhangi bir sarsıntı veya hız değişmesi olmamalıdır. Şekil: 50 de bu amaçla yapılmış ve ayrı özellikleri olan döndürme sistemleri görülmektedir.

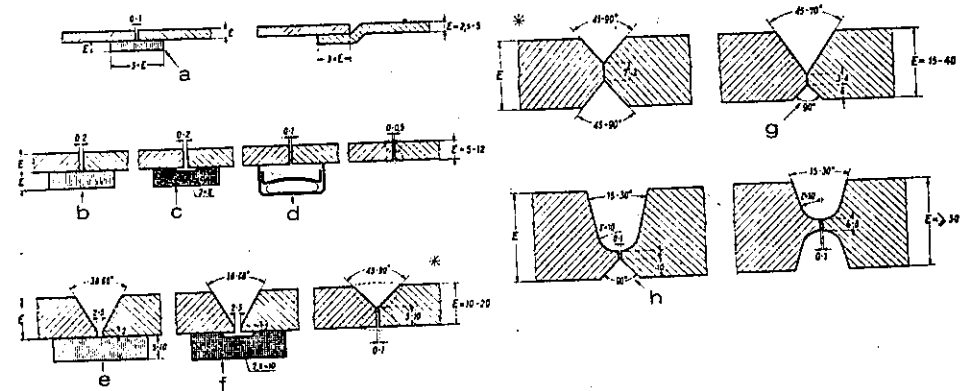


Şekil: 50 Tozaltı kaynağı ile kaynatılacak gereçleri döndürme sistemleri.

- A - Bir ünitesi sabit ve hareket veren, diğer ünitesi ayarlı sistem.
- B - Açısal dönme hareketi veren sistem.
- C - Blok silindirik bağlantılı ve geniş yüzeyli döndürme sistemi.
- D - Üst baskılı döndürme ünitesi.
- E - Motorsuz döndürme sistemi.
- F - Mile bağlı olarak yüksekliği ayarlanabilen döndürme sistemi.



Şekil: 51 Döndürme sistemi üzerindeki silindirik gövdenin kaynağı. Tozaltı kaynak yöntemi için uygulanan kaynak ağız aşağıdaki gibidir.



Şekil: 52 Tozaltı kaynak yönteminde uygulanan kaynak ağız şekilleri.

ÇİZELGE : 11 TOZALTI KAYNAĞINDA BİRLEŞME ŞEKLİNE GÖRE GEREKLİ VERİLER

Birleştirme şekli	Gereç Kalınlığı (e) mm	Tel Çapı mm	Dikiş sayısı n°	Akım şiddeti A	Voltaj V	İlerleme hızı cm/dak.
	2	2,5	1	250	24	130
	3	2,5	1	350	27	110
	4	3	1	450	28	100
	5	4	1	550	28	90
	6	5	1	650	30	75
	6	3	1	450	32	90
			2	500	30	90
	8	4	1	450	32	80
			2	550	30	80
	10	4	1	500	32	70
			2	650	32	70
	12	5	1	600	33	60
			2	650	34	60
	14	5	1	850	36	50
			2	700	34	55
	16	6	1	850	36	45
			2	700	34	55
	18	4	1	500	29	60
			2	500	33	40
			3	550	33	40
			4	700	32	40
	20	4	1	500	29	60
			2	550	33	40
			3	575	33	35
			4	700	32	40
	16	5	1	650	34	35
			2	750	36	30
	18	5	1	700	34	30
			2	800	36	30
	20	5	1	750	34	30
			2	850	36	30
	18	5	1	800	36	30
			2	800	36	30
	20	5	1	850	37	30
			2	850	37	30

Şekil: 51 de kaynatma ünitesine monte edilmiş bir tel besleme sistemi ile döndürme sistemi üzerine oturtulmuş silindirik bir gövdenin kaynatılması görülmektedir.

Şekil: 52 deki kaynak ağızları açılmış parçaların altlarına konan destek elemanları birleşme durumuna göre tesbit edilmiştir. Bu destek elemanları ise;

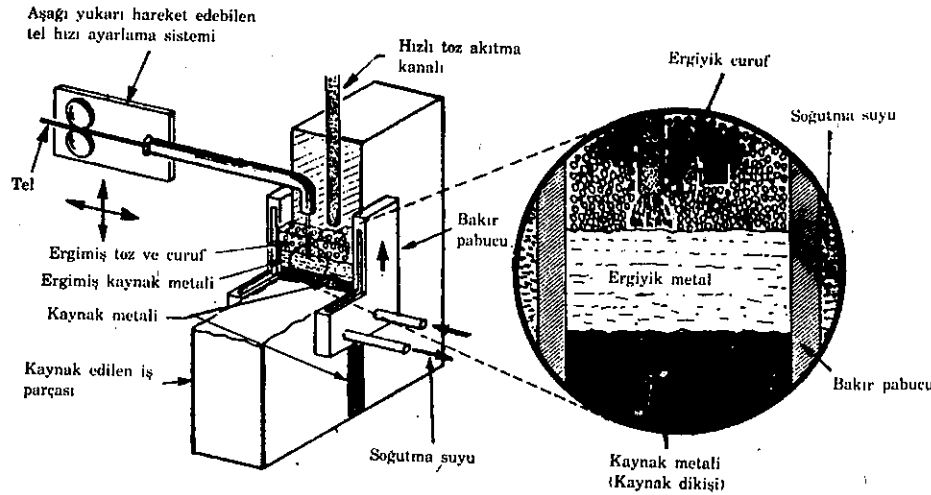
- a - Çelik destek plakâ,
- b - Geniş aralık için çelik saç plakâ,
- c - Bakır destek elemanı,
- d - Kum haznesi,
- e - V kaynak, ağızı için çelik destek elemanı,
- f - V kaynak, ağızı için bakır destek elemanı,

SORULAR :

- 1 - TİG, MİG ve tozaltı kaynak yöntemlerini karşılaştırınız ?
- 2 - Tozaltı tozlarının iri veya ince taneli oluşlarının etkileri nelerdir ?
- 3 - Tozaltı kaynağında kullanılan akım türüne göre, ilk ark nasıl oluşturulur ?
- 4 - Tozaltı kaynağının kullanıma alanlarını açıklayınız ?
- 5 - Tozaltı kaynak elemanları nelerdir ?
- 6 - Tozaltı kaynağının yapılışını şekil çizerek açıklayınız.
- 7 - Tozaltı kaynağının üstünlüklerini belirtiniz ?
- 8 - Tozaltı kaynağı kaç şekilde uygulanmaktadır ?
- 9 - Tozaltı kaynağı hangi durumlar dikkate alınarak seçilmelidir ?
- 10 - Tozaltı elektrodlarının özellikleri nasıldır ?
- 11 - Kaynak tozlarının kaynaktaki görevleri nelerdir ?
- 12 - Tozaltıda kaynatılacak gerecin altına niçin destek (altlık) konulmalıdır ?
- 13 - Rutubet almış kaynak tozlarını kullanabilmek için ne yapılır ?
- 14 - Parçaların konumlarına göre, elektrodun konumu nasıl olmalıdır ?
- 15 - Çizelge: 11'i inceleyerek elektrodun çapına göre ayarlanan akım şiddeti ile, aynı çaptaki örtülü elektrod için ayarlanan akım şiddetini karşılaştırınız.

CURUF ALTI KAYNAK YÖNTEMİ (Elektro curuf kaynağı)

Curuf altı kaynağı, ergiyik durumdaki toz (curuf) ile elektrodun, birleştirilecek veya dolgu yapılacak gerecin birlikte ergitilerek kaynatılmasıdır. Kaynak banyosu, kaynak kesiti alanındaki, sıvı haldeki curuf tarafından korunmaktadır. Başlangıçta kaynak edilecek gereçle elektrod arasında bir ark oluşturularak sıvı curuf elde edilir. Bundan sonra ark kesilir. Elektrodun kaynak tozunun ve kaynak yapılacak gereci, yüzeylerin ergimesi için gerekli ısı, sıvı durumdaki curufun elektrik akımına karşı gösterdiği direnç aracılığı ile sağlanır. Bu direnç, hem sıvı curufun ısını korur, hem de elektrodun ve iş parçasının erimesini sağlar. Sıvı durumdaki curuf ısı kaybetmediği sürece eritme görevini sürdürür. Eriyen elektrod metali curuf altında toplanmaktadır. Şekil: 53 de curuf altı kaynak yönteminin açıklama şeması görülmektedir.



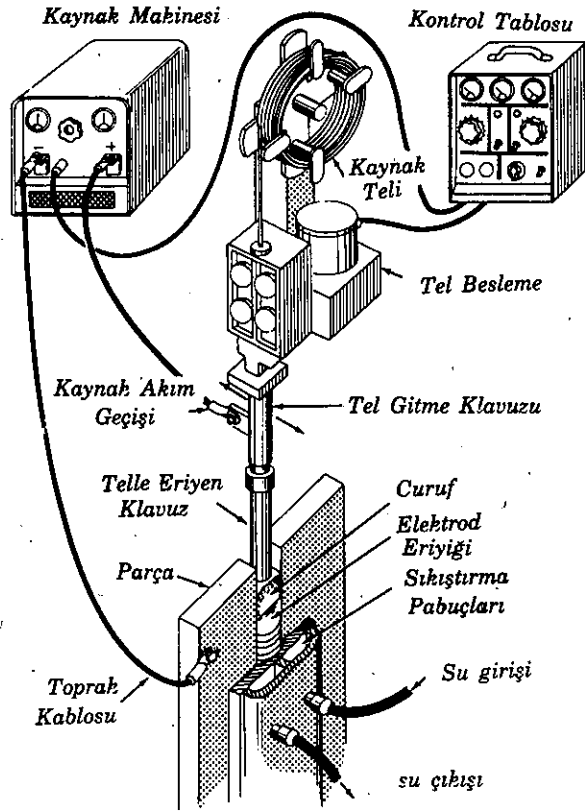
Şekil: 53 Elektro curuf kaynağı uygulama şeması.

Curuf altı kaynakları ile, dik konumda kalın parçaların birleştirilmesi veya doldurulması yapılmaktadır. Tek elektrodla kaynatılması güç olan ve kaynak zamanının uzamasına neden olabilecek çok kalın parçalarda elektrod sayısı artırılmaktadır.

Kaynak işlemi tozaltı kaynağına çok benzemektedir. Ark belirli bir kalınlıkta öğütülmüş (kum şeklindeki) kaynak tozlarının altında oluşturulmaktadır. Arkın yapılması ile birlikte, kısa zamanda, ergimiş curuf kalınlığı görülür. Bu sırada ark kesilerek akımın, elektrodan ergiyik (iletken) durumundaki curuf aracılığı ile geçmesi sağlanır. Curuf içinde eriyen kaynak metali iş parçası yüzeylerinin de erimesi sonucu meydana gelen ergiyik kaynak metali, sıvı curuf altında toplanır. Böylece kaynağa devam edilir. Bunun için bu işleme Curufaltı (elektrocuruf) kaynağı denilmektedir. Yüksek ısının oluşması ergiyik metal ile curufun gösterdiği dirençten kaynaklanmaktadır. Kaynak sıcaklığı böylece parçaların kenarları ile elektrod arasında meydana gelir. Kaynak sırasında ark görünmez (veya buna oluşmaz da denebilir). Artık sıçraması olmaz ve curuf yüzeyinde ark patlaması meydana gelmez. Ergik banyosu (Kaynak ergiği) sıcaklığı yaklaşık 2000°C civarındadır. Ergiyik metal kaynak telinden (elektrodundan) meydana gelmekte, bir miktarda curuftaki elementlerden almaktadır. Elektrocuruf kaynağında curufun oluşması amacı ile hemen hemen toz altı kaynağında sarfedilen kadar toz kullanılmaktadır. Dik konumda kaynak yapılan bu yöntemle genel olarak birleştirilecek parçalar arasındaki açıklık 25-30 mm. arasında değişmektedir. Yani kaynak dikişinin kalınlığı 25-30 mm. kadardır denebilir. Birleştirilecek parçalarda kenar hazırlığına (kaynak ağzına) gerek yoktur. Kaynatılacak kenarların oksijenle veya mekaniksel olarak düzgünce kesilmiş olması yeterlidir.

Kaynağa başlarken birleşme yerine U biçiminde bir altlık konur ki kaynak öncesi yeterli kalınlıkta iletken ergiyik curuf oluşsun. Aynı şekilde bu dikişin sonununda böyle bir başlık konması gerekir. Kaynak işlemi sonunda bunların dikiş ile beraber erimiş olduğu görülür. Kaynak işleminde bir veya birkaç elektrod kullanılabilir. Elektrodlar kaynak alanında yerine göre ileri geri hareket yaparlar. Böylece ısının homojen bir yayılması yanında dikişin kenarlara işlemesine de katkıda bulunur. Birleşmenin iki tarafına bakırdan su soğutmalı destek parçaları (pabuçları) kullanılır. Bu elemanlar belirli yüksekliğe erişen ergiyik metalin (kaynak banyosunun) katılaşmasını sağlarlar. Ergiyik metalin yükselmesi hızı ile beraber bakır soğutucular da otomatik olarak ilerler. Şekil: 54 de curuf altı kaynağı ve elemanları görülmektedir.

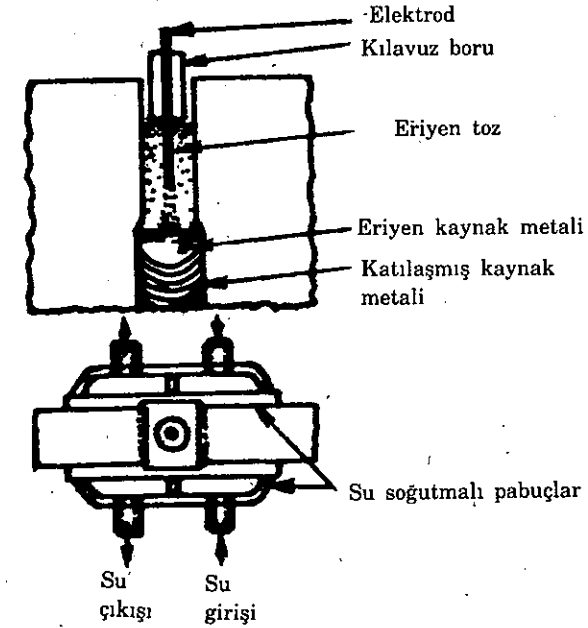
Soğutucu elemanlar ergiyik curuf ve kaynak dikişi ile temas halindedir. Dik ilerleme hareketleri operatör tarafından motor hızları kontrol edilerek düzenlenmektedir. Katılaştıran dikiş yüzeyinde ince bir kabuk örtüsü bulunmaktadır. İşlem sonrası bu kabuk (curuf) kolaylıkla temizlenmektedir. Kaynak alanından eksilen toz yerine takviye olarak ekleme, elle veya otomatik olarak yapılmaktadır. Bazı kaynak türlerinde toz elektrodun



Şekil: 54 Curuf altı kaynağı ve elemanları

içerisinden veya yüzeyine kaplanmış (örtülü elektrod) (özlü elektrod) gibi kaynak alanına gönderilir. Curuf altı kaynağı ile kalınlıkları 30-450 mm. arasındaki gereçlerin birleştirilmesi yapılmaktadır. Hemen hemen her elektrodun bir saatteki, kaynak alanına bıraktığı ergiyik kütlesi 16-20 kg. arasındadır. Genel olarak kullanılan bakır veya silis kaplı elektrodun çapı ϕ 3.25 mm.dir. Elektrodun kaynak alanındaki randımanı (normal şekilde hiçbir kayba uğramadığı için) % 100 dür denebilir. Curufun katkısı ise tel miktarının 1/20 si olarak kabul edilmektedir. Kaynak bölgesindeki yüksek sıcaklıktan ötürü parçaların çarpılması (deformasyonu) mümkündür. Kaynak işlemesi ise voltuna bağlı olmakla beraber ısının da etkisi ile gerece % 30-40 arasında işlemektedir. Curuf altı kaynağında elektrod genel olarak tel halinde kullanılır. Ancak, bazı kaynak işlemlerinde, kütleli ergiyik banyo-

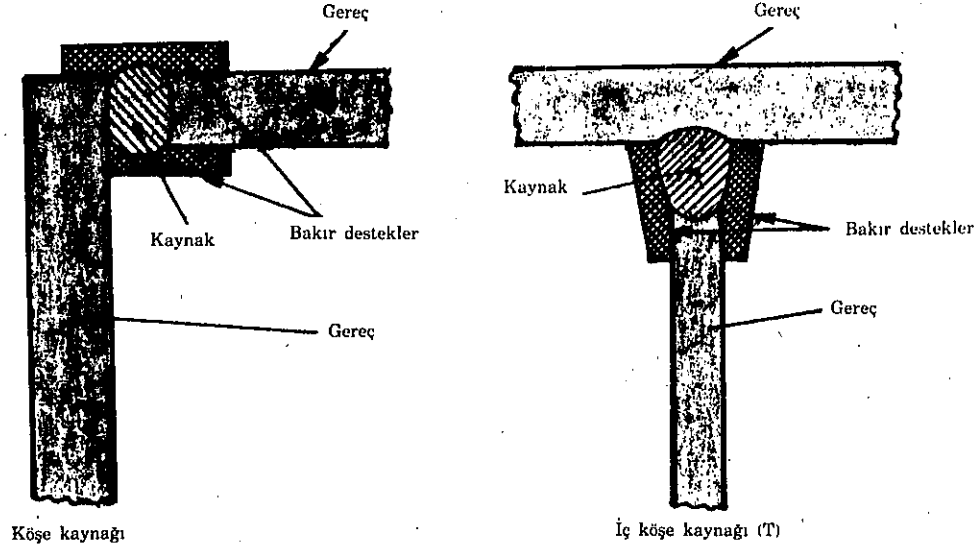
sunma ihtiyaç duyulan kalın parçaların kaynağında elektrod ile ergiyebilen bir de klavuz boru, elektrodun çevresinden geçirilerek elektrod olarak kullanılabilir. Klavuz borunun özelliğinin kaynak dikiş bileşimine uygun olması gerekir. Klavuz elemanın ergimesi halinde kaynak akımı da klavuza verilmektedir. Mekaniksel olarak beslenen boru birleşmenin tam üstüne monte edilir. Bu klavuz boru şeklinde olduğu gibi plaka halinde de olabilir. Şekil: 55 de klavuz ile yapılan curuf altı kaynağı görülmektedir.



Şekil: 55 Klavuzla Yapılan Curuf Altı Kaynağı

Plakalı klavuz kullanılan kaynaklarda, ark akımı da oldukça yüksektir. Kaynak akımı 1500-2000 Amper arasında değişmektedir.

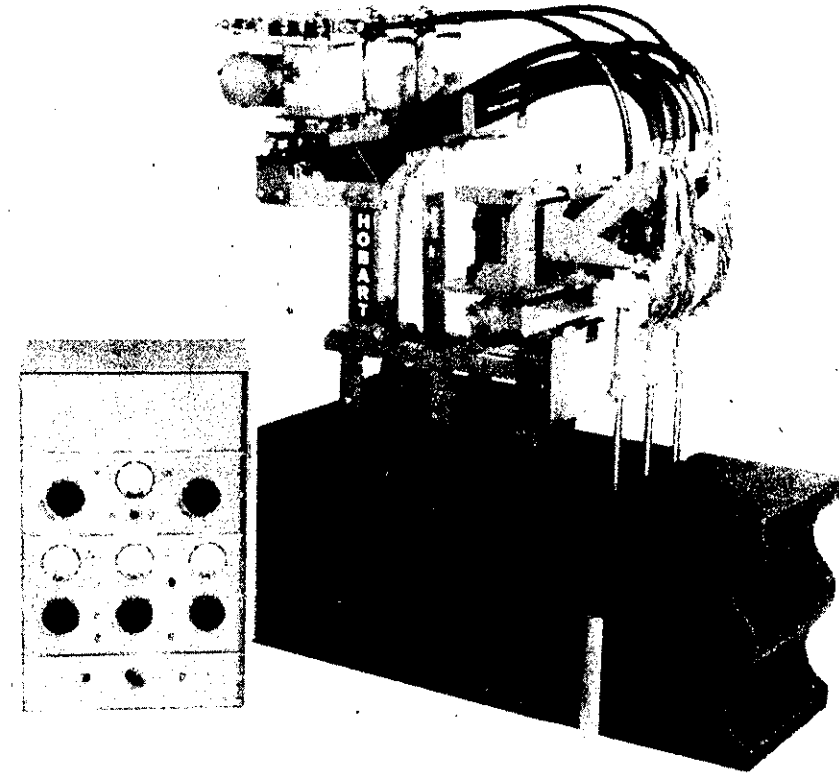
Elektrocuruf kaynağında işlemin yapılması büyük bir beceri istemez. Teknik bilgisi ve kaynak tecrübesi olan bir kimse kaynağı kolaylıkla yapabilir. Kaynatılacak gereçlerin, birleşme alanındaki yüzeyleri bakır soğutucuların (pabuçların) rahat hareket edebileceği şekilde düzgün olmalıdır. Genel olarak bitişteki açıklık, başlangıçtaki parçaların aralığından 6-7 mm. daha fazla olmalıdır. Parçaların kaynak konumunda kalması çok önemlidir. Bu amaç ile kaynatılacak parçalar yarım ay şeklindeki yardımcı desteklerle hareketsiz kalmaları sağlanmalıdır. Kaynaklı birleşmeler çoğu kez küt şeklinde olmaktadır. Ancak Şekil: 56 da görüldüğü gibi köşe ve iç köşe (T) kaynaklarının yapılması da mümkündür.



Şekil: 56 Curufaltı Kaynak yöntemi ile köşe ve içköşe kaynağının yapılışı

Kaynak işlemi bu konumlarda daha ekonomik olmakta ve sağlamlığıda yeterli dayanımdadır. Kaynağın işlemesi, çatlama, kenar yemeleri, gözenek bırakma gibi zararlı herhangi bir faktörü hemen hemen hiç olmaz. Kaynak akımının değeri kaynatılacak kesitin derinliğine bağlıdır. Derinlik arttıkça kaynak akımı da yükselmektedir. Örneğin ϕ 3.25 elektrod için, yaklaşık 400 Amperlik akıma ihtiyaç vardır. Bu akımın üzerindeki değerler daha büyük çaplı elektrodlar için kullanılır. Akımın fazla oranda artırılması halinde kaynak genişliğinin azalmasına neden almaktadır. Genel olarak uygulanan kaynak akımı ϕ 3.25 elektrod için 550-650 amperdir. Eğer kaynakta çatlama ve dikiş biçimi istenilen düzeyde olmazsa bu akımın değeri 400 amper kadar düşürülür. Kaynak akımında amper kadar volt da önemlidir. Volt dikişin işleme derinliği ile yakından ilişkilidir. Voltun yükselmesi dikiş derinliğinin artmasına, düşmesi ise azalmasına neden olmaktadır. Bununla beraber voltun yükselmesi kaynak dikişinin genişlemesine, azalması ise daralmasını sağlamaktadır. Voltun bu özellikleri meydana getirdiği dikkate alınarak volt üzerinde değer artırımı veya azalması yapmak pek doğru olmaz. Voltun belirli değerler arasında kalması gereklidir. Örneğin, ϕ 3.25 elektrod için 40-55 volt ayarlanabilir. Ancak bu kullanılacak tozun (dolayısıyla curufun) özelliğine bağlıdır. Elektrodun curufa olan uzaklığını da iyi ayarlamak gerekir. Bu yükseklik ϕ 3.25 elektrodlar için 70-75 mm. olmalıdır. Eğer bir elektrod ile kaynatılacak genişlik 30 mm. den fazla olursa

elektrod salınım hareketi yapmalıdır. Elektrodun ileri geri (salınım) hareketi fazla hızlı olmamalıdır ki yeterli kalınlıkta kaynak dikişi oluşsun. Salınım hareketinin hızı belirli bir ivme (balans) şeklinde, kaynağın oluşumuna göre, kaynakçı (operatör) tarafından kontrol edilmelidir. Curuf (toz) derinliği telin ve ergiyik banyosunun korunacağı kadarlık bir yükseklikte olmalıdır. Fazla yükseklikteki curuf kalınlığı akımın geçişini zorlaştırarak işleme dikişin derinliğini azaltır ve banyo sıcaklığını düşürür. Bu gibi durumlarda banyonun yeterli sıvılıkta olması ile beraber tozun kolay erimesi için ön ısıtma yapılmalıdır. Tozun kalınlığının genel olarak 30-50 mm. arasında olmasında yarar vardır. Kaynatılacak gereçlerin kalınlığı, dikişin (kalınlık yüzeylerine) işleme derinliği kullanılacak elektrod sayısının artmasına neden olmaktadır. Kullanılacak elektrod sayısı kaynatılacak gereç kalınlığı ile yakından ilişkilidir. Tek elektrod için parça kalınlığı 90-100 mm. iki elektrod için 110-250 mm. üç elektrod için 250-450 mm. arasında olmalıdır. Şekil: 57 de çok elektrod kullanılan curufaltı kaynak makinası görülmektedir.



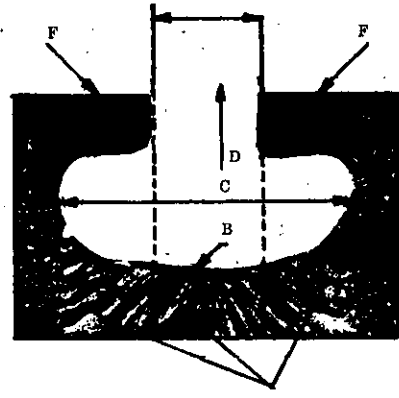
Şekil: 57 Çok Elektrodlu Curufaltı Kaynak Makinası

Bu makina ile gerektiğinde tek elektrodla yalnız başına kullanılabilir. Elektrodla kaynak akımı Transformatör veya redresör tarafından verilmektedir. Tellerin hızlarının değişkenliği ise ayrı bir kontrol ünitesinden düzenlenir. Bu ünite mümkün olduğu kadar ısıdan etkilenmeyecek kadar uzaklıkta olmalıdır. Tellerin dik konumda kaynak alınma gelişi bir motordan alınan hareket ile dönen makaralardan yararlanılarak verilmektedir. Tellerin curuf yüzeyine hareketi otomatik olarak yapılmalıdır. Bakır soğutucuların ilerlemesi ise operatör tarafından elle yapıldığı gibi otomatik olarak da yapılabilir.

Birden fazla kaynak telinin kullanıldığı curufaltı kaynak yönteminde, her kaynak teli için ayrı bir tel besleme motoru olmalıdır. Çünkü, kaynak tellerinin ileri geri hareketi ile beraber bu hareket uygun ilerleme hızı da ayarlanabilmelidir. Kaynakçının, kaynak dikişinin oluşumuna göre her tel için ayrı bir ayarlama düzeni sağlaması gerekebilir. Ayrıca, kullanılacak her tel elektrod için ayrı bir akım kaynağının olması da yararlı olur. Curufaltı kaynak yöntemi ile kaynak yapılabilen gereçler şunlardır:

- 1 - Düşük karbonlu çelikler
- 2 - Orta karbonlu çelikler
- 3 - Yüksek dayanımlı çelikler
- 4 - Az alaşımlı çelikler
- 5 - Çok az olmakla beraber paslanmaz çelikler.

Curuf altı kaynağında kullanılan tel elektrodlar, tozaltı kaynağında olduğu gibi az karbonlu çelik elektrodlardır. Şekil: 58 de bileşiminde manganez ve molibden bulunan düşük alaşımlı çeliğin curuf altı kaynağından sonraki büyütülmüş kesiti görülmektedir. Tel elektrodteki karbon oranı, kaynatılacak gereçten % 0,15 ile % 0,10 kadar düşük olmalıdır.



A: Birleşme aralığı
B: Kaynak yüzeyi
C: Ergime genişliği
D: Kaynak yönü
E: Kaynak metali
F: Gereç (esas metali)

Şekil: 58 Bileşiminde manganez ve molibden bulunan düşük alaşımlı çeliğin curuf altı kaynağı birleştirilmesi sonucu büyütülmüş görünüşü.

Kaynak dikişinin metalurjik yapısı gerece eşit denecek kadar uygun olmalıdır. Bununla beraber curufaltı ile kaynatılacak çeliklerin içerisinde % 0,30 - % 0,35 arasında karbon bulunanlar tercih edilmelidir. Yüksek karbonlu ve alaşımlı çeliklerin kaynağında kaynak öncesi ve sonrası ön ısıtma yapılması gerekir. Çünkü kaynatılacak kesit yüzeyinin en az % 40 ına dikiş işleminin gerçekleşmesi gereklidir. Bütün elektrod ve kaynatılacak gereçlerde düşük oranda kükürt, fosfor ve oksijen bulunmalıdır. Kesitteki gerginliklerin anormal boyutlara ulaşmaması için dikişin yavaş soğuması sağlanmalıdır. Curufaltı kaynağında kullanılan elektrodları üç şekilde tanımlamak mümkündür.

- 1 - Yüzeyi bakır kaplı dolu kesitli tel. (Tozaltı ve MAG teli gibi)
- 2 - Örtülü veya özlü elektrod. (Flux Wire veya Özlü MAG teli)
- 3 - Yüzeyi damarlı tel. (Şerit halinde veya boru biçimindeki elektrod)

Elektrodlar kaynatılacak gereçlere göre seçilerek kullanılmalıdır. Elektrodlar gibi kullanılacak, curuf oluşturan tozlarda belirli özellikte olmalıdır. Elektrik iletkenliği olması gereken bu tozların içerisinde manganez, alüminyum silikat ve az miktarda kalsiyum florür bulunmalıdır. Bu elementlerle oluşturulan toz kompozisyonu dayanıklılık, uzun ömürlü curuf, arkın başlatılması ve korunmasında yeterli özellik vermelidir. Zamanda kaynak sonrasında dikiş yüzeyindeki curuf kolaylıkla aynı kalmalı. Genel olarak toz bileşimindeki kompozisyon elementlerinin yüzde oranları ise; % 35 SiO₂, % 40 MnO, % 5 Al₂O₃, % 7 CaO, % 6 CaF₂, % 3 TiO₂ ve % 1 Na₂O dir. Bu bileşim oranları, dikiş ark sıcaklığına, curufun alışkanlığına, kaynak ısısına, ergiyik curuf kalınlığına, kaynatılacak gerecin kalınlığına ve birleşme şekline bağlıdır. Tozun ergime derecesi gerecin kaynak sıcaklığının çok altında olmalıdır. Bununla beraber kaynama ve buharlaşma sıcaklığı ise kaynak sıcaklığının üstünde olmalıdır. Toz kısa zamanda nem almayacak özellikte olması lazımdır. Eğer tozaltı ile karşılaştırılırsa, curufaltındaki toz sarfiyatı daha azdır. 50 mm. kalınlığındaki bir gerecin kaynatılmasında kullanılan 45-50 kg. lık toza ihtiyaç vardır. Curufaltı kaynağındaki metalurjik değişim diğer kaynak yöntemlerine göre daha azdır. Kaynak dikişi yavaş soğutulup ısıtılması yapıldığında, ark kaynağı ile karşılaştırılırsa, kaynak alanında daha az çatlama olur veya hiç olmaz. Kaynak dokusu gerece göre kaba dokulu ve merkezden çizgiler şeklinde gerece doğru ayrılmış hatlar şeklindedir. Çizelge 12'de Curufaltı kaynağında meydana gelen problemler ve nedenleri açıklanmaktadır.

ÇİZELGE : 12 CURUFALTI KAYNAĞINDA OLUŞAN HATALAR VE NEDENLERİ

Yerleşme Yeri	HATALAR	NEDENLERİ
Kaynak Dikişi	Gaz boşluğu veya gözenek metalik işleme olmaması, Çatlama	Gazların anormal oksitlenme oluşması fazla curuf kalınlığı, fazla sıcaklık, derin alevle kesme, (pürüzlü yüzey) plâkalardan başka elemanın geçmesi, arkın kesilmesi ve karbon oranının fazlalığı
Isı Etki Alanı	Kenar yenmesi, Çatlama	Çok çabuk soğuması, homojen işleme olmaması, yüksek direnç göstermesi, kaynatılan metalin birleşimi, fazla curuf kalınlığı, fazla durma, anormal soğutma ve yüksek volt
Erime Ekseni (Hattı)	Erime eksikliği (Azlığı)	Düşük volt, fazla tel besleme hızı, yüksek curuf (toz) kalınlığı, elektrodun eksenel bozukluğu, soğutmanın gereğinden uzak olması, kaynak durma zamanının fazlalığı ve elektrodun ileri geri hareketinin hızı.

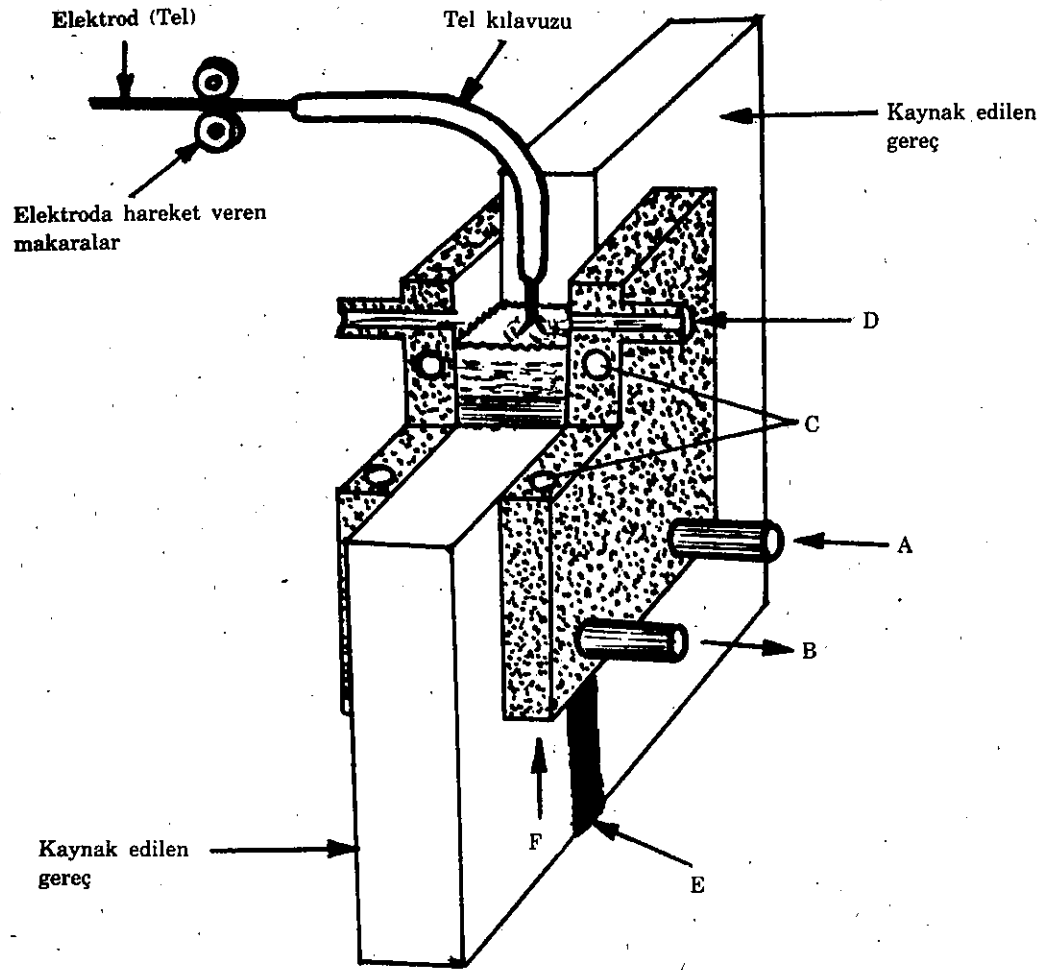
Genellikle curufaltı kaynakları yapıldıktan sonra ısı işleme gerek yoktur. Yüksek basınçlı çalışan gereçlerin kaynatılması halinde ısı işleme uygulanır. Isı işleme kaynak alanındaki kristal dokusunun incelmeye ve dengelenmesine yardımcı olur.

ELEKTROGAZ KAYNAĞI

Buraya kadar anlatılanlardan, curufaltı kaynak yöntemi ile kalın parçaların dik pozisyonda dolgu veya birleştirme işleminin yapıldığını öğrenmiş olduk. Bu yöntemle kalınlığı az olan ince parçaların da kaynak yapılabilmesi için mevcut curuf altı kaynak sistemine ek olarak bir de koruyucu gaz kullanılması ve ergitme işleminde basit bir değişiklik yapılması gerekmektedir. Bu durumda curufaltı kaynak yönteminin adı elektrogaz yöntemi olarak ifade edilebilir. Elektrogaz yönteminde, özlü elektrod kullanılır. Bu elektrod kılavuz bir borudan geçerek ergiyik durumundaki kaynak banyosu ile doğrudan ve devamlı bir şekilde açık ark oluşturur. (Curufaltı kaynak yönteminde yalnız başlangıçta parça ile elektrod arasında ilk ark oluşturmakta ve hemen sonra ark kesilmektedir. İş parçasının, elektrodun ve kaynak tozunun bundan sonraki ergimesi için gerekli ısı enerjisi, sıvı durumdaki curufun elektrik akımına gösterdiği direnç nedeni ile temin edilir.) Elektrogaz yönteminde kesintisiz bir şekilde oluşturulan ark ve ergiyik kaynak banyosunun havanın kötü etkenlerinden korunabilmesi için karbondioksit, helyum, argon veya bunların karışımı olan bir gaz kullanılır. Şekil: 59 da elektrogaz yönteminin uygulama şeması görülmektedir.

Curufaltı kaynak yöntemi ile elektrogaz kaynak yöntemi prensip bakımından birbirinin hemen hemen aynısı olmakla beraber bu iki kaynak yöntemini birbirinden ayıran iki önemli fark bulunmaktadır. Bunları şöyle açıklayabiliriz:

- 1 - Curufaltı kaynağında ark açık olmadığı gibi devamlı da değildir. Elektrogaz kaynağında ise ark açık olup devamlıdır.
- 2 - Curufaltı kaynağında ergiyik banyo ve ark eriyerek curuf haline getirilen kaynak tozu veya özlü elektrodun oluşturduğu curuf tarafından korunur. Elektrogaz kaynağında ise bu koruma görevi gereği uygun olarak seçilen koruyucu gaz tarafından yerine getirilir.



Şekil: 59 Elektrogaz kaynak yönteminin uygulama şeması.

- A = Soğutma suyu girişi
 B = Soğutma suyu çıkışı
 C = Soğutma suyunun bakır pabuç içindeki dolaşma kanalları.
 D = Ergiyik kaynak malını ve arkı koruyan koruyucu gaz girişi.
 E = Katılaşmış kaynak metali (kaynak dikişi).
 F = Kaynak yönü (dik konumda).

SORULAR :

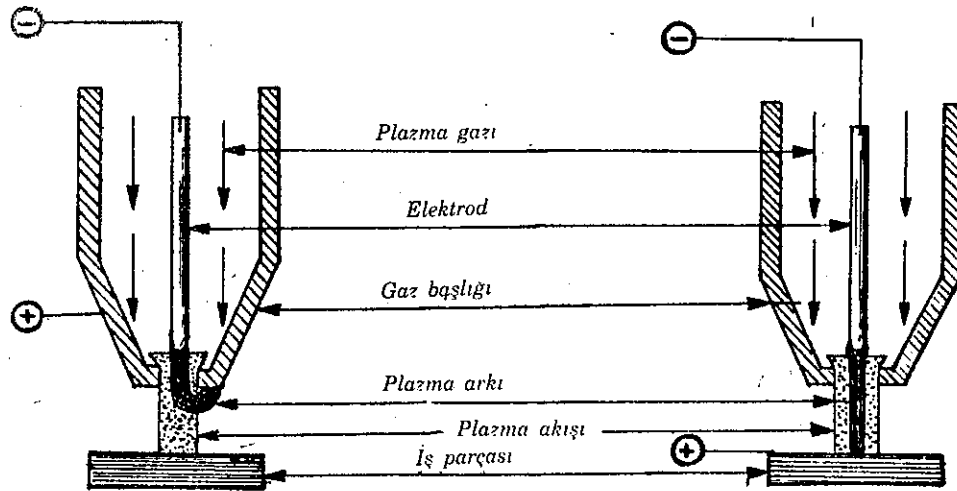
- 1 - Curufaltı ile toz altı kaynak yöntemi arasındaki fark nedir ?
- 2 - Curufaltı kaynağının hangi konumda ve nasıl uygulandığını açıklayınız.
- 3 - Curufaltı kaynağı ile hangi kalınlıktaki gereçler birleştirilir.
- 4 - Curufaltı kaynağındaki tozun derinliği ve elektrodun (telin) curufa olan yüksekliği ne kadar olmalıdır ?
- 5 - Curufaltı kaynağında kullanılacak kaynak akımı hangi makinalardan temin edilir ?
- 6 - Elektrodun ve bakır soğutucuların hareketleri nasıl sağlanmaktadır ?
- 7 - Curufaltı kaynağı ile hangi gereçler kaynak yapılabilmektedir ?
- 8 - Curufaltı kaynağında kullanılan tel şekilleri kaç türdür ?
- 9 - Elektroda niçin salınım hareketi yatırılır.
- 10 - Kaynak tozlarında hangi elemanlar bulunmaktadır ?
- 11 - Kaynakta telin ne kadarı kadar kaynak tozu kullanılmalıdır ?
- 12 - Curufaltı kaynağı ile elektrogaz kaynak yöntemlerini karşılaştırarak aralarındaki farkı belirtiniz.

PLAZMA ARK KAYNAK YÖNTEMİ

Plazma kaynağı bir ergitme kaynağı yöntemi olup, elektrik arkı ile gaz karışımının oluşturduğu ısı enerjisi ile yapılmaktadır. Elektrik arkı ile gaz karışımı olan ısı kütlelerine PLAZMA denilmektedir. Arkın merkezlenmesi ve korunması TIG ve MIG kaynaklarına benzemektedir. Ark - gaz karışımı olan plazmanın (plazmaya maddenin dördüncü hali de denilebilir.) yararları aşağıda belirtilmiştir :

- 1 - Büyük bir enerji birikimi sağlar,
- 2 - Ark düzgünlüğü gelişmesi ;
- 3 - Yüksek sıcaklık meydana gelmesi ;
- 4 - Akışkan ve yüksek plazma hızının sütun halinde akması.

Plazma kaynağında iki ark türü oluşmaktadır. Bu arkların birisi gaz iyonları ile beraber sürüklenir. Diğeri ise görevini yaptıktan sonra gaz iletici memeye (nozla) dönüşüm yapar. Arkların oluşum türlerine transfer olan (gazla sürüklenen) ark, transfer olmayan (dönüşüm yapan) ark denir. Şekil : 60 da her iki ark şekli görülmektedir.



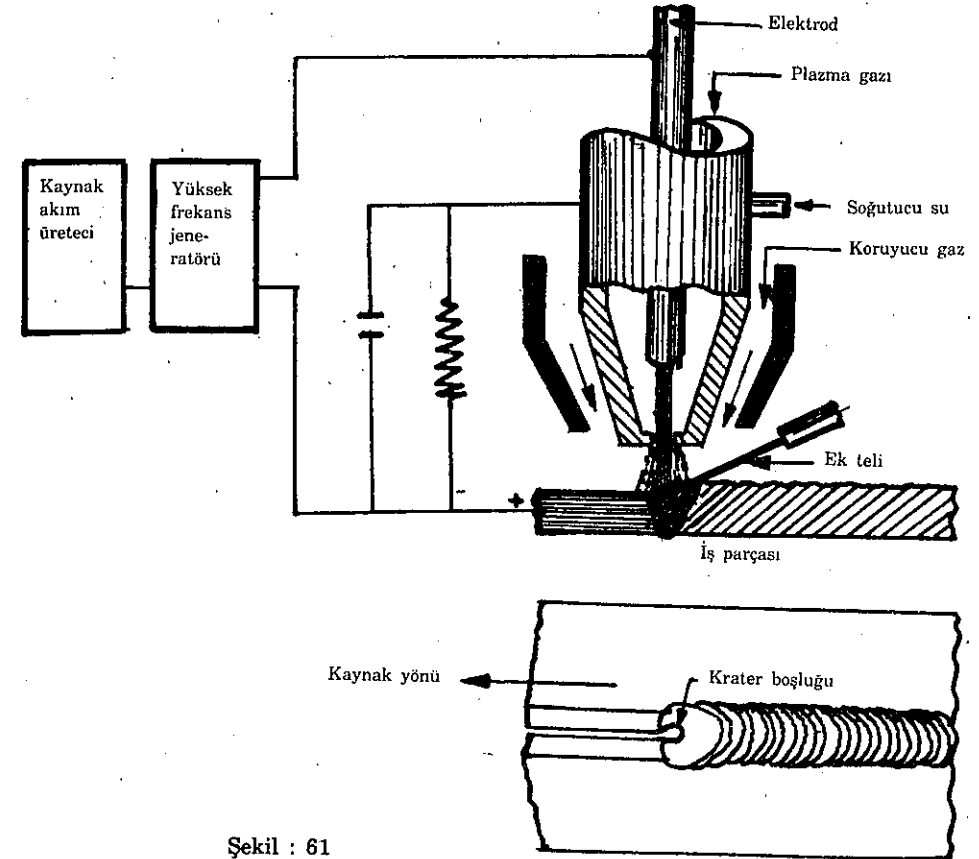
Şekil : 60 Plazma Kaynağında ark oluşum Türleri.

Transfer olan ark, torç içerisindeki tungsten elektrod ile iş parçası arasında meydana gelir. Diğer ark ise kaynatılacak parça ile temas etmeksizin elektrod ile nozul arasında oluşmaktadır. Transfer gaz - ark sütununda daha büyük

enerji kütlesi (birikimi) bulunmaktadır. Ancak, torç ile iş parçası arasında bir elektriksel iletişim olması gerekmektedir. Dönüşüm yapan arkta buna gerek yoktur. Bu arkta ısı kütlesi de azdır.

Plazma - ark kaynağı sistem olarak TIG kaynak sistemine benzemektedir. ancak, gaz kullanım tekniği bakımından farklıdır. Genellikle transfer arkı kullanılmaktadır. Plazma ark kaynağı kalınlıkları 2,5 mm. den fazla olan gereçlerin birleştirilmesinde uygulanmaktadır. Kaynak yerinde krater boşluğu meydana gelmesi nedeni ile ince parçaların kaynatılması mümkün olmamaktadır. Şekil : 61 de plazma ile yapılan kaynakta meydana gelen krater boşluğu görülmektedir.

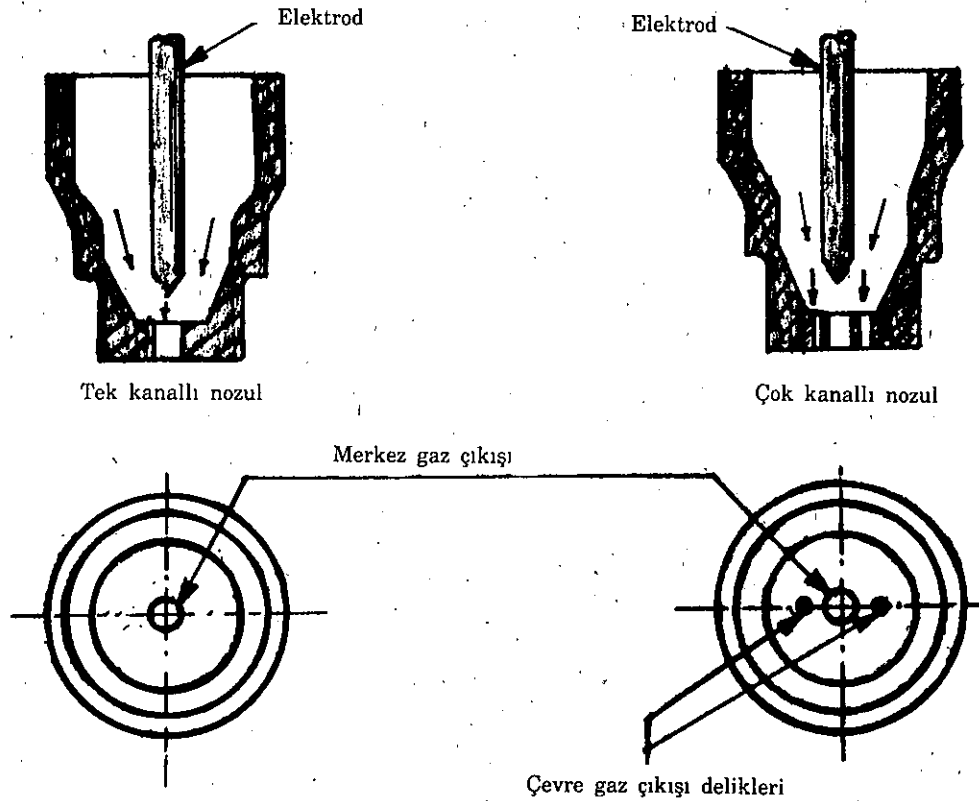
Plazma kaynağında enaz iki gaz kullanılır. Bunlar genellikle Argon, Helyumdur. Bunlardan birisi olmaması halinde azot veya hirdojen kullanılır.



Şekil : 61

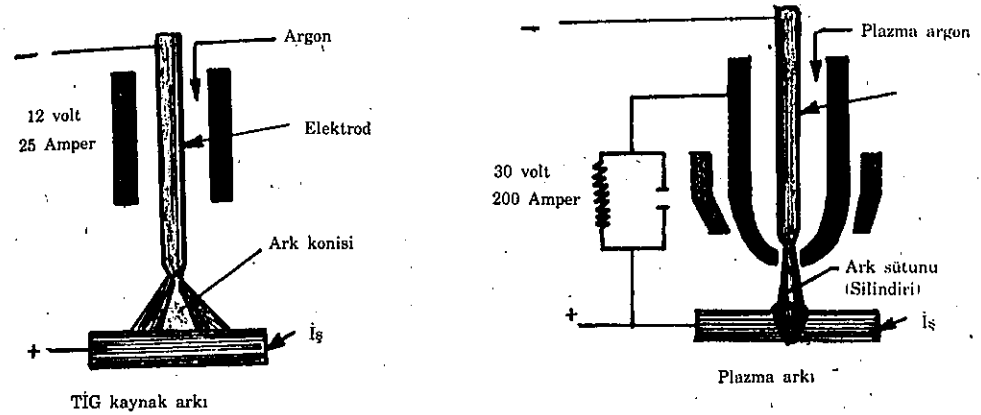
Plazma kaynağı ile birleştirilen bir köşe kaynağında meydana gelen krater boşluğu veya anahtar deliği.

Plazma ark kaynağına özgü krater boşluğu, yüksek hız ve sıcaklık nedeni ile meydana gelir. Yüksek derecedeki ısı enerjisi ile hemen ergiyik durumuna geçen kaynak alanı gaz hızı ile üfleme suretiyle bir boşluk oluşturmaktadır. Bu krater boşluğu, kaynak işlemi süresince izlenerek korunmalı ki dikiş işleme derinliği bütün birleşme boyunca istenilen nitelikte olabilsin. Bu nedenle plazma gaz nozulları (gaz başlıkları) tek veya çok delikli olarak yapılmaktadır. Şekil : 62 de gaz başlıklarının delik biçimleri görülmektedir. Çok delikli başlıklarla yapılan plazma kaynağında, plazma gaz sıcaklığı dağıtılarak kenar yenmeleri ve benzeri hataların önlenmesi sağlanmaktadır. Böylece kaynatma hızı da arttırılmış olur. Arkın sürekliliği ve düzgünlüğü nedeni ile TIG kaynağına nazaran, birleşme alanındaki ısınma yüzeyi daha azdır. Ancak dikiş işleme (nüfuziyet) derinliği daha fazladır.



Şekil : 62 Plazma kaynağında kullanılan gaz başlıklarının delik biçimleri.

Şekil : 63 de TIG kaynağı ile plazma kaynağının karşılaştırılması görülmektedir. TIG kaynağında ark konik olduğu halde, plazmanın kaynağındaki ark silindirik biçimdedir. Plazma kaynağı ile kaynatılacak gereçlerin, TIG kaynağı ile kaynatılacak gereçlere göre çok iyi alıştırmış olmaları gerekir. TIG kaynağındaki ark alevinin ısıtma alanı, plazma kaynağına göre daha fazladır. Plazma kaynak ark alevi daha dar bir alanı ısıtma özelliğine sahip olduğundan, sert ve yüzey dolgu kaynaklarında plazma kaynağı tercih edilmektedir.



Şekil : 63
TIG kaynak arkı ile plazma arkının karşılaştırılması.

PLAZMA KAYNAK ÜNİTELERİ :

Plazma kaynak üniteleri (sistemi), MIG kaynağına benzemekte ise de, torç (kaynak pensi), TIG kaynağında kullanılan torç gibi çalışmamaktadır. Plazma ark kaynağı kısımları aşağıdaki gibi beş ünitelerden oluşmaktadır :

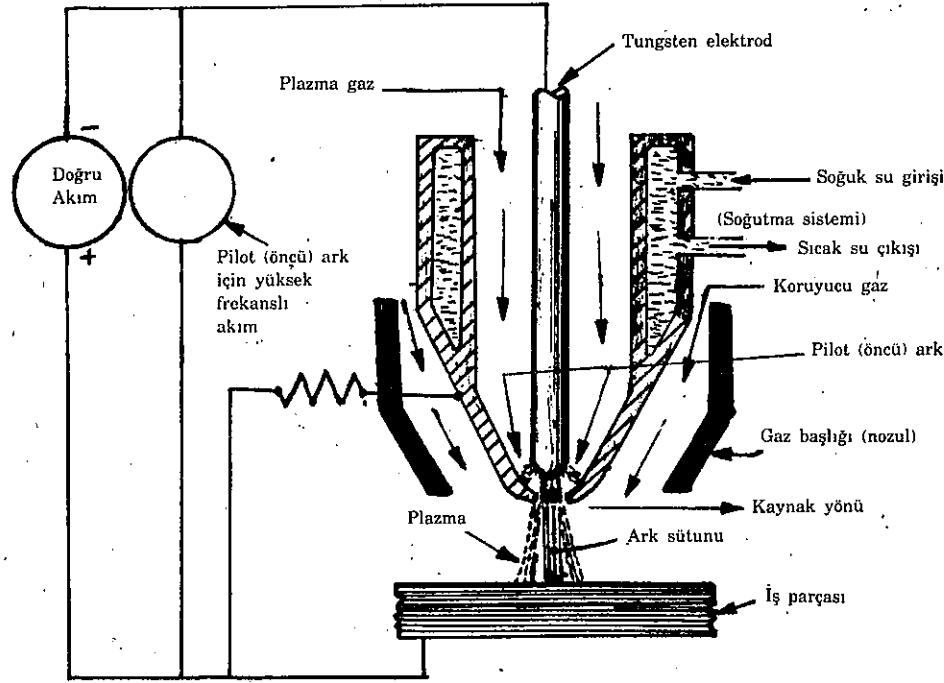
- 1 - Kaynak akım üretici (kaynak makinesi)
- 2 - Kaynak pensi (torçu)
- 3 - Soğutma ünitesi (soğutma su ile yapılmaktadır.)
- 4 - Yüksek frekans jeneratörü,
- 5 - Kontrol ünitesi veya sistemi.

Şekil : 64 de plazma kaynak yönteminin üniteleri toplu halde gösterilmiştir.

Plazma torçları (pensleri) doğru akımda pozitif veya negatif kutuplara bağlanarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu torçlar 500 amperlik akım şiddetine dayanacak şekilde yapılmışlardır. Torça (pense) gelen gaz debisi 28 - 600 litre/ saat arasında değişmektedir. Genellikle torç ucundan çıkan

koruyucu gaz hızlı olarak hareket eder. Böylece çevreden gelen hava akımı plazma gazına etki etme imkânını bulamaz.

Plazma kaynağının elektrik donanım sistemi, akım üretici, yüksek frekans üreticisi ve ark başlatma ünitesinden oluşmaktadır. Bunlar şekil : 64 deki plazma ark kaynağı üniteleri arasında gösterilmiştir.



Şekil : 64 Plazma ark kaynağı üniteleri.

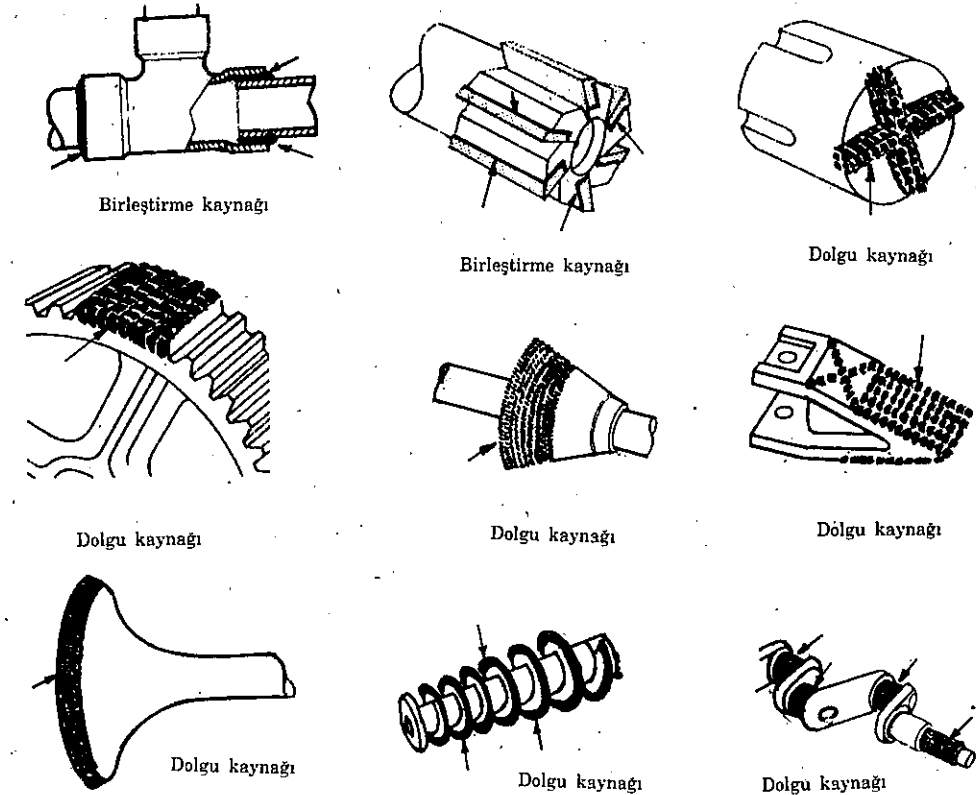
Yüksek frekans akımı, torç ile elektrod arasındaki gazın iyonlaşmasını temin eder. Böylece gaz iyonlaşarak yüksek bir hız ve sıcaklık meydana getirir ve akışkanlık sağlar. Bu olayın gerçekleşmesinde pilot (başlatma veya öncü) arkın önemi büyüktür. Pilot arkı ile yüksek frekansın etkileri sonucu oluşan plazma arkı (hız ve sıcaklık taşıyan ışın sütunu) olarak gelişmektedir. Kontrol ünitesi, işlemin yapılması ile birlikte akım üretimini, yüksek frekans jeneratörünü, gazların gelişlerini ve soğutma sistemini kaynak süresince devreye sokar ve bu durumun devamlılığını sağlar. Bu görevlerinden dolayı kontrol ünitesi, sistemin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Bunun dışında kaynakçı tarafından, penste bulunan bir anahtarla veya uzakta bulunan bir

kumanda sistemi ile kaynağın yapılışı kontrol edilebilmektedir.

Plazma kaynağında genellikle redresör tipi kaynak makinası tercih edilmektedir. Redresör olmadığı takdirde jeneratör de kullanılmaktadır. Transformatörün kullanılması pek mümkün olmaz. Plazma ark kaynak sisteminde, birisi arkı başlatmak, diğeri de plazmayı oluşturmak amacı ile üretilen iki akım sistemi bulunur. Plazmayı (plazma arkını) oluşturan akım bunun devamlılığına da temin eder.

PLAZMA KAYNAĞININ KULLANILDIĞI YERLER

Plazma kaynağı birçok birleştirme türlerinde kullanılır. Bunlar, iç ve dış köşe, nokta, alın (küt), doğrusal ve dairesel hareketle yapılan birleştirme türleridir. Şekil : 65 de plazma kaynağı ile dolgu yapılmış çeşitli iş parçaları görülmektedir.



Şekil : 65

Plazma kaynağı ile yapılan birleştirme ve dolgu kaynakları.

PLAZMA KAYNAĞININ YAPILIŞI

Çoğu zaman, kalınlık 6 mm.'ye kadar olan gereçlerin kaynağı tek paso ile veya tel kullanılmaksızın yapılabilmektedir. Ektelinin kullanılması kaynağı özelliğine göre değişmektedir. Çok iyi alıştırılmış alın birleştirme kaynaklarında tele gerek yoktur. Birden fazla dikiş gerektiren birleştirmelerde ekteli kullanılması zorunludur. Kalınlıkları 2,5 mm. den fazla olan gereçlerin birleştirilmelerinde krater boşluğu (anahtar deliği de denilebilir.) oluşturulması gerekir ki gerecin bütün kesiti kaynak yapılabilsin. Plazma ile 300 - 400 serisi paslanmaz çelikler, yüksek dayanımlı çelikler, 7 mm. kalınlığına kadar olan titanyum gibi gereçler alın altına birleştirilebilir. Kalınlığı 7 mm. den fazla alüminyum parçalarda ise kaynak ağı açılmak suretiyle kaynak işlemi yapılmalıdır. Kalınlıkları 5 mm.'ye kadar olan 304 serisi paslanmaz çelikten yapılmış boruların kaynağı da rahatlıkla yapılabilir. Genellikle kalanlıkları 6 mm. den fazla olan gereçlerin birleştirilmesinde kenar hazırlığı (kaynak ağı açılması) yapılması gerekir. Bu şekilde plazma ile kaynatılan gereçlerdeki dikiş sayısı TIG ve MiG kaynaklarına nazaran daha az ve kaynak ağız şekilleri V, U, J biçiminde olmaktadır. Bunlarda kök paso telli veya telsiz olarak yapılabilmektedir. Dolgu kaynaklarında pensten geçen gazın basıncı düşük olmalıdır. Plazma dikişi TIG, MiG ve benzeri kaynaklara göre daha dar ve derin işlemelidir. Ayrıca kaynak hızı da yüksektir. Bununla beraber plazma kaynağında iki gaz kullanılması diğerlerine göre bir dezavantajdır. Özellikle elde edilmesi zor olan argon ve helyum kullanılması kaynak işlemi için zorunludur.

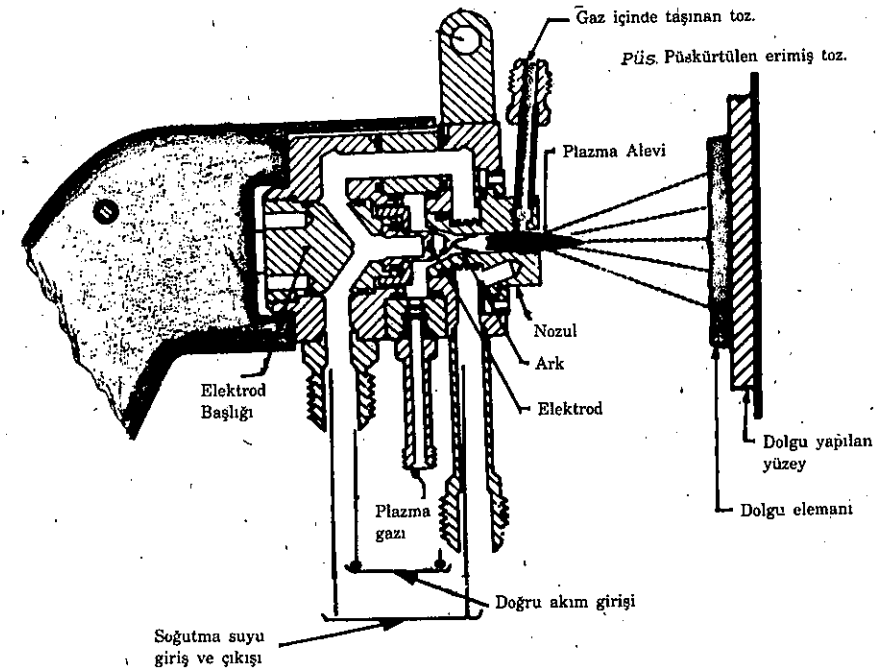
Kaynakçı kaynak işlemini, penste veya daha uzakta bulunan anahtarla başlatır. Bu kaynak yönteminde de MiG kaynağında olduğu gibi tel besleme sistemi vardır. Ark ışınının ikinci dereceden olması nedeni ile fazla koyu maske camı kullanılmasına gerek yoktur. Plazma kaynak yöntemi ile, genellikle elektrod, TIG, MiG kaynağı ile kaynatılması zor olan (paslanmaz çelik, alüminyum, titanyum gibi) gereçlerin birleştirilmesi çok avantajdır. Plazma ile yüzey dolgu ve kesme işlemleri de yapılmaktadır. Kesme konusu genel kesme işlemleri bölümünde işlenecektir.

Plazma ile yüzey doldurma kaynağında, doldurma maddesi olarak tel değil toz kullanılır. Tozlar kaplanacak veya dolgu yapılacak yüzeylerin özelliğine göre seçilerek hazırlanır. Bunda önemli olan yüzeyin sertliği ve bileşimidir. Şekil : 66 da yüzey dolgu kaynağı işleminin yapılışı ve Şekil : 67 de ise yüzey dolgu işleminin şematik resmi görülmektedir.



Şekil : 66

Dairesel hareket aptırılan mil'e, doğrusal hareket yaptırılan plazma kaynağı ile yüzey dolgu kaynağının yapılışı.



Şekil : 67

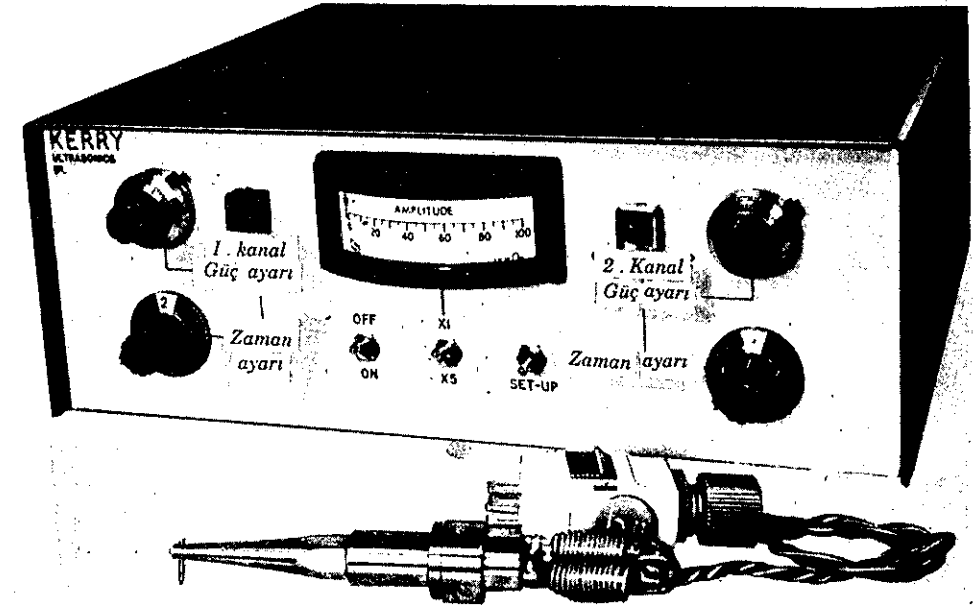
Plazma tabancası ile püskürtme yapılarak bir yüzeyin doldurulması.

SORULAR :

- 1 - Plazma kaynağı nasıl bir kaynak yöntemidir?
- 2 - Plazma olayı nedir?
- 3 - Plazmanın yararları nelerdir?
- 4 - Plazma kaynağında kaç türlü ark vardır?
- 5 - Kalınlıklarına göre, plazma kaynağı hangi parçaların kaynağında kullanılmaz?
- 6 - Plazma kaynağında kullanılan gaz başlıklarının delik biçimleri nasıldır?
- 7 - Plazmada kullanılan gazlar hangileridir?
- 8 - TİG kaynak ile plazma kaynak arkı arasındaki fark nedir?
- 9 - Plazma ark kaynak üniteleri nelerdir?
- 10 - Plazma kaynağında yüksek frekanslı akımın görevi nedir?
- 11 - Plazma kaynağında kaç türlü akım üretilir, bunların görevleri nelerdir?
- 12 - Plazma kaynağı hangi birleştirme türlerinde kullanılır?
- 13 - Plazma kaynağında neden iki ayrı gaz kullanılmaktadır?
- 14 - Plazma kaynağı ile yüzey dolgu işleminin nasıl yapıldığını açıklayınız.

ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMİ

Ultrasonik kaynak yöntemi, özellikleri birbirinin aynı veya ayrı olan gereçlerin bindirme biçimindeki birleştirmesinde kullanılan bir soğuk kaynak yöntemidir. Parçalar, hava veya hidrolik basınç altında ve saniyede yaklaşık 20.000 titreşim yapabilen çeneler arasında ısı enerjisi verilmeksizin soğuk basınç yöntemi ile kaynatılırlar. Titreşim, yüksek frekanslı elektrik enerjisi ile elde edilir. Parçaların kaynatılmasını sağlayan bu titreşimler alt ve üst çeneler aracılığı ile kaynak alanına iletilir. Şekil : 68 de küçük bir ultrasonik kaynak makinası görülmektedir.



Şekil : 68

Küçük kapasiteli ultrasonik kaynak makinası ve çenelerinden birisi.

Bu kaynak yönteminde, toz, pasta gibi temizleme maddelerine ve kaynak dikişine katkıda bulunacak ekteli'ne ihtiyaç yoktur. İş parçaları plâstik şekil değiştirme (birleşme alanında, gerecin elastiklik sınırı üzerinde bir kuvvet oluşturulur. Bu nedenle bu noktada gereç, üzerindeki basınç kalksa bile eski halini alamaz) sonucu birleşme alanında kaynak edilmiş olurlar. Bu nedenle ultrasonik kaynak makinası tarafından uygulanan basınca plâstik basınç da denir. Birleşme alanında plâstik şekil değişikliği sonucu bir miktar ısı

meydana gelirse de bu ısı parçada herhangi bir fiziksel şekil değişmesi yapmaz. Gereçlerin metalurjik birleşmesi ark, ergime, ve ergiyik geçisi olmaksızın yapılmış olur. Kaynak alanında en az denecek kadar çarpılma olabilir. Ultrasonik kaynak enerjisi, bazı metallerin (örneğin nikel gibi) manyetik alan içerisinde iken büzülme ve genişleme yaparak meydana getirdikleri titreşimlerin yoğunlaştırılması ile elde edilir. Titreşimler parçalardan geçerken ani basınç dalgaları oluşturarak gereç kesitlerinin kaynatılmasını sağlamaktadır.

Ultrasonik, kaynağı elektrik, elektronik endüstrisinde (kontaktör, mikro devre bağlantıları gibi) ince alüminyum ve benzeri gereçlerin nokta ve seri olarak kaynatılmalarında kullanılmaktadır. Genellikle diğer kaynak yöntemleri ile kaynatılması güç olan laboratuvar ve araştırmalardaki hassas, ince parçaların birleştirilmesi kolaylıkla yapılmaktadır.

Kaynatma işlemi direnç kaynak yöntemine benzer şekilde yapılmaktadır. Kaynatma şekilleri nokta, çevresel (dairese) ve doğrusal boyuna (dikiş) olarak yapılabilmektedir. Ultrasonik kaynak yöntemi ekonomik bir birleştir-

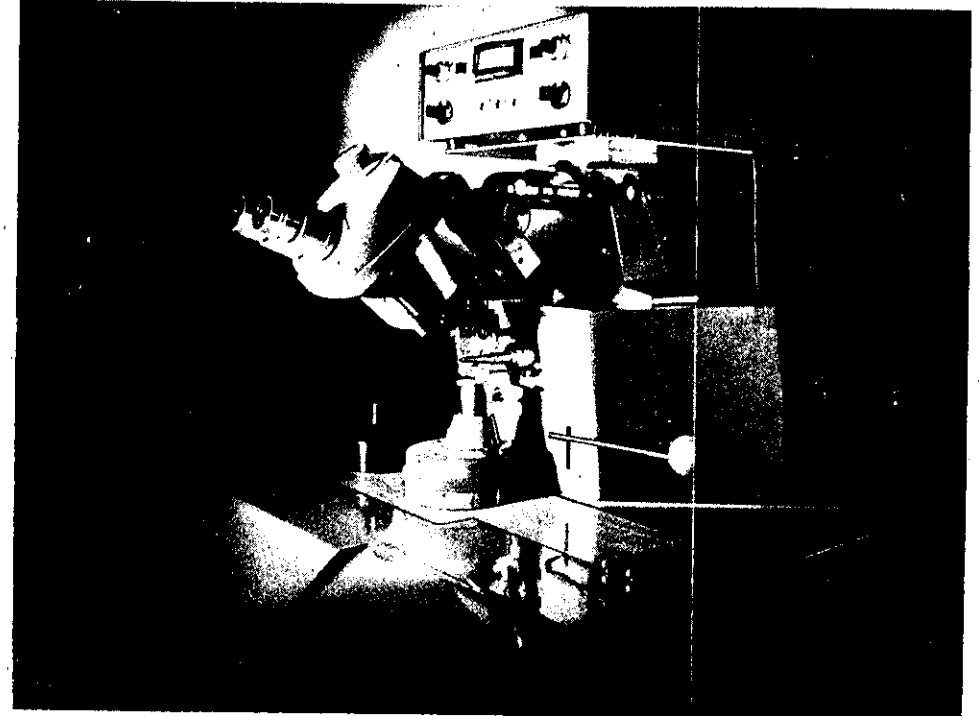
GEREÇ	GEREÇ	Al	Be	Cu	Au	Fe	Mg	Mo	Ni	Si	Ag	Ta	Sn	Ti	W	U	Zr	Pb	Pt
Aluminyum		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X
Berilyum			X	X		X								X					
Bakır				X	X	X	X	X	X		X	X		X			X		
Altın				X	X	X			X		X	X		X	X		X		
Demir						X		X	X		X	X		X	X		X		X
Magnezyum							X				X			X					
Molibden								X	X			X		X	X		X		
Nikel									X		X	X		X	X				X
Silisyum										X									
Gümüş											X								X
Tantalyum												X	X	X	X				
Kalay													X						
Titanyum														X	X				
Tungsten															X				
Uyaryum																X	X		
Zirkonyum																	X		
Kurşun																		X	
Platin																			X

Çizelge : 13 Ultrasonik Yöntem ile Kaynatılan Gereçler

me olmadığı için diğer kaynak türleri ile kaynatılması sorun olan gereçlerin kaynağının yapılması daha yararlıdır. Aslında, hemen her metal ve alaşımları ultrasonik kaynağı ile rahatlıkla birleştirilebilir. Örneğin, çeliklerin bu yöntem ile kaynatılması hiç de ekonomik değildir. Özellikle ısıtılması problem ve hassas olan ve bundan dolayı da kaynatılması çok zor veya imkânsız gibi görünen parçaların birleştirilmesinde kullanılmaktadır. Sayfa 106'daki çizelge: 13'de kaynatılan gereçlerin listelenmiş durumu görülmektedir.

Genel olarak, kalınlıkları 0.025 - 2,5 mm arasındaki gereçlerin kaynak işlemleri yapılmaktadır. Kaynak işlemi sırasında operatörün (makineyi kullanan kişinin) aşağıdaki kuralları çok iyi bilerek düzenlemesi gerekmektedir.

- 1 - Kaynatılacak gereç kalınlığı ve türüne göre baskı yapan (enerji ileticisinin) elamanın çapının büyüklüğü ve küçüklüğü,
- 2 - Birleştirilecek parçalara uygulanacak sıkıştırma basıncı,
- 3 - Gereçler üzerine gelmesi gereken kuvvet miktarı (balansı),
- 4 - Kaynağın yapılma zamanı (zaman ayarı),



Şekil : 69 Modern büyük tip bir ultrasonik kaynak makinası.

5 - Birleştirmede uygulanacak kaynatma şeklinin (nokta, çevresel veya dikiş kaynak türlerinin) seçimini yapmak.

6 - Gereç kalınlıklarına göre frekans ve akım türü ayarını yapmak,

Kaynatılacak gereçlerin yüzeylerinin çok temiz olmasının fazla önemi yoktur. Ancak, yüzey düzgün olmalıdır ki birbirine istenilen alanda tam temas edebilsin. Kaynatılacak parçaların düzgün ve temiz olması, kaynağın sağlam olmasının yanında fiziksel görünüş bakımından da faydası vardır. Bununla beraber alüminyum bakır ve alaşımları gibi yüzey oksitlerinin erime sıcaklığı, kendi erime derecelerinin üzerinde olan gereçlerin yüzey oksitleri temizlenmelidir. Kaynak alanında kuru hava bulunmalıdır. Alanın renk farklılığı göstermesi halinde ise (oksitlenmeyi önlemek için) kaynak alanına argon gazı verilmelidir. Kaynatılacak gereçler ince olması nedeni ile kenar hazırlığı yapılmasına gerek yoktur.

KAYNATMA İŞLEMİ

Ultrasonik kaynağı ile ince sac parçaların birbiri üstüne bindirme konumu tercih edilir. Sacların birbiri üstüne gelme (konma) genişliği, sac kalınlıklarının 4 - 6 katı kadar olabilir. Bu konumda en önemli faktör kaynak



Şekil : 70 Ultrasonik Kaynağının yapılışı

için kullanılan basma uçlarının kaynak kenarlarında fiziki şekil değişikliği meydana getirmemesidir. Örneğin; 0,8 - 1,25 mm kalınlığındaki alüminyum veya alaşımlarının kayağındaki binme genişliği (gereç genişliğine göre) 3,2 - 19,0 mm arasında değişebilir. Genişliğin fazla olması maliyete etki edeceğinden minimum binme genişliği uygulanmasına daima öncelik verilmelidir. Genellikle nokta kaynakları yapılırken fazla kenar genişliğine gerek olmayabilir. Bu gibi durumlarda kaynatılacak parçaların birbirine çok iyi temas etmesi en uygun yöntemdir. Şekil : 70 de kaynağın yapılışı görülmektedir.

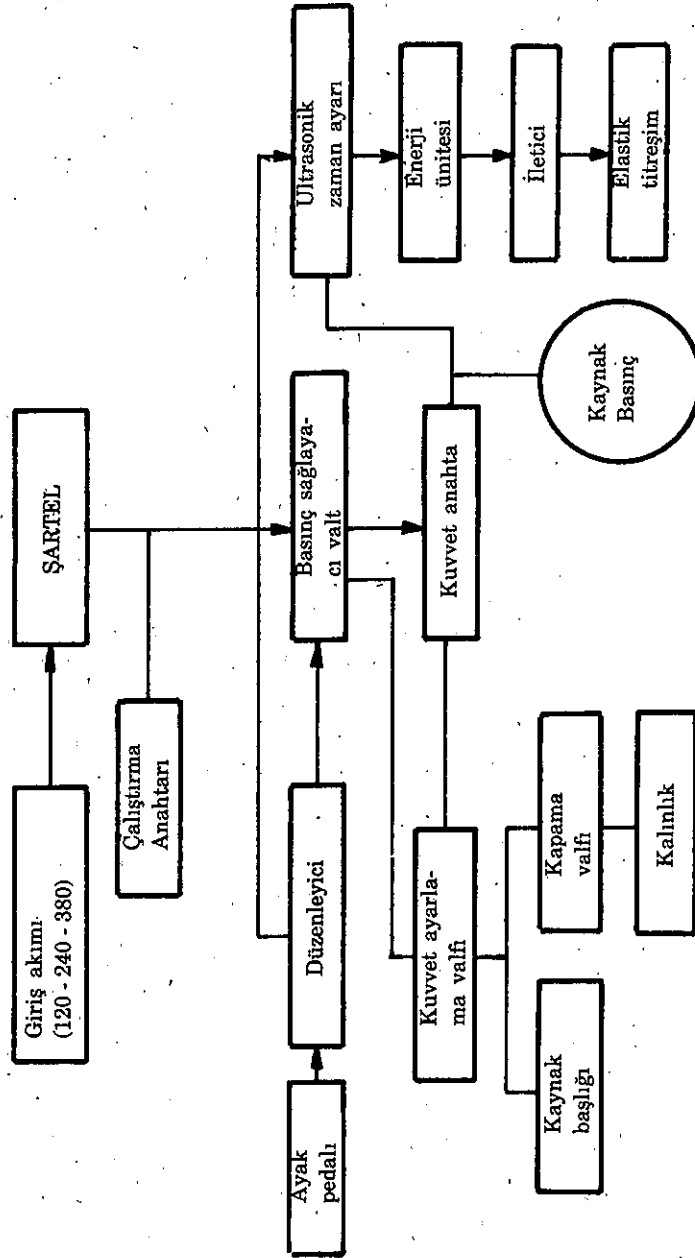
KAYNAKLARIN ÖZELLİKLERİ :

Ultrasonik yöntem ile yapılan kaynakların fiziksel ve dokusal olarak kontrollerini yapmak mümkündür. Yüzey görünüşleri çekme, deformasyon, renk farklılığı yapmadığı sürece istenilen değerdedir. Kaynak alanındaki değişiklikler (genel olarak fiziksel) tüm birleşme alanının % 5'inden daha azdır. Deformasyonun oluşması, birleşme yerine baskı yapan çenelerin geometrik şekline bağlıdır. Örneğin, aynı kalınlıkta olan alüminyum ile daha sert gereçlerin nokta kaynaklarında, alüminyumun kaynak alanı daha geniştir. Kaynak genişliği, gereç özelliği yanında, baskı elamanının çapına, sıkma basıncına ve verilen enerjinin oranına göre artar veya eksilir. Kaynak işlemi sırasındaki deformasyon olayı (kaynatma yüzeyinde olduğu gibi) gereç kalınlığının % 5'inden daha küçüktür. Kaynatılan gereçlerin birleşme alanında meydana gelen birleşme, plâstik şekil değiştirme sonucu olduğundan, özellikleri ayrı olan gereçler de ultrasonik kaynak yöntemi ile kaynak yapılabilirler.

KAYNAK ELAMANLARI :

Ultrasonik kaynak enerjisinin elde edilmesinden, bu enerjinin kaynak alanına kadar götürülmesini sağlayan bütün elamanlara ultrasonik kaynak elamanları denir. Kaynak elamanları, yüksek frekanslı elektrik enerjisini plâstik basınç sağlayan titreşim enerjisine dönüştürürler. Ayrıca, kaynatılacak parçaların altına titreşim hareketi yapan üst çenenin meydana getirdiği basıncı karşılamak ve parçalara destek olmak amacı ile örs veya benzeri bir parça konulur. Bu parçaya alt çene de denilebilir. Birleştirmenin yapılışı sırasında, kaynağın kontrol işlemleri elektrik, elektronik, hidrolik veya basınçlı hava ile yapılmaktadır. Çizelge : 14 de ultrasonik kaynak yönteminde kullanılan elamanlar görülmektedir.

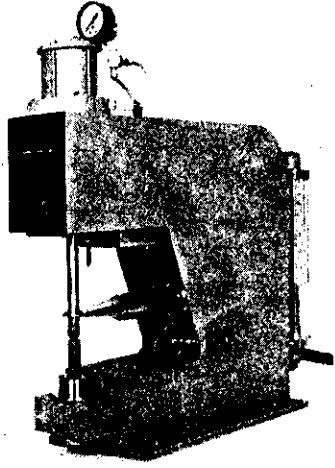
ÇİZELGE : 14 ULTRASONİK KAYNAK ELAMANLARININ ŞEMASI



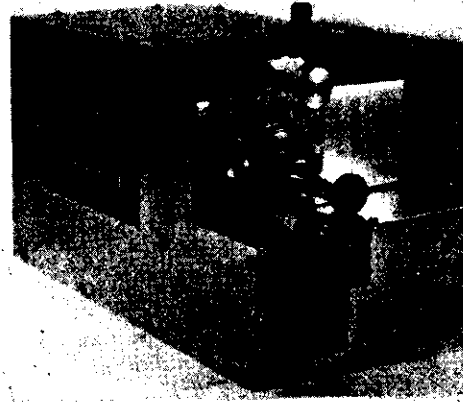
Ultrasonik kaynak sistemi özellikle içerisine su geçirmez bir şekilde yapılmış olmalıdır. Elektrik elektronik bağlantıları ve donanımları kendi gücüne uygun olarak imâl edilmiş olmalıdır. Bünyesinde kullanılan metal ve elemanları, alüminyum tel ve levhaları özel birleşimde yapılmalıdır. En çok nükleer ve benzeri alanlarda kullanıldığından herhangi bir hataya tahammülü yoktur. Böylece kullanılacak elemanların testleri daha önce yapılarak yerlerine montesi yapılmalıdır. Birleştirme sırasında gerekli, basınç bağlama ünitesi, kaynak zaman rolesi, kaynak frekansı ve gerekli kontaktör devreleri otomatik olarak devreye girer. Şekil : 71 de kaynağın yapılışı ve sistemi elemanları fotoğraf olarak görülmektedir. Kaynak alanına 3 - 5 gram kadar ağırlık gelmekle beraber nokta kaynağı için 0,005 ile 1,0 saniye arasında kaynak zamanına ihtiyaç vardır. Kaynakçı için beceri veya tecrübeye gerek yoktur. Yeterli teknik bilgi kaynak işlemi için geçerlidir. Şekil : 70 de operatör ve basit bir sistem görülmektedir.

Ultrasonik sistemin yararları :

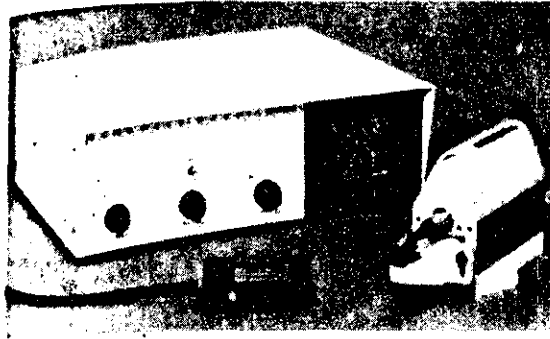
- 1 - Çok ince parçaların kaynağı için kullanılır.
- 2 - Kaynak kesiti yeterli kalınlıkta ve sağlamlıkta olur.
- 3 - Aynı veya ayrı cins metal ve alaşımlarında kullanılır.
- 4 - Yüksek sıcaklık ve fiziksel deformasyon olmaksızın kaynak yapılır.
- 5 - Kaynak alanı renk farkı olarak görünmez.
- 6 - Kaynak işlemi çok ekonomik olarak gerçekleşir.
- 7 - Tellerin, plakalara lehimlenmesinde rahatlıkla kullanılır. Bu işlem elektrik ve elektronik endüstrisi için çok önemlidir.
- 8 - Kaynak sırasında pasta, özel temizleme, sıcaklığa gerek yoktur. Transistör birleştirmelerde çok önemlidir.
- 9 - Kaynatılana gereçler, alüminyum ve alaşımları, altın, bakır, pirinç zirkonyum, platin, titanyum, niyobiyum, niyobyum, paslanmaz çelik, molibden, nikel ve benzeri tüm metallerdir.
- 10 - Kaynak sonrası herhangi bir temizleme ve benzeri işleme gerek yoktur.



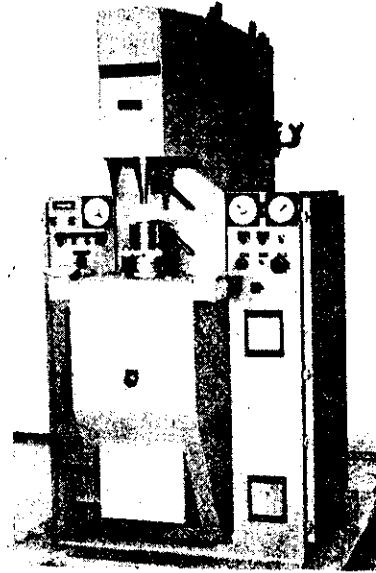
Ultrasonik nokta kaynak makinası.



Ultrasonik dikiş kaynağı makinası.



Masa tipi ultrasonik nokta kaynak makinası.



Büyük tip ultrasonik kaynak makinası.

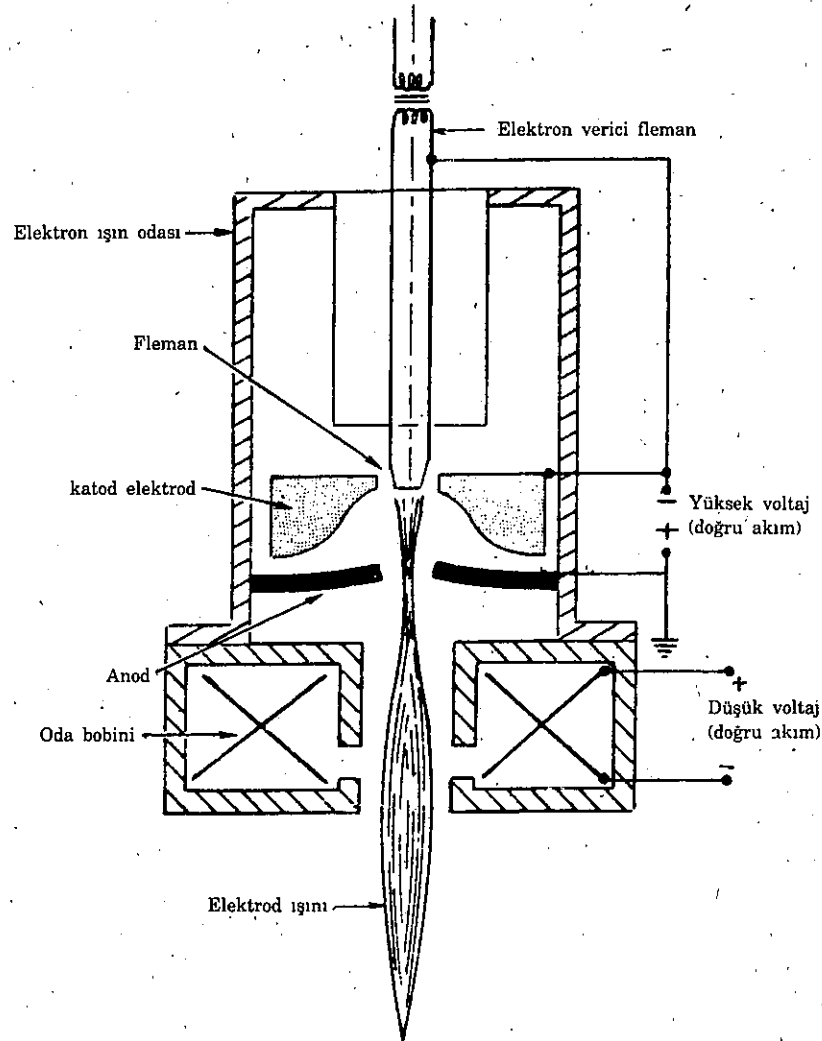
Şekil : 71 Yüksek frekanslı elektrik enerjisi ile, kalınlıkları 0,025 - 2,5 mm arasında değişen gereçlerin soğuk olarak kaynatılmasında kullanılan Ultrasonik makineler.

SORULAR :

- 1 - Ultrasonik kaynak nasıl bir kaynak yöntemidir, hangi özellikteki gereçlerin kaynağında kullanılır ?
- 2 - Ultrasonik kaynağın nasıl yapıldığını açıklayınız.
- 3 - Ultrasonik kaynak enerjisi nasıl elde edilmektedir ?
- 4 - Ultrasonik kaynakla birleştirilen gereçlerin, birleşme yerlerinde nasıl bir şekil değişikliği olmaktadır ?
- 5 - Ultrasonik kaynakla hangi gereçler kaynak yapılabilir ?
- 6 - Ultrasonik kaynakla hangi kalınlıktaki gereçler kaynak yapılabilir ?
- 7 - Ultrasonik kaynakla birleştirilecek parçaların konumları nasıl olmalıdır ?
- 8 - Ultrasonik kaynak elemanları nelerdir ?
- 9 - Atomlar veya moleküller arası çekim kuvvetleri (kohezyon, adezyon, atomik diffüzyon veya kısaca atomik bağ gibi) konusunda araştırma yaparak, ultrasonik kaynak işleminin bu kavramlarla olan ilgisini açıklayınız.
- 10 - "Kaynak, atomları karşılıklı çekme bölgesine getirerek gereçler arasında süreklilik sağlamaktadır." tanımından ne anlıyorsunuz, atomlar karşılıklı çekme bölgesine hangi yöntemlerle getirilir (ergime kaynak yöntemleri, basınç kaynağı yöntemleri açıklanacaktır) ?

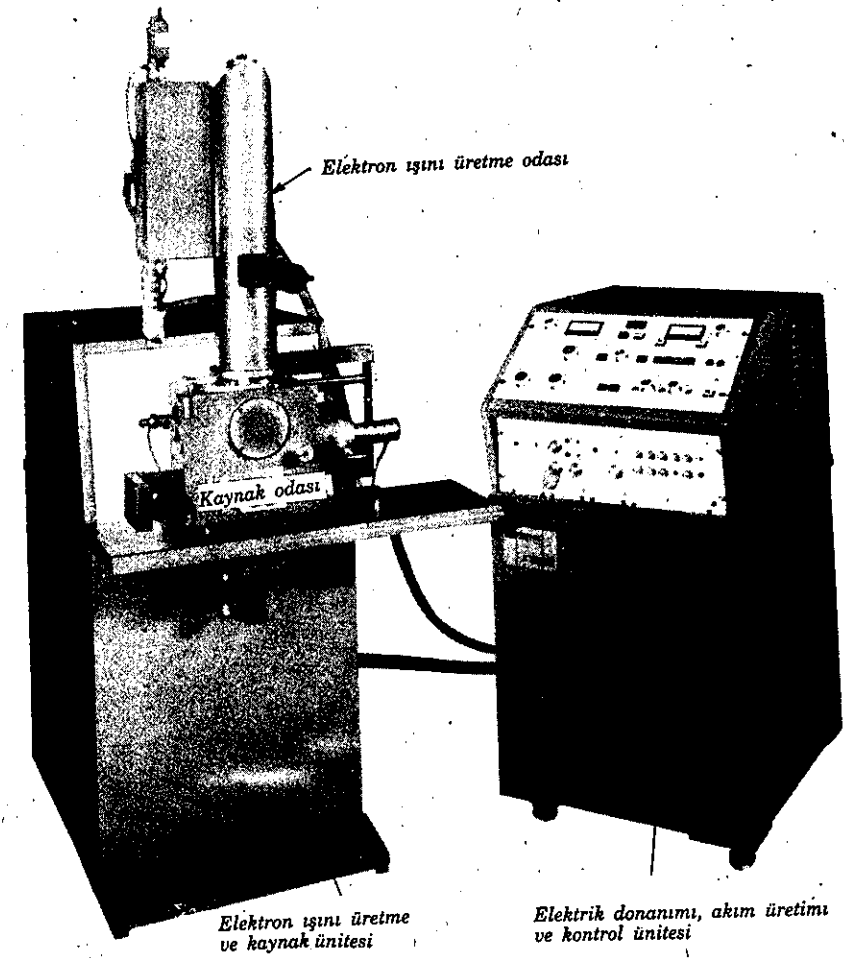
ELEKTRON IŞIN KAYNAĞI YÖNTEMİ

Elektronik ışın kaynağındaki ergitme enerjisi, yüksek hızdaki elektronların bir noktaya yönlendirilmesi ile elde edilir. Elektronlar, kazandıkları kinetik enerjiyi ısı enerjisine dönüştürerek kaynak için gerekli ısı enerjisi elde edilmiş olur. Elektron ışını oluşturarak elektron demetinin üretimi tungsten



Şekil : 72 Elektron ışınının elde edilmesi ve yönlendirilmesi.

veya benzeri elementlerden yapılmış bir flaman tarafından sağlanır. Bu flamanın elektron üretebilmesi için 2000°C de basınç altında ısıtılması gerekir. Bu olayı TİG kaynağıda da görmek mümkündür. Tungsten elektroda akım verilerek sistemin elektrik devresi tamamlandığında, düşük akımda, atom geçişleri mavi yeşil karışımı bir ışık kümesi oluşturur. Burada çok önemli olan bir konu, elektronların havadan etkilenmemesidir. Bunun için kaynak işlemi ve elektron demetinin yönlendirilmesi havadan arınmış bir basınç odasında yapılmaktadır. Şekil : 72 de elektron ışınının (demetinin) elde edilmesi ve yönlendirilmesi görülmektedir.



Şekil : 73 Elektron ışın kaynağı makinasının ana üniteleri.

Elektron ışın kaynağı makinası iki üniteden meydana gelmiştir. Bunlar;

1 - Elektron ışın üretme ve kaynak ünitesi,

2 - Elektrik donanımı, akım üretimi ve kontrol üniteleridir. Bu üniteler şekil : 73 de gösterilmiştir.

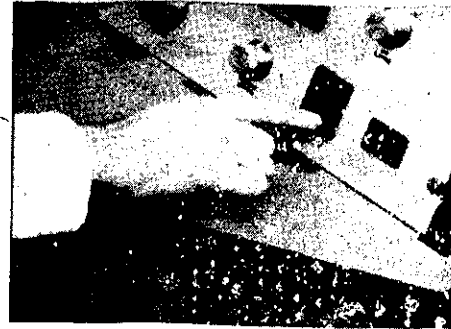
Parçalar, genel olarak dışarıdan kontrol sistemi ile ve el değmeden kapalı basınç odalarında kaynak edilmektedir. Böylece elektron ışınları hava basıncından korunmuş ve istenilen noktaya yönlendirilmeleri sağlanmış olur. Ayrıca, kaynak odasında ve kaynak alanında toz, duman ve benzeri maddelerin bulunmaması gereklidir. Kaynakçının, kaynak tekniği ve makinanın çalıştırılması hakkında yeterli bilgiye sahip olması zorunludur.

ELEKTRON KAYNAK MAKİNASI

Elektron ışın kaynağı makinasının ünite ve elamanları, laboratuvar düzenlemesi biçiminde hazırlanması ve her türlü toz, kir ve dumandan arınmış temiz bir odada bulunmaları çok uygun olur. Elektron kaynak makinasının beş önemli elamanı bulunmaktadır. Bunlar, 1 - Elektron üreten kısım (elektron tabancası), 2 - Basınç veya kaynak odası, 3 - Basınç düşürme sistemi, 4 - Elektrik kontrol sistemi, 5 - Kaynak akım üretici, dir.

1 - Elektron üreten kısım (elektron tabancası) :

Ürettiği elektron ışınlarına, kaynak edilecek parçaları eritebilme enerjisi kazandıran optik ve yansıtıcı elamanlarla donatılmış önemli bir kısımdır. Görevi, flamanıdan çıkan elektronlara belirli bir hız ve yön kazandırarak bunların kaynak alanına verilmesini sağlamaktır. Tabanca üzerinde, kaynağı kontrol etmek ve düzenlemek amacı ile konulmuş operatör tarafından kullanılan bir dürbün sistemi vardır. Elektron ışınlarının iş parçasına göre uzaklıkları 10 ile 75 mm arasında değişmektedir. Şekil :74 de elektron tabancası ve çalıştırılması görülmektedir.

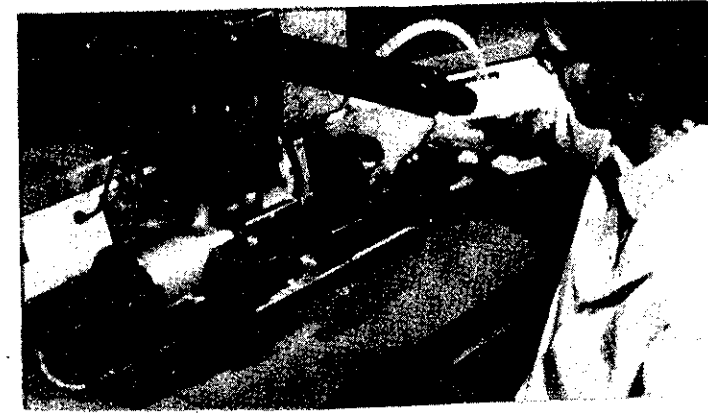


Şekil : 74

Elektron ışın tabancası ve çalıştırılması.

2 - Basınç veya kaynak odası :

Genellikle dikdörtgen biçiminde olan ve kaynağın rahat yapılmasına imkân veren kalın camlı percereleri bulunan bir odadır. Kaynatılacak iş parçaları bu odaya konulur. İş parçasının hareketi, kaynak edilecek yerin ışınların geldiği noktaya merkezlenmesi, dikey ve yatay olacak şekilde (L) kanallı bir kızak üzerinde elle veya elektrikli bir sistemle yapılır. Şekil : 75 de kaynak odası ve tabancası bir arada görülmektedir.



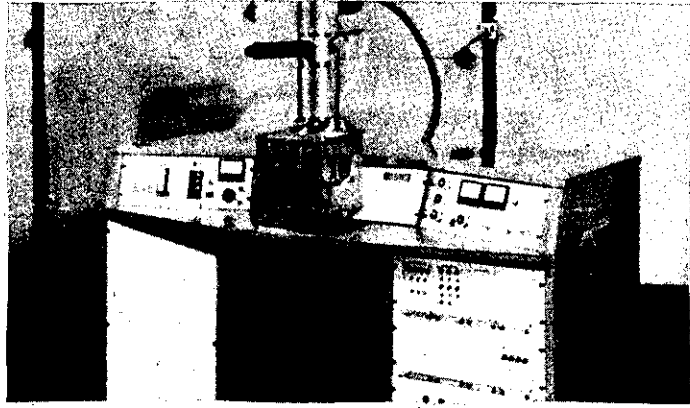
Şekil : 75 Kaynak basınç odası ve tabancası.

3 - Basınç düşürme sistemi :

Bu sisteme temizleme ve basınç ayarlama sistemi ile de diyebiliriz. Elektron ışınlarının birleşme alanına rahatlıkla yönlendirilebilmesi için kaynak odasının basıncının kısmen veya tamamen düşürülmesi, düşük basıncı gerektiğinde yükseltilmesi istenir. Aynı zamanda kaynak odasının temizlenmesi de gerekir. Bütün bu işlemlerin çok kısa bir zamanda yapılması zorunludur. Bu işleri yapacak makina üzerinde bir pompa (santrafuj tulumba) sistemi bulunmaktadır.

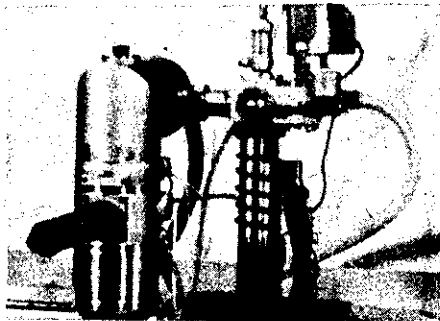
4 - Elektrik kontrol sistemi :

Bu sistemle, kaynak için gerekli ayar kontrolleri, optik akımı, flaman akımı, yüksek voltaj ayarlaması, işlem kontrolü, flamanın elektron üretebilir. Ayrıca, kaynağa başlama ve durdurma, elektron voltajı, amper ayarı kaynak odası basınç ayarlama ve temizlik için pompanın çalıştırılması bu sistem tarafından yapılmaktadır. Şekil : 76 da kaynak odası, elektron tabancası ve kontrol sistemi görülmektedir.



Şekil : 76
Kaynak odası, elektron tabancası
ve kaynak kontrol sistemi.

Sistemin gücü kaynatılacak parçalar ve makina kapasitesi ile yakından ilgilidir. Kontrol sistemi, kaynak işlemi sırasında otomatik olarak devreye girecek biçimde düzenlenmiştir. Şekil : 77 de elektron tabancasının yanına yerleştirilmiş pompa düzeni görülmektedir.



Şekil : 77
Elektron tabancası ve pompa düzeni

5 - Kaynak akım üretici :

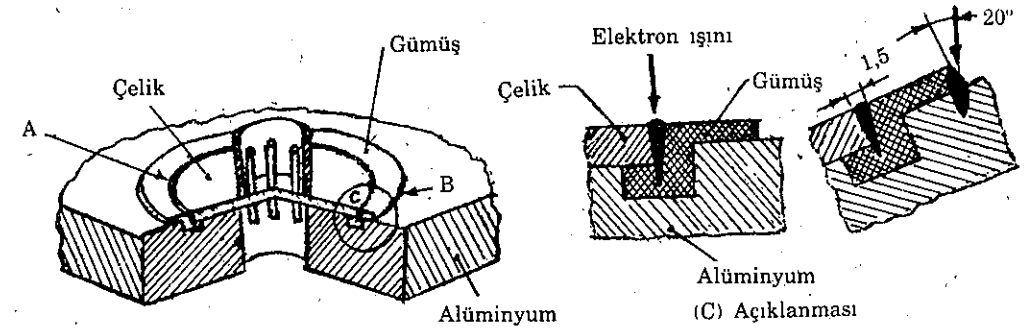
Akım üreticinin görevi, kaynak işlemi için gerekli olan elektron ışınının üretilmesini sağlamaktır. Elektron üretecek flamanın aktif hale gelmesi için 6 voltluk gerileme, elektron akışının gerçekleşebilmesi için de 150 kilovoltluk gerilime ihtiyaç vardır.

KAYNAĞIN YAPILIŞI

İş parçası kaynak konumunda basınç odasına yerleştirilir. Dürbünle işin merkezlenmesi kontrol edilerek ışın geçiş noktası belirlenir. Elle, tabanca ile iş arasındaki uzaklık ayarı yapılır ve kontrol edilir. Optik düzenlemeden sonra, işin kızak üzerinde universal bir şekilde hareketi kontrol edilir. Böylece elektron ışınları geçişinden sapma olmaması için ayarlama yapılma-

lıdır. Tam ayar, kontrol ve gerekli diğer düzenlemeler yapıldıktan sonra kaynak odasının (basınç odası) kapakları kapanmalıdır. Odada olması gerekli basınç pompa sistemi ile ayarlanmalıdır. Kaynak çizelgesinden veya diyagramından elektron ışın voltajı (gerilimi) ve akımı, flaman akımı ve optik sistem akımı kontrolü yapıldıktan sonra kaynağa başlanır.

Elektron ışın kaynağı ile, herhangi bir ergitme kaynağı ile kaynatılmsı güç olan gereçler kaynatılır. Bu kaynak yöntemi ile tungsten, molibden, kolombiyum, tantalyum, tutya, çok çabuk oksitlenen titanyum, berilyum ve zirkonyum gibi gereçler kaynak yapılabilir. Elektron ışın kaynağının diğer geniş bir kullanma alanı da özellikleri birbirinden farklı olan iki ve daha çok gereçler birbirine kaynatılabilmesidir. Örneğin, alüminyum, paslanmaz çelik ve bakır üst üste konularak elektron ışını ile kaynatılabilir. Şekil : 78 ve şekil : 79 da elektron ışın kaynağı uygulamaları görülmektedir.

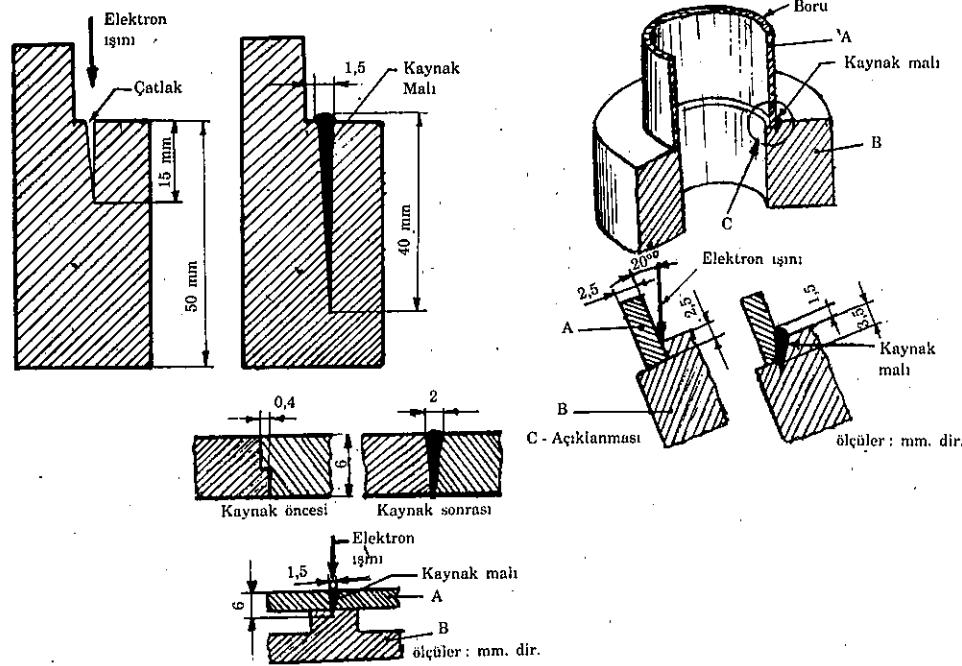


Şekil : 78
Ayrı özellikteki gereçlerin elektron ışını
ile kaynak yapılması.

Elektron ışın kaynağının yapılışında, kaynağa başlanması anında elektron ışın anahtarı devreye alınarak akım verilir. Elektron ışınının kaynak alanına girişi kontrol edilir. Nokta biçiminde olan bu elektron ışın demetinin kontrolü optik sistemle yapılır. Yine bu optik sistemle elektron ışını gerektiğinde gezdirilmek suretiyle kaynak işlemi yapılmış olur. Kaynatılan parçalar, kaynak sonrası kontrol işlemine tabi tutularak kaynak hakkında gerekli bilgi edinilir.

Kaynak işleminin yapılışı sırasında, elektron ışınlarının meydana getirdikleri radyasyondan kaynakçının ve kaynağın yapıldığı yere yakın bulunan şahısların zarar görmemesi için kaynak odalarının çevresi kurşun malzeme ile kaplanmıştır. Böylece kaynakçı (operatör) ve diğer şahıslar zararlı ışınlardan

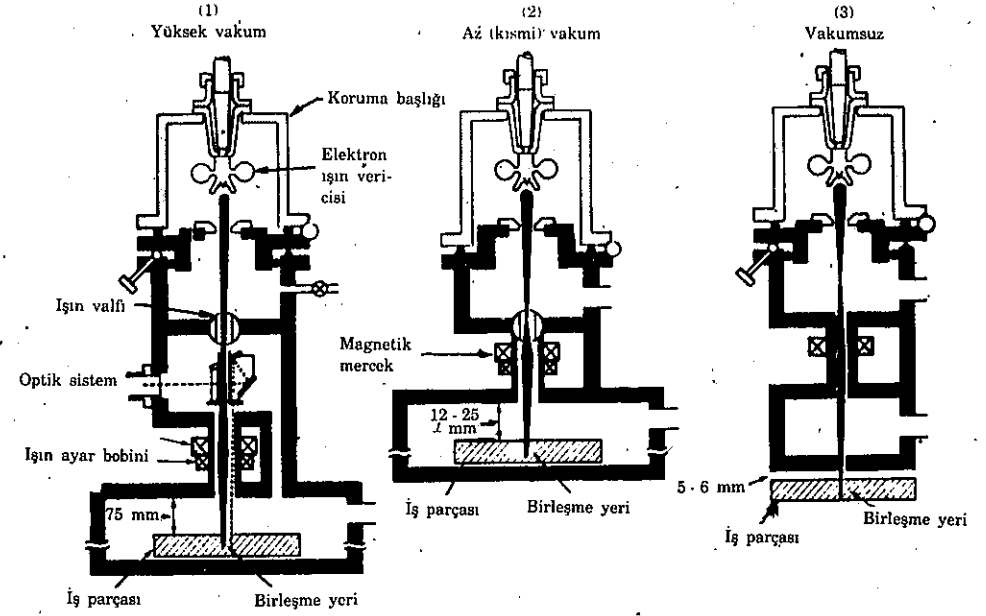
korunmuş olur. Şekil : 80 de basıncı yüksek oranda düşürülmüş (1), basıncı az veya kısmen düşürülmüş (2) ve (3) basınçsız (açıkta) yapılan elektron ışın kaynağı uygulamaları görülmektedir.



Şekil : 79 Elektron ışın kaynağı uygulamaları.

Elektron ışın kaynağının diğer kaynaklara göre üstünlükleri :

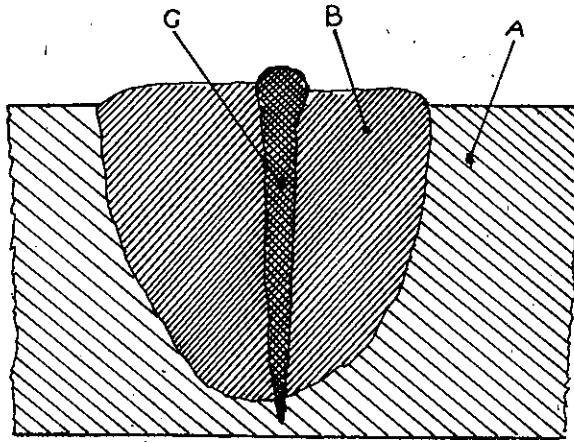
- 1 - Kaynak edilen parçada fiziksel ve metalurjik değişimler yok denecek kadar azdır.
- 2 - Kaynak işlemi yüksek hızda, daha dar alanda ve yüksek nüfuziyet elde edebilecek şekilde yapılmaktadır. Şekil : 81 de TİG ve elektron ışın kaynak yöntemleri ile elde edilmiş dikiş kesitleri görülmektedir. Bu şekil incelendiğinde elektron kaynağının üstünlüğü kolayca görülebilir.



Şekil : 80

Basıncı az veya yüksek oranda düşürülmüş kaynak odalarında ve basıncı düşürülmemiş (açıkça) kaynak odasında elektron ışın kaynağının yapılışı.

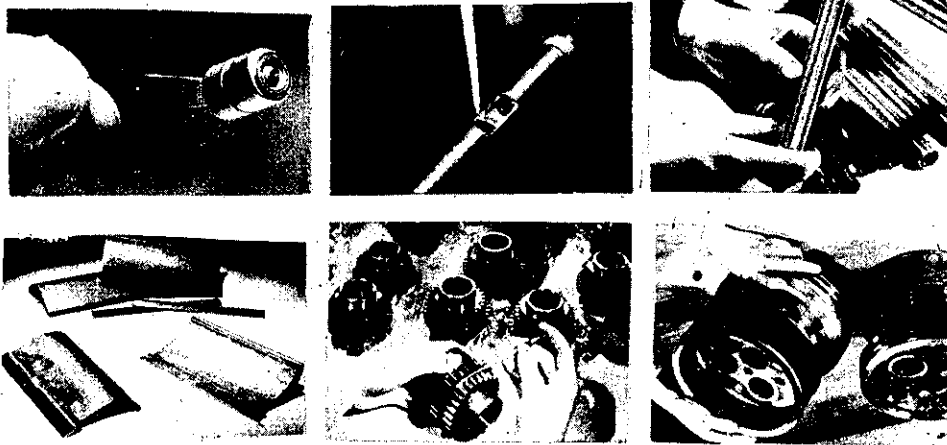
- 3 - Kaynağın yapılışı, fazla işçiliği gerektirmeden dışardan optik ve otomatik kumanda sistemleri ile çok yakından kolaylıkla kontrol edilebilmektedir.
- 4 - Birleşme alanı oldukça temiz ve yüksek kalitelidir. Ayrıca temizleme işçiliğine gerek görülmez.
- 5 - Kaynak edilen parçalarda kaynak çekmesi yok denecek kadar azdır.
- 6 - Özellikle birbirinden farklı olan gereçler üst üste konulmak suretiyle kaynak edilebilirler.
- 7 - Diğer kaynak yöntemleri ile kaynatılmaları çok zor yapılan hatta kaynatılamayan gereçler de elektron ışın kaynağı ile kaynak yapılabilir.
- 8 - Önemli ve pahalı parçalarda meydana gelen dar yerlerdeki çok küçük çatlaklar elektron ışın kaynağı ile kaynak yapılarak onarılabilmektedir.



A = Kaynak yapılan paslanmaz çelik.
B = TIG kaynak dikişi kesiti.
C = Elektron ışın kaynağı kesiti.

Şekil : 81

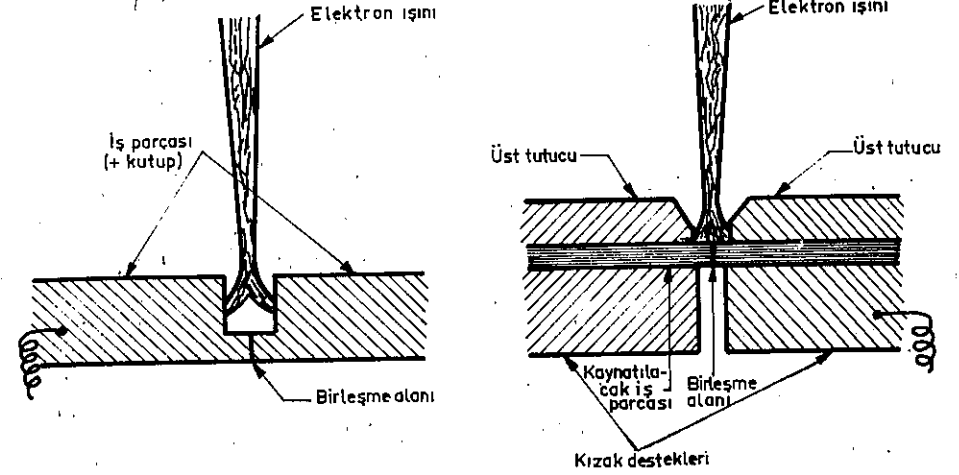
TIG ve elektron ışın kaynağı ile paslanmaz çelik malzemede dikiş kesitlerinin görünüşleri.



Şekil : 82 Elektron ışın kaynağı ile kaynatılmış iş parçaları.

Şekil : 82 de elektron ışın kaynağı ile kaynak yapılmış iş parçaları görülmektedir.

Çok ince parçalar, elektron ışın kaynağı ile kaynak yapılmadan önce sıkıştırma elemanları arasına konulmak suretiyle kaynak yapılabilirler. Şekil : 83 de olduğundan fazla büyütülerek gösterilmiş kalın ve ince parçaların elektron ışın kaynağı ile birleştirilmesi görülmektedir.



Kalın parçaların elektron ışını ile kaynatılmaları.

İnce parçaların elektron ışını ile kaynatılmaları.

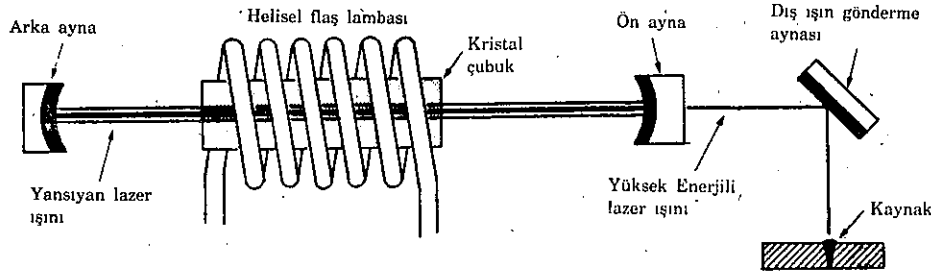
Şekil : 83 İnce ve kalın parçaların elektron ışını ile kaynak yapılması.

SORULAR :

- 1 - Elektron ışın kaynağı için gerekli olan kaynak enerjisi nasıl elde edilmektedir ?
- 2 - Elektron ışın kaynağı ana üniteleri nelerdir ?
- 3 - Elektron ışın kaynak makinası elemanları nelerdir ?
- 4 - Elektron ışın kaynağı neden kapalı bir odada yapılmaktadır ?
- 5 - Elektron üreten flamanın aktif hale gelmesi ve elektron üretebilmesi için ne kadarlık bir gerilime ihtiyaç vardır ?
- 6 - Elektron ışın kaynağının yapılışını açıklayınız.
- 7 - Hangi özellikteki gereçler elektron ışın kaynağı ile kaynatılabilmektedir ?
- 8 - Elektron ışın kaynağının üstünlüklerini açıklayınız.
- 9 - TIG kaynağı ile elektron ışın kaynağını kaynak kesiti büyüklüğü ve nüfuziyet bakımından karşılaştırarak aradaki farkı belirtiniz.
- 10 - Kaynak odasında yapılan kaynak işlemi nasıl kontrol edilmektedir ?

LAZER KAYNAK YÖNTEMİ

Lazer kaynağı, kızartılmış bir iğne uçlarının birleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Kaynak için zorunlu olan enerji optik bir sistemle, saç teli kalınlığındaki ışık demetinin kaynak alanına gönderilmesidir. Işık demetindeki enerji miktarı oksi-gaz kaynağının yaklaşık on katı kadardır. Lazer ışınlarının üretilmesi florasan veya televizyon ışık tüplerinin yöntemine benzemektedir. Bunlarda ışınlar rayoaktif yüklü kısa dalgadır. Lazerde ise bir optik kutu içerisinde 9-10 mm çapındaki Lazer kristalinin çevresinden basınçlı gaz, buhar veya benzeri enerji geçirilmek suretiyle kristalin etkilenmesini sağlamaktadır. Şekil: 84 de Lazer ışınlarının oluşumu görülmektedir.

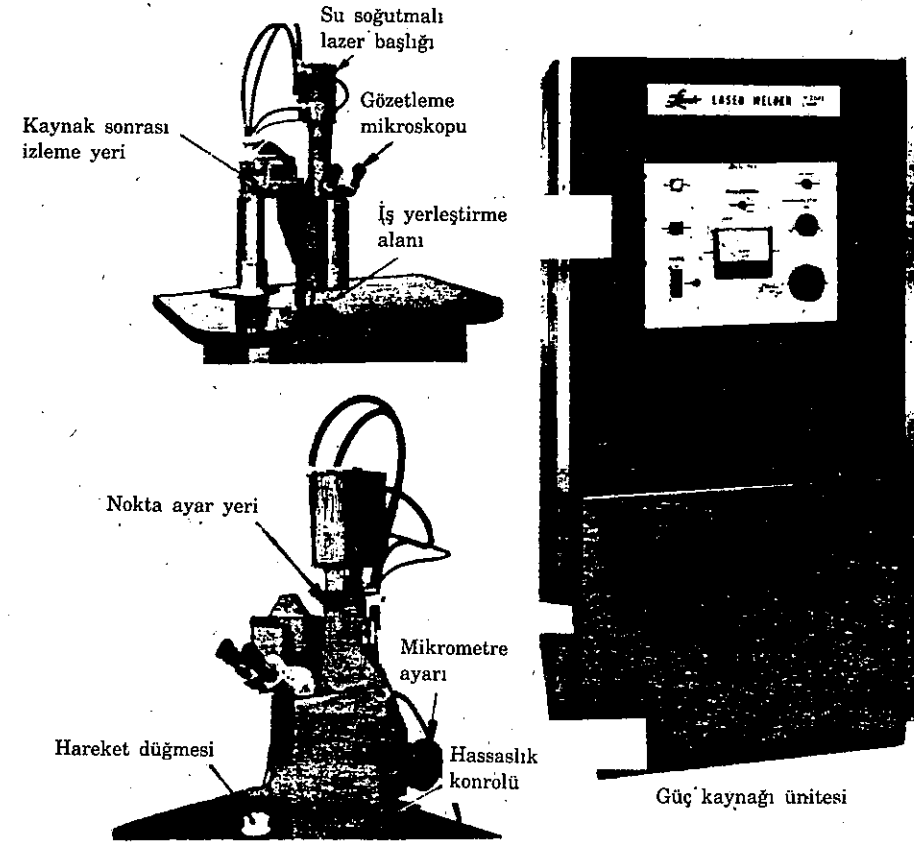


Şekil: 84 Lazer kristalinden ışın elde edilmesi.

Lazer (Laser) Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Radyoaktif ışınların çoğaltılarak düzenli hareket ettirme) kelimelerinin baş harflerinden meydana gelmiştir. Lazer kristalinin içerisinde % 5 ağırlık değerinde kromoksit bulunur. Krom oksit, kristalin yüklenmesi sırasında kızarıarak yeşil ışık oluşumuna neden olmaktadır. Yeşil ışıklar, krom oksit tarafından emilerek, kristaldeki atomların kısa sürede etkilenmesini sağlar. Yeşil ışıkların krom oksiti basınçlı bir iletişimle yüklemeleri sonucu Lazer ışınları yüksek enerji ile oluşarak optik sistemle yönetilerek kaynak alanına gönderilir.

Lazer ışınlarının üretilmesinde kristalin verdiği ışın özelliklerini sağlayan gazlarda kullanılabilir. Her iki halde de atomlar yeşil ışıkları emerek kendilerinin etkilenmesine neden olur. Bu olayı ampul içerisindeki tungsten flamanın kızarması ile ışık oluşturma şeklinde de yorumlanabilir. Lazerin kullanılmasına göre tek veya çift lambalı olarak yapılabildiği gibi kristalin içerisine krom oksit dışında, gerekirse alüminyum oksit de konmalıdır. Alüminyum oksit, reaksiyonu ve yeşil ışık oluşumunu daha da kolaylaştırmaktadır. Kristalin bulunduğu optik bloka lamba denir. Bu lamba florasan lambasına benzemektedir. Şekil: 85 de lazer kaynak üniteleri ile kontrol

sistemleri görülmektedir. Kullanılan gücün cm^2 ye gelen değeri $10^5 - 10^6$ watttır.



Şekil: 85 Lazer Kaynak Üniteleri

KAYNAK İŞLEMİNİN YAPILIŞI

Bu gücün kaynak alanına geçiş süresi ise 3 - 7 mili saniyedir. Böylece kalınlığı 0,635 mm olan alüminyum parçaların nokta kaynağı yapılabilir. Lazer ile aynı özellikte veya ayrı özellikte olan gereçler kaynak yapılabilir. Lazer kaynağı ile, genel olarak bakır, nikel, tantalyum, paslanmaz çelik, kuvars, alüminyum, tungsten, titanyum, kolombiyum, çelik, gümüş gibi gereçler kaynatılmaktadır. Birleştirme şekilleri ise, telin tele, sacın saca ve telin saca biçiminde olmaktadır. Lazerle, tellerde olduğu gibi alın kaynağı yanında bindirme, dikiş kaynağı da yapılabilir. 0,25 mm kalınlığındaki kuvars türü gereçlerin dikiş kaynağı yapılabilir. Yapılan kaynakların kalitesi, gerecin öz yapısına metalurjik ve mekanik bakımından uygundur.

LAZERİN KULLANILDIĞI YERLER

Lazer kaynağının kullanılmasını aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz.

- 1 - Kaynak alanındaki ısınmanın çok küçük olması istenen yerlerde, soğuma sırasında metalurjik yapısının değişikliğe uğramaması gereken gereçlerde.
- 2 - Kaynatılması çok zor olan gereçlerin birleştirilmesinde. Özellikle benzer olmayan metallerin kaynağında.
- 3 - Birleşme yerinde herhangi bir iz, bere ve deformasyon olmaması istenen yerlerde.
- 4 - Çok küçük (iğne ucu kadarlık) alanların nokta kaynağı gibi birleştirilmesinde.
- 5 - Kimya endüstrisinde ve benzeri alanlarda, tıpta, askeri araştırma ve üretimlerde, feza araştırma ve araçlarının yapımında.



Şekil: 86 Lazer kaynağı ile kaynatılmış bir paslanmaz çelik

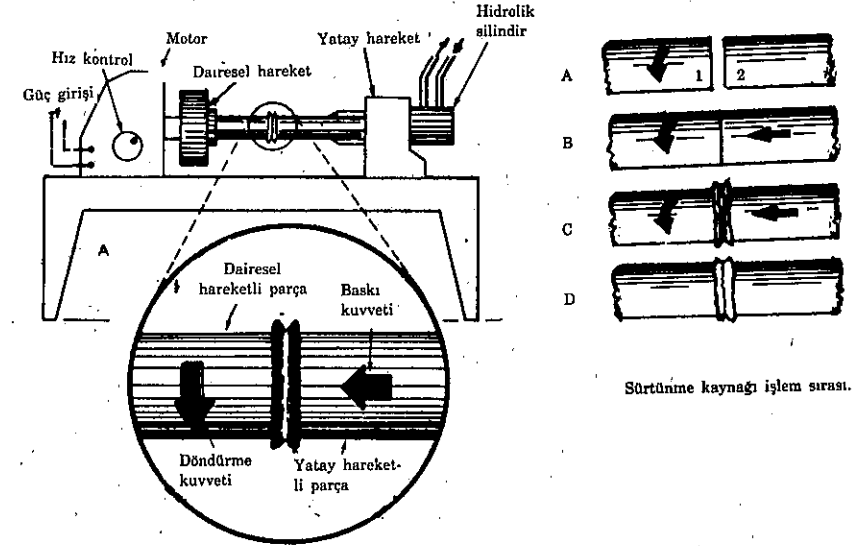
SORULAR :

- 1 - Lazer kaynak ışıını kaynak yerine nasıl ve ne ölçüde gönderilir?
- 2 - Lazer ışıını nasıl elde edilmektedir, çizerek açıklayınız.
- 3 - Oksi-gaz kaynağı enerjisi ile lazer kaynak enerjisi arasında nasıl bir ilgi bulunmaktadır?
- 4 - Lazer ışıının üretilmesinde kullanılan lazer kristalinin (lazer çubuğu) verdiği ışıılar, başka hangi maddelerce de sağlanabilir?
- 5 - Lazer kaynağı ile hangi gereçler kaynak yapılabilmektedir?
- 6 - Lazer kaynağı ile yapılan birleştirmenin kalitesi nasıldır?
- 7 - En az hangi kalınlıktaki alüminyum ve kuvars lazer kaynağı ile kaynatılabilmektedir?
- 8 - Lazer kaynağı yönteminin kullanılmasını özetleyiniz.

SÜRTÜNME KAYNAĞI YÖNTEMİ

Sürtünme kaynağı, kaynak edilecek parçaların birleşme yüzeyleri arasında, mekanik enerjinin sürtünme aracılığı ile ısı enerjisine çevrilmesi ve parçalara eksenleri doğrultusunda baskı kuvveti uygulanması sonucunda yapılmaktadır. Bu tanımlamaya göre, sürtünme kaynağında hem basınç uygulaması yapılmakta, hem de sıcaklık oluşturulmaktadır. Bunun için bu kaynak yöntemini sıcak basınç kaynağı yöntemlerinden biri olarak kabul etmek gerekir. Sürtünme kaynağı, alın direnç kaynaklarının yapılışına benzer şekilde ve torna tezgahının çalışma prensibine uygun olarak özel yapılmaktadır.

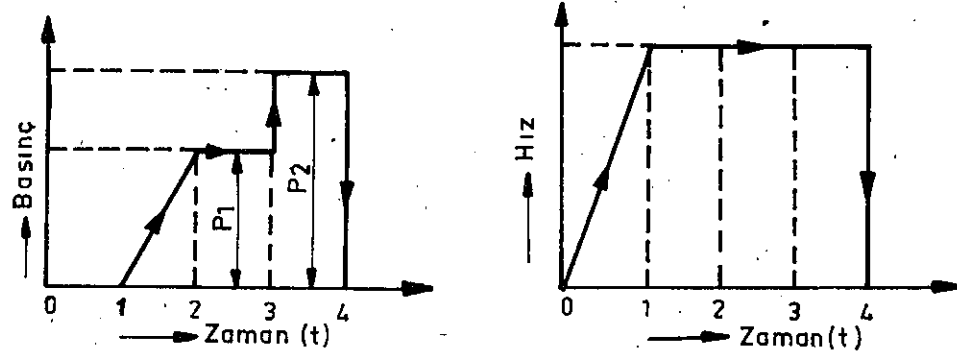
Kaynak edilecek parçalar, makinanın dairesel ve yatay hareket veren çenelerine bağlanır. Dairesel hareket veren aynaya bağlanmış parça yüksek bir hızla döndürülürken, ikinci parçanın yatay bir hareketle dönen parçaya dokunması ve iki parça arasında sürtünmenin meydana gelmesi sağlanır. Mekaniksel enerjinin sürtünmeyi, oluşturduğu bunun da kaynak ısı enerjisine dönüşerek sürtünen parçaların uç kısımlarının hamur kıvamında yumuşatıldığı bir anda, ani frenleme ile parçaların hareketi durdurulur. Parçalar eksenleri doğrultusunda bir baskı kuvveti ile birbirine yaklaştırılır. Bu durum birleşme yerinde katılaşma oluncaya kadar devam eder. Kaynak için gerekli basınç (baskı kuvveti) mekanik veya hidrolik sistemle yapılır. Şekil: 86 da sürtünme kaynak makinasının şeması, kaynağın uygulanması ve işlem sırası görülmektedir.



Sürtünme kaynağı işlem sırası.

Şekil: 86 Sürtünme kaynağının yapılışı ve kaynak işlem sırası.

Sürtünme kaynağı uygulamasında kuvvet, zaman ve hız değişkenliği her zaman mevcuttur. Kaynak sırasında kontakt (sürtünme) bir veya iki kademede olur. Uygulamada iki kademeli olarak verilen basınçla daha kaliteli kaynak yapılmaktadır. İlk kademe basınçla parça yüzeylerinin birbirine dokunması ısınmaları sağlanır. İkinci kademe basınçla ile frenleme (motorun durdurulması) yapılması ile birlikte parça yüzeylerinin birbirine daha da yaklaşması sağlanır. Şekil: 87 de sürtünme kaynağının yapılış sırasında basınç, zaman ve dönme hızı değişkenliği gösterilmiştir.



P_1 = 1. Kademe basıncı , P_2 = 2. Kademe basıncı

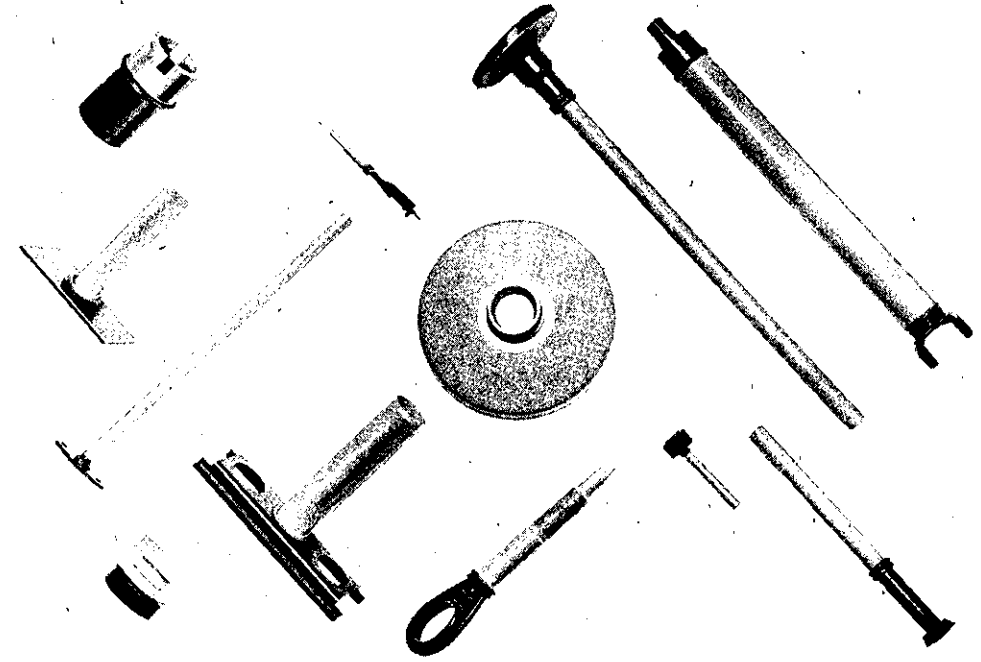
Şekil: 87 Sürtünme kaynağında basınç, zaman ve hız değişimi.

KULLANILDIĞI YERLER :

İlk olarak tellerin kaynağında kullanılan sürtünme kaynağı, daha sonra millerin, şaftların, matkapların, kavramaların ve benzeri takımların kaynağında kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise, sürtünme kaynağı ile birleştirilen iş parçası sayısı daha da artmıştır. Şekil : 88 de sürtünme kaynağı ile birleştirilmiş parçalar görülmektedir.

KAYNAĞIN YAPIM TEKNİĞİ

Sürtünme kaynağında, parçaların birbirine yaklaştırılması, şekil: 86 daki B ve C de görülen doğrultuda ve yeterli sıkıştırmayı sağlayacak şekilde olmalıdır. Parçaların birleşme yüzeylerine gelen basıncın değeri 454 kg/cm^2 ile 3780 kg/cm^2 arasında değişmektedir. Yapılacak basıncın miktarı kapasitesine bağlıdır. Şekil: 86 daki kaynak makinası, çok üniteli torna tezgahına benzemekle beraber, kaynak işleminin yapılış tekniğine göre bazı ünite ve elemanları farklıdır. Sürtünme kaynağı ile çapları 4 mm - 130 mm arasında

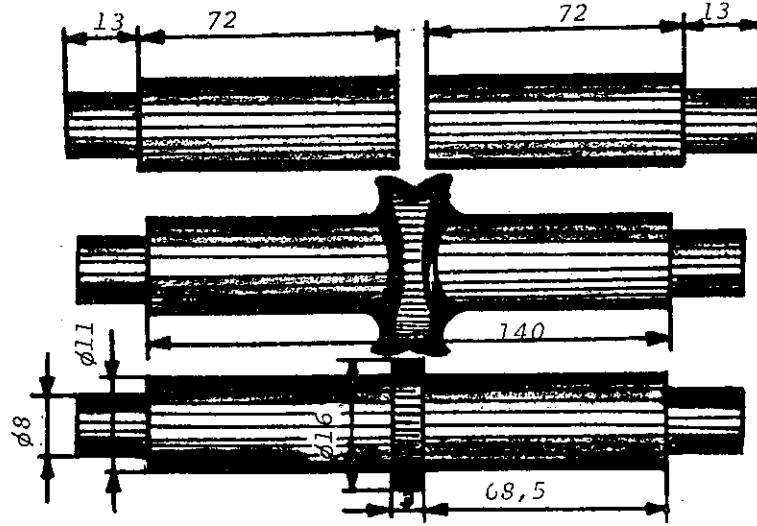


Şekil : 88 Sürtünme kaynağı ile kaynatılmış iş parçaları.

değişen silindirik parçalar kolaylıkla birleştirilebilmektedir. Kaynatılacak parçaların çap büyüklüklerine göre toplam kaynak zamanı 2 ile 30 saniye arasında değişmektedir. Bir sürtünme kaynak donanımında bulunması gereken üniteler şunlar olmalıdır:

- 1 - Torna tezgahı sisteminde çalışan, doğrusal ve dairesel hareket verebilen kaynak makinası,
- 2 - Yüzey ısıtması (ısı iletgenliği farklı olan veya fiziki büyüklükleri farklı olan gereçler için) ve kaynak basıncı sağlayan sistem,
- 3 - Belirli zaman aralıklarında gerekli frenlemeyi yapan sistem,
- 4 - Otomatik kontrol ve kumanda sistemleri.

Sürtünme kaynağı ile kaynatılacak gereçlerde ölçü durumu ve tolerans önemlidir. Çünkü, kaynatılan parçalarda önceki ölçülerine göre boylarında kısalma, birleşme yerlerinde ise çap büyümesi olmaktadır. Bu durum gözönünde bulundurularak kaynak yapılacak parçaların ölçüsü buna göre belirlenmelidir. Şekil: 89 da kaynatılan iki parçanın, kaynak öncesi ölçüleri ile kaynak sonrası ölçüleri görülmektedir.



Şekil: 89 Sürtünme kaynağı ile kaynatılan parçalarda ölçü değişimi.

Sürtünme kaynağı yapılan parçalar, kullanılma amaçlarına göre kaynak sonrası işlenerek son şekillerini alırlar. Şekil: 89 da görüldüğü gibi parçaların birleşme yerlerinde farklı çap (fatura) elde edilmesi isteniyorsa, parçaların ölçüsü, kaynak zamanı ve baskı kuvveti buna göre ayarlanmalıdır.

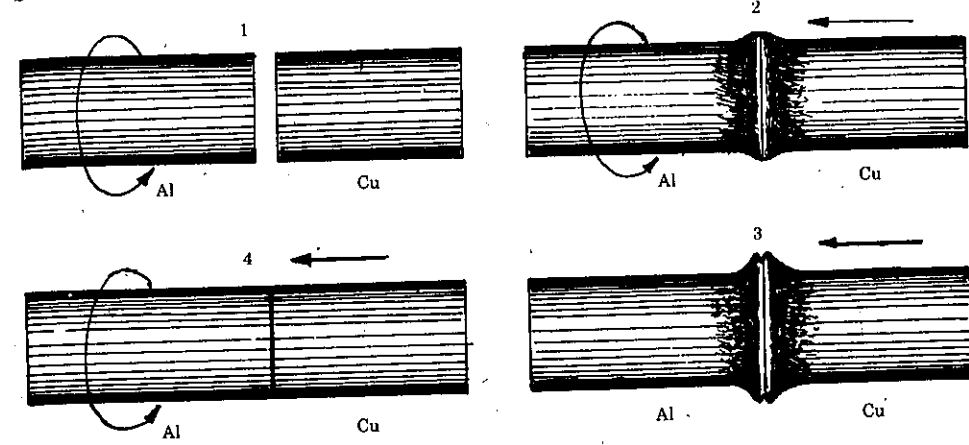
KAYNAĞI YAPILAN GEREÇLER

Sürtünme kaynağı ile birleştirilecek gereçlerin ikisinin veya birisinin dairesel kesitli olması gerekmektedir. Aynı özellikte veya farklı özellikte olan gereçler sürtünme kaynağı ile birbirine kaynak edilebilmektedir. Ancak aynı özellikteki gereçlerin sürtünme kaynağı daha kaliteli olduğundan tercih edilmelidir. Sürtünme kaynağı ile birbirine kaynak yapılabilen gereçler şunlardır:

- 1 - Bakırın, alüminyum ve alaşımlarına,
- 2 - Düşük karbonlu çeliklerin, alaşımlı çeliklere, paslanmaz çeliklere, alüminyum ve alaşımlarına,
- 3 - Pirincin, alüminyum ve alaşımlarına,
- 4 - Bronzun, alüminyum ve alaşımlarına,
- 5 - Bakırın, çeliğe,
- 6 - Pirincin, çeliğe,
- 7 - Titanyum ve titanyum alaşımlarının çeliğe,
- 8 - Titanyum ve titanyum alaşımlarının, alüminyum ve alaşımlarına,

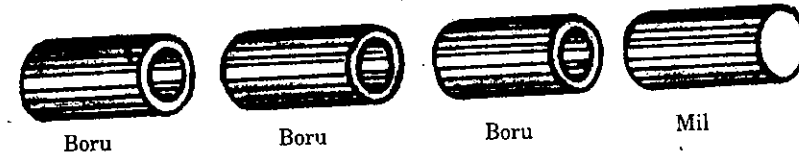
9 - Paslanmaz çeliğin, zirkonyum gibi metallere.

Sıralamada belirtilen metal ve alaşımlarının özellikleri birbirinden farklı olmasına rağmen, sürtünme kaynağı ile kolaylıkla birbirine kaynak yapılabilmektedirler. Şekil: 90 da bakır ve alüminyumun sürtünme kaynağı ile birbirine kaynatılması ve kaynaktaki işlem sırası görülmektedir.



Şekil: 90 Alüminyum ve bakırın sürtünme kaynağındaki işlem sırası.

Şekil: 91 de görüldüğü şekilde boru boruya, boru mil'e sürtünme kaynağı ile kaynak yapılabilmektedir.



Şekil: 91 borunun boruya, borunun mil'e sürtünme kaynağı ile kaynatılma konumları.

SÜRTÜNME KAYNAK MAKİNALARI

Sürtünme kaynağının yapımında kullanılan kaynak makinalarını yapılarına göre dörde ayırabiliriz. Bunlar;

- 1 - Merkezi eksenden basınç sistemli olanlar,
- 2 - Basınç kuvveti mekanik olarak elle uygulananlar,
- 3 - Kaynak sırasında daha fazla bekleme zamanı olanlar,

- 4 - Üç madde de belirtilen özellikleri taşıyan ve tam otomatik çalışan kaynak makinaları.

Şekil: 92 de çift hidrolik başlıklı ve 40 ton kapasiteli modern bir sürtünme kaynak makinasının, dairesel ve doğrusal (yatay) hareket yapabilen parçası bağlama çeneleri ile bunlara bağlanmış kaynatılacak parçaların konumları görülmektedir. Bu makinada, 600 ile 1900 devir/dakika dönm hızı, 68 kg/cm² lik birinci kademe basıncı (sürtünme basıncı), 136 kg/cm² lik ikinci kademe basıncı (kaynak basıncı) uygulanabilmektedir. Aynı makinada çapları 25 mm den 57 mm'ye kadar olan daire kesitli dolu parçalarla, çapları 82 mm'ye kadar olan borular kaynak yapılabilmektedir.



Motor

Dairesel hareketli iş parçası bağlama çenesi

Doğrusal hareketli iş parçası bağlama çenesi

Şekil: 92 Kırk ton kapasiteli modern bir sürtünme kaynak makinasının parça bağlama çeneleri ve bunlara bağlanmış iş parçaları.

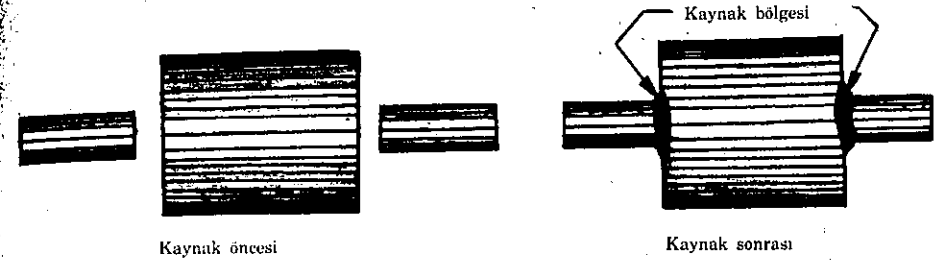
Sürtünme kaynağı yapacak kaynakçının bu konuda yeterli bilgi ve tecrübeye sahip olması gerekir. Kaynatılacak her parça için hız, basınç ve balans ayarı ile birlikte sürtünme yüzeyinin büyüklüğüne göre de bağlama aparatları seçilmelidir. Kaynak öncesi yapılması gerekli hazırlık çalışmalarını şöyle sıralayabiliriz:

- 1 - Kaynatılacak ana parça doğrusal hareketli çeneye bağlanmalıdır.
- 2 - Parçalar, birbirine kolayca yaklaşabilecek şekilde bağlanmalıdır.
- 3 - Kaynak alanı (birleşme yüzeyleri) bağlama çenelerinin dışında olmalıdır.

- 4 - Çalışma alanının mekaniksel işlemlere uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- 5 - Kaynatılacak parçalara uygun gerekli hız ayarı yapılmalıdır.
- 6 - Frenleme sistemi, otomatik basınç ayarı, yağlama sistemleri ve diğer güvenlikle ilgili kontroller yapılmalıdır.

KAYNAĞIN YAPIM SIRASI

Çok sayıda ve tam eksenleri doğrultusunda birleştirilmek istenen iş parçaları için sürtünme kaynağı tercih edilmelidir. Şekil: 93 de farklı çaptaki silindirik parçaların sürtünme kaynağı öncesi ve sürtünme kaynağı ile birleştirilmiş durumları görülmektedir.



Şekil: 93 Farklı çaptaki ve seri olarak yapılması istenen silindirik parçaların sürtünme kaynağı öncesi ve sonrası durumları.

KAYNAĞIN FAYDALARI

Sürtünme kaynağının diğer kaynak yöntemlerine göre yararlarını şöyle sıralayabiliriz:

- 1 - İşçilik değeri en az durumdadır.
- 2 - Parçalar çok kısa zamanda birleştirilebilmektedir.
- 3 - Aynı özellikteki gereçler kaynak yapılabilmektedir.
- 4 - Parçalar aynı eksen doğrultusunda tam olarak kaynatılır.
- 5 - Çenelere bağlanmış olarak kaynatılan ve bir süre kaynak sonrası bağlı olarak beklediği için parçalarda çarpılma veya şekil değiştirme durumu yok denecek kadar azdır.
- 6 - Birleşme yüzeylerinde % 100 oranında kaynama olmaktadır.
- 7 - Kaynak için yardımcı eleman (elektrod gibi), temizleme maddesi, koruyucu gaz, kaynak tozu ve benzeri herhangi bir eleman kullanmaya gerek yoktur.
- 8 - Çok küçük kesitli parçalar kaynak yapılabilir.

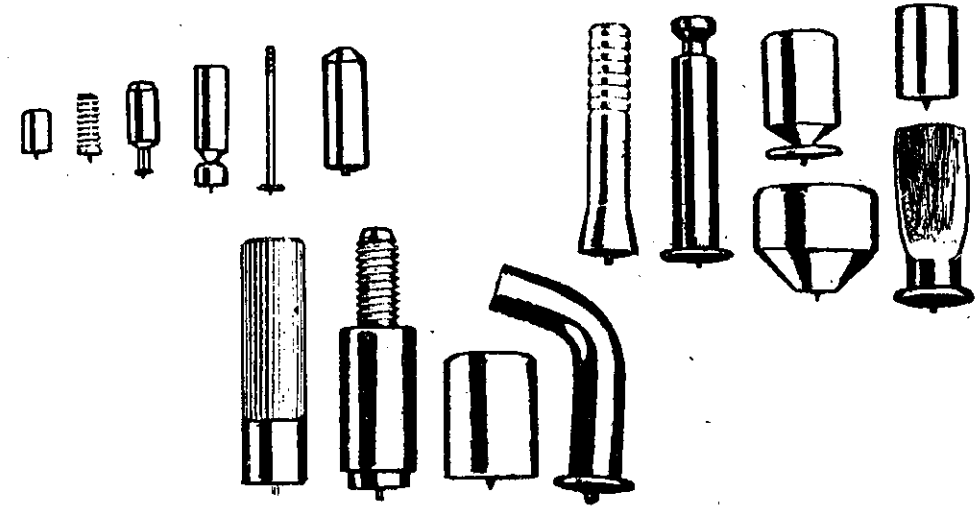
- 9 - Birleşme yüzeylerinde bulunan oksit ve diğer yabancı maddeler kaynak sırasında dışarı atılır.
- 10 - İşlem temiz olup, zorunlu bir durum yoksa ayrıca kaynak yeri temizliğine gerek yoktur.
- 11 - Sürtünme kaynağı ile kaynatılan parçaların kaynak maliyeti, aynı parçaların diğer bir kaynak yöntemi ile kaynak yapılması sonucu ortaya çıkan kaynak maliyetinden daha düşüktür.

SORULAR :

- 1 - Sürtünme kaynağı nasıl bir kaynak yöntemidir?
- 2 - Sürtünme kaynağı ile gereçlerin kaynak edilmesi nasıl gerçekleşmektedir, açıklayınız.
- 3 - Sürtünme kaynağında birinci ve ikinci kademe basıncından ne anlıyorsunuz, açıklayınız.
- 4 - Sürtünme kaynağı ile hangi elemanlar kaynak edilebilmektedir?
- 5 - Sürtünme kaynağı ile hangi gereçler kaynak yapılabilmektedir?
- 6 - Bir sürtünme kaynak donanımında nelerin bulunması gereklidir?
- 7 - Sürtünme kaynağında toplam kaynak zamanı ne kadardır?
- 8 - Sürtünme kaynağı ile kaynatılan parçalarda nasıl bir ölçü değişikliği olmaktadır?
- 9 - Sürtünme kaynağı ile kaynatılacak parçalarla ilgili olarak, kaynak öncesi nelerin yapılması gerekir?
- 10 - Sürtünme kaynak makinaları kaç türdür?
- 11 - Sürtünme kaynağının diğer kaynak yöntemlerine göre yararlı tarafları nelerdir, açıklayınız.

SAPLAMA KAYNAĞI YÖNTEMİ

Arkın metalleri ergitme özelliğinden yararlanarak uygulanan bir kaynak yöntemidir. Çeşitli metal ve alaşımlarından yapılmış saplamaların herhangi bir ara gereç kullanmaksızın kaynağının yapılmasına "saplama kaynağı" denir. Bu yöntemde saplama ucunda bulunan silindirik meme, aynı zamanda ark oluşturma görevini de yapmaktadır. Şekil: 94 de değişik ölçü ve biçimlerde saplama türleri görülmektedir.



Şekil: 94 Saplama Kaynağında Kullanılan Saplama Türleri

Saplama kaynağının uygulandığı gereçler genel olarak 3 - 18 mm arasındaki sac plakaların üzerine veya bloklara yapılır. Kaynak işlemi saniyenin 3 - 6 /100 kadarlık bir zamanda gerçekleşebilmektedir. İşlem sonrası birleşme alanında herhangi bir temizliğe gerek duyulmayacak kadar temiz olmaktadır. Kaynak alanındaki ısı oranı çok fazla olmadığından fiziksel biçim değiştirme (deformasyon) olmamaktadır. Böylece saplama kaynağı yapılan parçalarda herhangi bir değişiklik söz konusu olamaz. Saplama kaynağı diğer ark kaynakları gibi aynı temele dayanılarak yapılır. İşlemin yapılmasında iki temel koşul vardır.

- 1 - Kaynatılacak parçalar (saplama ile karşılığı) arasında ark yardımı ile kaynatma sıcaklığını oluşturmak.
- 2 - Ergime sıcaklığı meydana geldiğinde parçaları yeterli basınçla birbirine yaklaştırmak.

KAYNATILAN GEREÇLER :

Bileşimlerinde % 0.12 C, % 0.80 Mn, % 0.05 S bulunan çelikler, alüminyum ve alaşımları, paslanmaz çelikler, bakır ve alaşımları ile çinko ve benzeri metallerin saplama kaynağı yapılması rahatlıkla sağlanabilir. Yüksek karbonlu çeliklerin bu yöntemle kaynatılması çok zordur. Çünkü, kaynak işlemi korumasız olarak açık ark ile yapılmaktadır.

Bu nedenle, kaynak alanında kolaylıkla sementit (demir karbür) kristalleri ($3Fe + C \rightarrow 3FeC$) oluşur. Buna, korumasız durumdaki kaynak alanının hızlı soğuması yol açmaktadır. Bu durum da, birleştirme yeri çok sert ve kırılğan olmakla beraber çatlamlar meydana gelir. Çizelge: 15 de değişik metal ve alaşımlarının saplama kaynağı ile birbirine kaynak olabilmeye dereceleri gösterilmiştir.

ÇİZELGE : 15 SAPLAMA KAYNAĞI YAPILABİLEN GEREÇLER

ESAS MALZEME	Birleştirme elemanının yapıldığı malzeme			
	Yumuşak çelik	Paslanmaz çelik 18/8	Saf Alüminyum ve % 3,5 Mg	Prinç 65/35-70/30
Yumuşak çelik en fazla %0,3 C	Çok iyi	Çok iyi	-	Çok iyi
Orta karbonlu çelik en fazla %0,30-0,55 C	Orta	Orta	-	Orta
Galvanize edilmiş orta karbonlu saclar	Çok iyi	Çok iyi	-	-
Yeni Çelisi	Çok iyi	Çok iyi	-	Çok iyi
Paslanmaz Çelik (Austenitik)	Çok iyi	Çok iyi	-	Çok iyi
Prinç, Elektrolit bakır, Had-delenmiş bakır.	Orta	Orta	-	Çok iyi
Sert Alüminyum alaşımları	-	-	Çok iyi	-
Yumuşak Alüminyum alaşımları	-	-	Orta	-
Çinko Alaşımları	Orta	Orta	Çok iyi	Orta

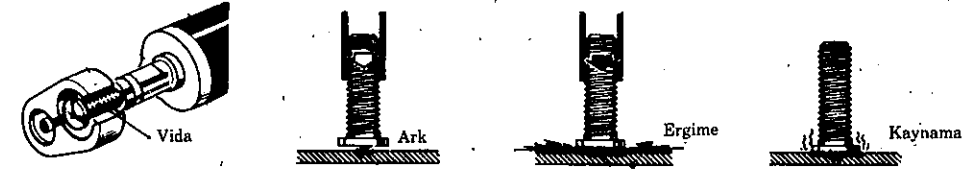
KAYNAĞIN YAPILIŞI

Saplama kaynağı ile birleştirilecek parçalar, her türlü artıklardan ve kaynağa zarar verecek (oksit, yağ, boya ve benzeri) gibi maddelerden temizlenmiş olmalıdır. Temizlik işlemleri tamamlandıktan sonra, kaynak yerine konulacak saplamanın merkezleme kontrolü yapılmalıdır. Özellikleri, saplama kaynağı yapılmaya uygun olarak seçilen gereçler dört temel uygulama ile birbirine kaynak yapılabilirler:

- 1 - Kaynatılacak parçanın (saplamanın) başlığa bağlanması.
- 2 - Kumanda sistemi ile ark oluşturma.
- 3 - Arkın yayılması ve parçalarda karşılıklı erimesinin meydana gelişi.

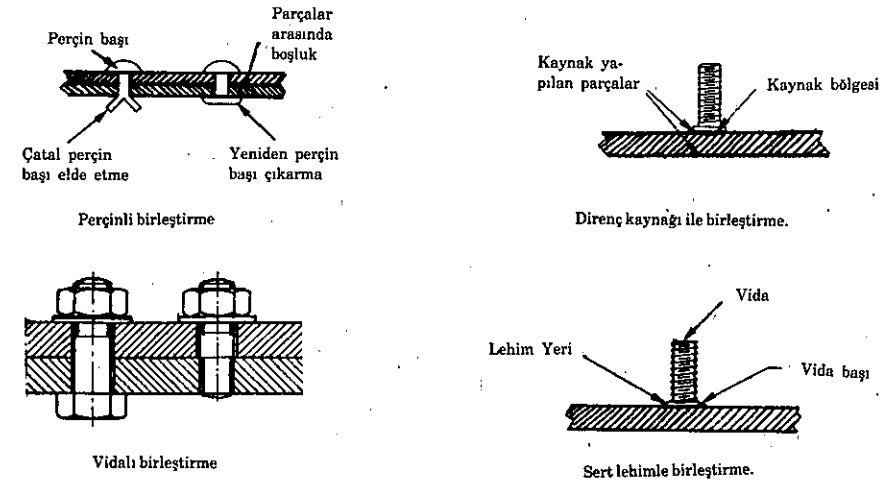
4 - Saplama durumundaki parçanın yüzeye basınçla yaklaştırılması ve böylece kaynak işleminin tamamlanması.

Saplama kaynağı ile birleştirilecek parçaların büyüklük durumuna göre kaynak tabancasına bağlanacak parçanın uç kısmında silindirik bir memenin oluşturulması yararlı olur. Bununla merkezleme, ark oluşturma ve parça gömülmesi sağlanır. Şekil: 95 de kaynağın yapılışı görülmektedir.



Şekil: 95 Saplama kaynağının yapılışı.

Saplama kaynağı genel olarak diş açılması problem olan ve birçok zorlukları bulunan yüzeylere civata bağlanması için uygulanan bir işlem türüdür. Bugün endüstride çelik köprü yapımında, gemi inşa tekniğinde, motor bloklarında, orta kalınlıktaki ve plâta saclarda ve perçinli civatalı birleştirmelerin sorun olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Bazı sertlehimin kullanılması sakıncalı olan birleştirmelerde de saplama kaynağının uygulanması yapılmaktadır. Aşağıdaki şekillerde bazı birleştirme karşılaştırmaları yapılmaktadır. Bu birleştirmelerin yapıları zaman, işçilik, araç gereç, diğer durumlar bakımından incelendiğinde, saplama kaynağının bunlara göre üstünlüğü kolayca anlaşılabilir.



Şekil : 96 çeşitli birleştirmelerin saplama kaynağı ile karşılaştırılması

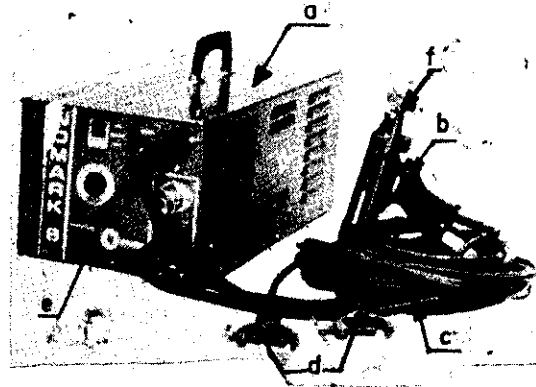
SAPLAMA KAYNAĞI ELAMANLARI

Saplama kaynağı diğer kaynak türlerine göre bazı değişik parçalara sahiptir. Buda kaynağın kendi özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bir saplama kaynağında aşağıdaki elamanların bulunması gerekir ;

- 1 - Kaynak akımını sağlayan bir üreteç,
- 2 - Yay veya hava basınçlı pens (torç)
- 3 - Pens ve toprak kabloları,
- 4 - Bağlama mengeneleri (işkenceleri)

1 - Kaynak akım üretici ; Genellikle redresör ve jenaratör türü kaynak makinası olup 110, 220, 380 Volt ile çalışmaktadırlar. Kaynak işleminin yapılması için gerekli kontrollarda kullanılması için ön kısımda bir kumanda paneli bulunmaktadır. Şekil : 97 de görülen kaynak makinasında 'a' kaynak makinasının kendisini, 'e' ise ön kumanda panelini göstermektedir.

2 - Saplama kaynağında son işlemin uygulanması pens veya torç ile yapılmaktadır. Saplama, kaynak alanına bir baskı aracı ile gönderilmektedir. Pensteki baskıyı sağlayan araç yay veya havadır. Küçük çaplı saplamalarda yay basıncı, büyük çaplı saplamalarda hava basıncı kullanılır. Şekil : 97 de 'b' ve 'f' kaynak pensidir. Kaynak pensinin kendisi 'b' olup 'f' ise merkezleme elamanıdır.

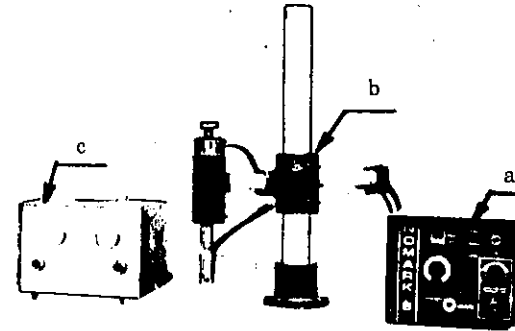


- a : Kaynak makinası
b : Saplama kaynak tabancası (pensi)
c : Kaynak ve topraklama kabloları
d : Bağlama işkencesi veya elamanları
e : Kumanda panosu

Şekil : 97 Elle çalışan küçük kapasiteli Saplama kaynağı ve elamanları

3 - Kaynak akımlarının pense ve toprak bağlantısına iletilmesini yapan kablolardır. Bu kablolar normal kaynak kabloları kesit ve biçimde olup bazan çift çıkışlıdır. Gereği halinde hava ileten hortum da bu kablolar ile pense kadar gitmektedir. Kabloların yıpranmaması ve çabuk bozulmaması için esnek bükülebilir biçimde olması gereklidir. Şekil : 97 de 'c' ile işaretli olan iletim kablolarıdır.

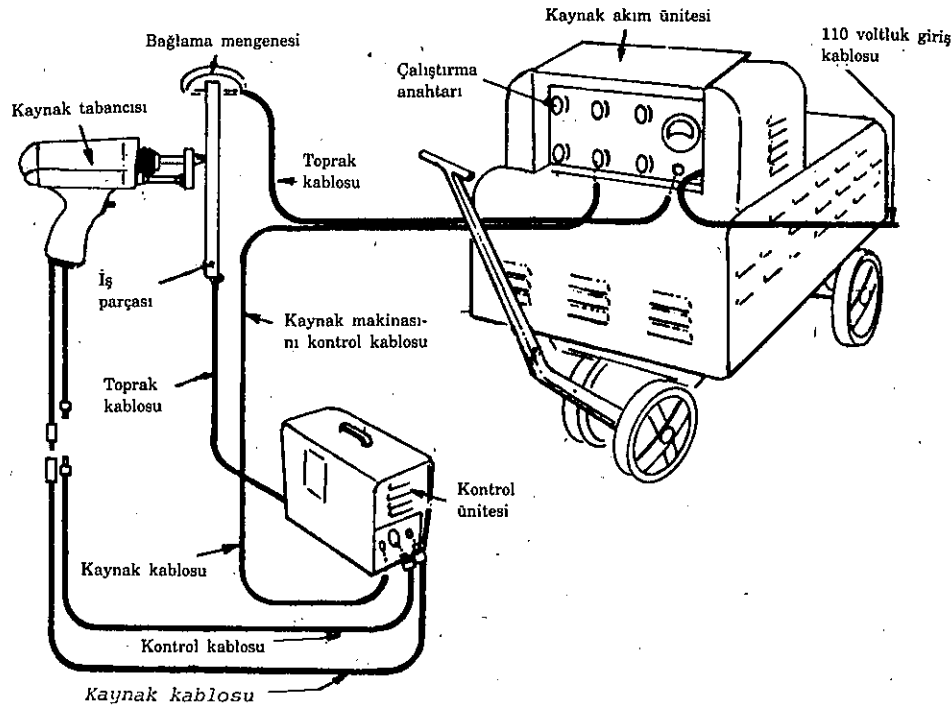
4 - Toprak, akım iletilmesinin tam olarak kaynatılan parçaya geçmesini sağlamak için kablo uçları bir işkençeye bağlanmıştır. Bu işkençeler arada herhangi bir temassızlığa meydan vermemeyi gerçekleştirmek amacı ile parçaya sıkı olarak vida ile bağlanmıştır. Şekil : 97 de 'd' ile işaretli olarak görülen parçalar bu işkencelerdir. Bu makina ve donanımları ile 8 mm ye kadar olan saplamaların kaynağı yapılmaktadır. Böylece bu makinadaki penste baskıyı yay yapmaktadır. Daha yukarı çaptaki saplamaların kaynağında şekil : 98 de görülen hava basınçlı çalışan kaynak makinası kullanılmaktadır. Bu sistem ile daha öncekini karşılaştıracak olursak, bunda üniteler bir sütun üzerine monte edilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, 'a' kaynak makinası (akım üretici), 'b' kaynak pensini (torçunu), hava hortumunu taşıyan sütun, 'c' kaynak akımını, hava basıncını ayarlayan ve kontrol eden kompitür sistem. Kaynak pensine 7 - 8 kg/cm² basıncındaki hava bir kompresör tarafından gönderilir. Bu basınçla kaynak pensinin dik üniversal hareketi 0.1 mm ilerleyecek şekilde ayarlanabilir. Punematik sistemin ünitelerin çalışmasındaki yararı çok önemlidir. Pensin hareketi ve saplamanın gerece basınçlı olarak yaklaşması, hava basıncı ile gerçekleştirilmektedir. Saplama kaynağını yapmak için özel bir beceriye gerek yoktur. Birazcık uygulama tecrübesi, bu konuda gerekli teknik bilgiye sahip olma durumu kaynağı yapmak için yeterlidir. Ancak, her makina için hazırlanmış olan katalogların çok iyi okunup değerlerin uygulamasına dikkat edilmelidir.



- a = Kaynak akımı üreten makina.
b = Kaynak tabancasını taşıyan sütun.
c = Kaynak kontrol ünitesi.

Şekil : 98 Hava basınçlı saplama kaynağı makinası.

Hava basınçlı, kaynak tabancası dikey hareket eden saplama kaynak makinaları olduğu gibi, kaynak tabancası elle kullanılan saplama kaynak donanımları da bulunmaktadır. Bunlar daha çok küçük çaplı elamanların saplama kaynağı için tercih edilmektedir. Şekil : 99 da elle çalışan saplama kaynak üniteleri ve kaynağın yapılışı görülmektedir.

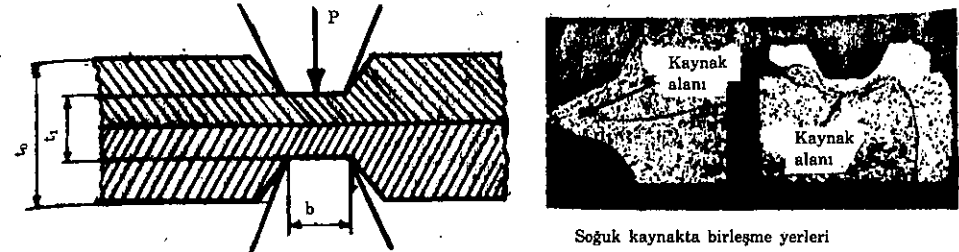


Şekil : 99 Elle çalışan saplama kaynağı ve kaynağın yapılışı.

SOĞUK (HADDE) KAYNAK

Soğuk kaynak, metallerin yalnızca basınç altında birleştirilmesidir. Kaynak alanında herhangi bir ergime ortamı söz konusu değildir. Böylece kaynak işlemi için herhangi bir ısı vermek gereği yoktur. İşlemin yapılması oda sıcaklığında yapılmaktadır. Bunun için bu kaynağa soğuk (hadde) veya katı durum kaynağı da denilmektedir.

Kaynatılacak gereçlerin yüzeyleri arasındaki metalurjik geçiş bir plâstik oluşum biçimindedir. Kaynak işlemi için parçaların yüzeyleri birbirine üzerine gelmiş (bindirme şeklinde) veya bitişik olarak temas etmiş olmalıdır. Özellikle bindirme şeklinde olan yüzeylerdeki kaynağın mekaniksel dayanımı diğerine göre daha sağlamdır. Bu birleştirmede bazı hallerde gerecin kendi öz dayanımına yakın dayanıklılık elde edildiği parçaların durumuna göre tesbit edilmektedir. Soğuk kaynağın yapılış şekli ise şekil : 100 de görülmektedir. Şekilde iki parçanın kaynak öncesi kalınlıkları toplamı, t_1 kaynak yerinin işlem sonrası kalınlığı, P uygulanan baskı kuvvetinin yeri ve yönü, b baskı yapan takımın genişliği.



Şekil : 100 Soğuk Kaynağın Yapılış Şeması

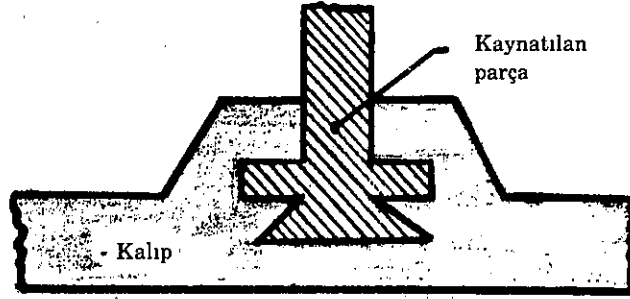
Soğuk kaynak yapılan gereçler genellikle aynı özellikte olmayan malzemelerdir. Bunlar ; çelik ve türler, bakır ve alaşımları, kurşun, nikel, platin, alüminyum ve alaşımları, kadminyum, platin ve altındır. Bu metaller kendileri ile kaynak yapıldığı gibi diğerleri ile de birleşik meydana getirirler. Özellikle elektrik ve elektronik endüstrisinde kullanılan bakır ve alaşımları ile alüminyumların birçoğu bu yöntem ile birleştirilirler. Kaynak işlemi sonrası, alüminyumlu kaynaklara ısı işlem uygulanırsa homojen bir doku elde edilebilir. Döküm ve döküm özelliği taşıyan gereçlerin soğuk kaynak yapılma yetenekleri yoktur. Çünkü, bu gibi gereçler plastik biçimlendirmeye elverişli değildir.

Soğuk kaynağın yapılması sırasında, birleştirme alanına, büyük bir baskı kuvvetinin iletilmesi zorunludur. Bu nedenle yüzey hazırlığı yapılarak kaynak alanında düzgün bir temas elde edilmelidir. Kaynak yerindeki temasın çok iyi olması yanında, birleşme sağlamlığı bakımından, yüzeylerde yağ, boya gibi kaynak işlemine zararlı maddelerin bulunmaması gereklidir. Kaynak sırasında mümkünse yüzeylere el dahi değmemelidir. Yüzeylerde yapılması gereken temizliklerde kimyasal yöntem kullanılmamalıdır.

Kaynak sırasında gerekli olan basıncın etki edeceği yüzeylerin durumları ise ; bindirme, bitişik yanaşma, çökertme şeklinde veya üst üste bükülerek alıştırılmış olmalıdır. Bükme birleştirmelerde, basınç dönme hareketi ile statik yükleme yapılmaktadır. Basıncın iletilmesi elle veya pnemantik (hava basıncı) aletlerle kaynak alanına yapılmalıdır. Elle verilecek basınçlar genel olarak hafif ve yumuşak metaller için daha uygundur. Kaynak dikişi ise ; ince dar, dairesel veya normal şekilde olmalıdır. Dairesel biçiminde yapılan kaynaklar dom (yarım küre) şeklindeki işler için kullanılır. Birleştirme alanına gelen basıncın değeri $14300 \text{ Kg/Cm}^2 - 28500 \text{ Kg/Cm}^2$ arasında değişmektedir. Bu basınç genellikle alüminyumlar için örnek olarak alınmış olup gerecin kalınlığına bağlı olmaktadır. Bakır ve alaşımlarının birleştirilmesinde bu basıncın iki veya dört katı fazlasına ihtiyaç vardır.

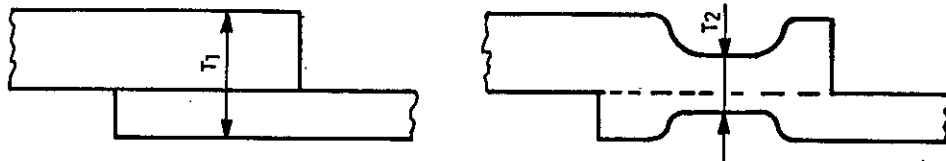
Soğuk kaynak işlemlerinin seri şekilde yapılması halinde, özel birleştirme

kalıplarının yapılması gereklidir. Şekil : 101 de özel kaynatma kalıbı görülmektedir.



Şekil : 101 Özel Soğuk Kaynak Kalıbı

Soğuk kaynağın metalurjik yapısı, ısı işleminin yapılmadığı taktirde istenilen düzeyde değildir. Mekaniksel özellikleri de kaynak alanının çok iyi birleşme verdiği yerlerde normal olup, diğer alanlarda zayıf denecek kadar azdır. Soğuk kaynaklarda fazla bir mekaniksel dayanım (çekme, bükme ve kopma gibi) beklemek doğru olmaz. Birleşme konumunun ayarlanması gerecin özelliklerine göre değişmektedir. Bu tür kaynaklarda geniş hacimli parçaların birleştirilmesi düşünülemez. Daha önce de anlatıldığı gibi elektrik ve elektronik sanayiide kullanılan elamanlardır. Kaynakta aranılan özellik kaynatılan parçaların kalınlıklarının yarısının birleşme içersinde kalmasıdır. Bazı durumlarda tam sağlamlık sağlamak için basınç sırasında oluşan çok küçük sıcaklığın işlem sonrası soğumasını beklemekle elde etmek mümkündür. Kaynak sırasındaki kesit daralmasının yüzde olarak değeri $\% 1 = T_1 - T_2 : T_1 \times 100$ kadardır. Şekil : 102 de kaynak öncesi parça kalınlığı ile işlem sonrası kalınlıklar görülmektedir.

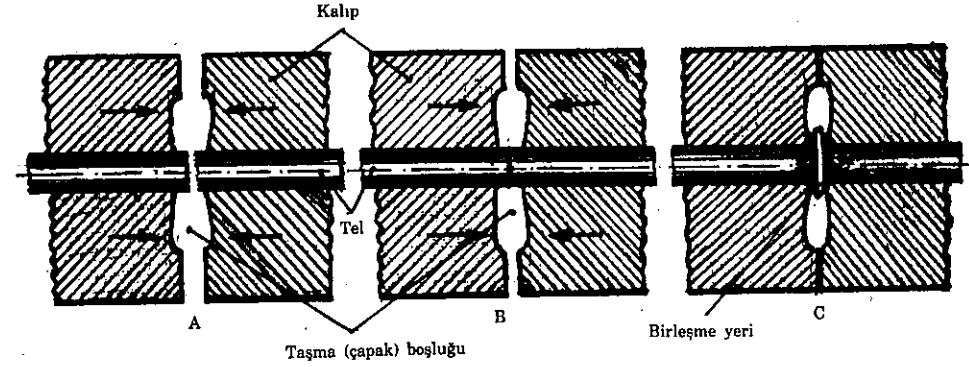


T_1 = Kaynak öncesi kalınlık
 T_2 = Kaynak sonrası kalınlık

Şekil : 102 Kaynatılmamış ve Kaynatılmış Parçalar

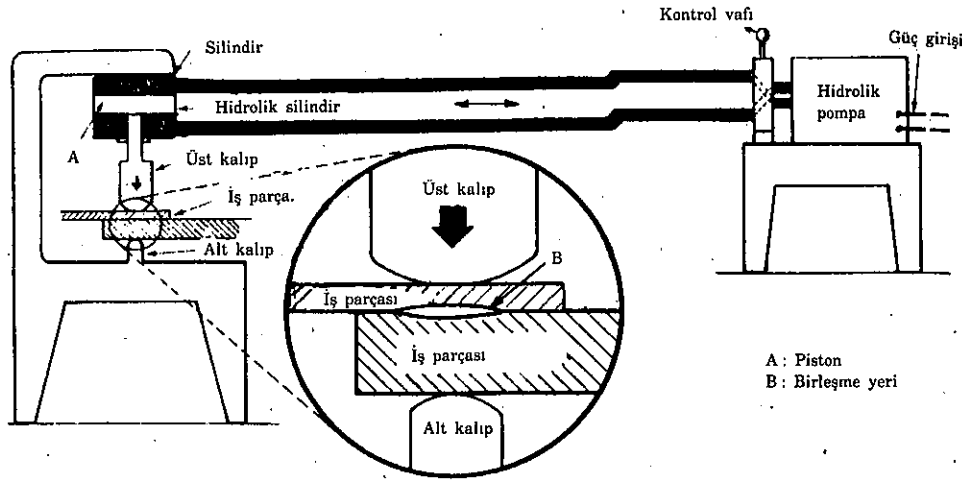
Tellerin kaynatılmasında ise belirli bir toleransa bağlı kalmak zorunluğudur. Bunlarda kesit daralması kalınlığın $\% 3$ ünden fazla olmamalıdır.

Genellikle iletken tellerin bir plakaya veya daha kalın bir kesite birleştirilmesinde, ısıtma ve yapıştırma gibi durumlar olduğu zaman iletkenlik zarar görebilir. Bu nedenle soğuk kaynak daha çok tercih edilmektedir. Kaynak alanında ısı etkisi ile çözülecek herhangi bir madde varsa birleştirme lehim ve benzeri yöntemlerle olamaz. Tellerin soğuk kaynağında da ayrı bir kalıp yapma zorunluğudur. Çünkü, tellerin belirli bir mengeneye bağlamak hem kalınlığından hemde yeterli kaynak alanı elde edilmesine engel olur. Şekil : 103 de tellerin soğuk kaynatılmasında kullanılan kalıp ve yapılan işlemler görülmektedir. Şekilde telin kalıba bağlanması ve kalıpların birbirine yaklaştırılması A, tel yüzeylerinin birbirine değecek şekilde düzenli olarak yaklaştırılması ve yeterli basıncın verilmesi B, tellerin birbiri içersine geçerek plastik birleştirme oluşturarak çapak boşluğuna taşması C, şekildeki özel kalıplama ile tel üzerinde fazla deformasyon olmaz. Telin kaynatılması gibi borularında birleştirilmesinde buna benzer yöntemler kullanılmaktadır.



Şekil : 103 Tellerin Kaynatılması

Boruların değişik özellikteki olanları buzdolaplarında rastlanmaktadır. Soğutma işlemini yapan bakır ile alüminyum borunun birleştirilmesi soğuk kaynak yöntemi ile olmaktadır. Birçok yeraltı kablolarının birleştirilmesi de soğuk kaynak yöntemi ile yapılmaktadır. Soğuk kaynak dayanımı orta değerde olan birleştirmeler için ideal bir kaynak türüdür. Bu değerlendirme lehimleme ile ergitme kaynağı arasında düşünülebilir. Örneğin, transistör ve yarı kontaktör elamanlarının birleştirilmesi (ısıtmanın çok zararlı olması nedeni ile) soğuk kaynak yöntemi ile yapılmaktadır. Bununla beraber alüminyum yiyecek kabloların birleştirilmeside soğuk kaynakla yapılmaktadır. Şekil : 104 de hidrolik baskı kuvveti uygulanarak yapılan soğuk kaynak yöntemi şeması görülmektedir.



Şekil : 104 Soğuk kaynak yöntemi uygulama şeması.

SORULAR : (saplama kaynağı)

- 1- Saplama kaynağının nasıl bir kaynak yöntemi olduğunu açıklayınız
- 2- Saplama kaynağı hangi kalınlıklardaki plakalara ve ne kadarlık bir zamanda uygulanır?
- 3- Saplama kaynağı ile kaynatılacak parçanın uç kısmında neden silindirik bir uç (meme) oluşturulur?
- 4- Saplama kaynağının yapılabilmesi için hangi koşulların yerine getirilmesi gerekir?
- 5- Hangi gereçler saplama kaynağı ile kaynatılabilir?
- 6- Yüksek karbonlu çeliklerin saplama kaynağı neden zor ve sakıncalıdır?
- 7- Saplama kaynağının yapılışını açıklayınız.
- 8- Saplama kaynağının diğer kaynaklara göre üstünlükleri neler olabilir, araştırınız.
- 9- Saplama kaynağı elemanları nelerdir?
- 10- Saplama kaynağında gerekli olan basınç kaç türlü sağlanır?
- 11- Elle çalışan saplama kaynağında hangi elemanlar vardır, uygulama nasıl yapılmaktadır?

SORULAR : (soğuk kaynak)

- 1- Soğuk (hadde) kaynak yöntemini açıklayınız.
- 2- Soğuk kaynak yöntemi ile hangi gereçler kaynak yapılabilir, hangi gereçler kaynatılamaz?
- 3- Soğuk kaynak yöntemi nerelerde kullanılır?
- 4- Soğuk kaynakla birleştirilecek parçaların birleşme yüzeylerinin hazırlığı nasıl olmalıdır?
- 5- Tellerin kalıpla kaynağı nasıl yapılmaktadır, şekil çizerek açıklayınız.
- 6- Soğuk kaynakta birleşme nasıl olmaktadır, araştırınız.

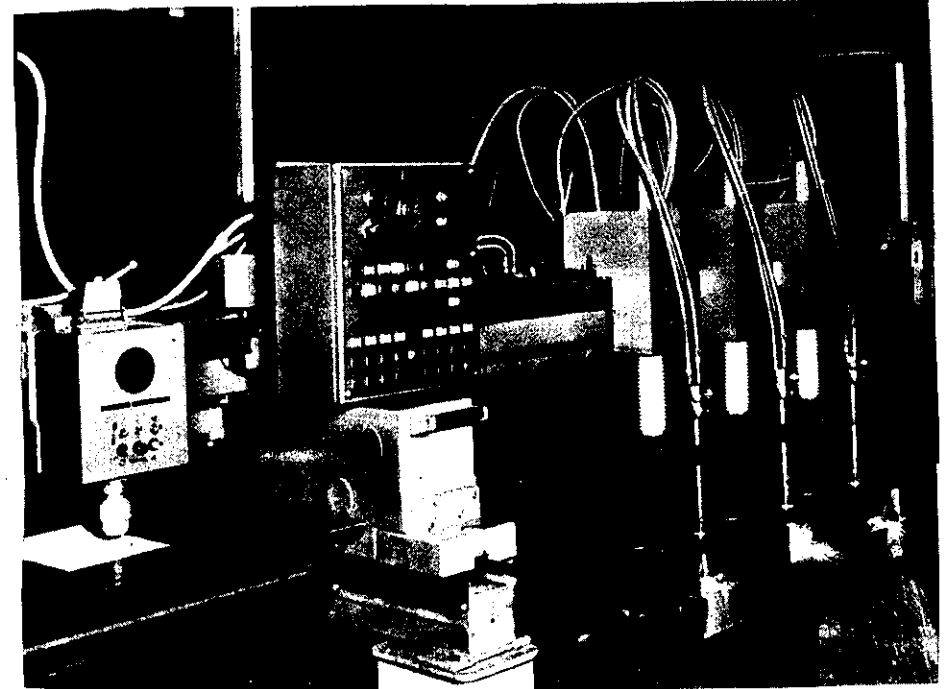
KESME YÖNTEMLERİ

OKSİJEN ve ARK İLE KESME

Endüstrinin kaynak işlemlerinin uygulandığı alanlarda, kesme işlemleri çok önemli bir faktördür. Mekaniksel yöntemlerle (giyotin, makas, pres v.b.) yapılan kesmeyi bir tarafa bırakırsak, kaynak tekniğine dayalı kesme genel olarak oksijen, ark ve laser ile kesme şeklinde sınıflandırmak mümkündür. Her üç yöntem kaynakçılıkla beraber yürüdüğünden ayrı ayrı incelemekte yarar vardır.

OKSİJENLE KESME

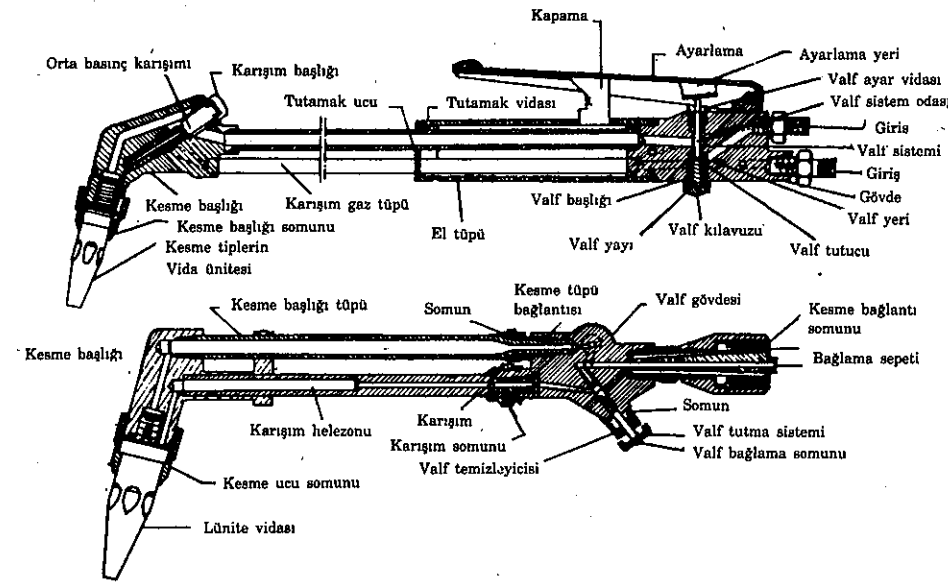
Oksijen ile kesme, çeliklerin belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılması sonucunda oksijenin kimyasal reaksiyonu ile yapılmaktadır. Bilindiği gibi metal yüzeylerinin oksitlenmesini önlemek için pasta, boya ve toz gibi maddelerle kaplanır. Diğer taraftan oksitlenme kesmenin başlıca temel özelliğidir. Ayrıca oksitlenmenin hızlandırılması için, bazı hallerde pasta ve toz kullanılmaktadır.



Şekil : 105 Fotosel sistemli üç üfleçli kesme makinası.

Oksijenle kesme gittikçe gelişen ve yeni tekniklerle donatılarak yapılan birçok yeni makina türleri vardır. Şekil : 105 de modern bir yöntemle yapılan kesme işlemi görülmektedir.

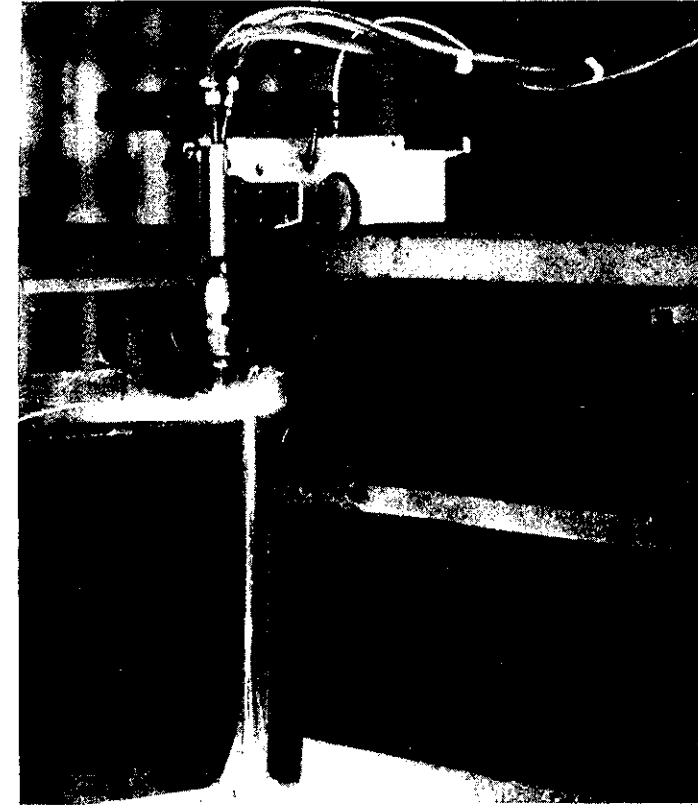
Oksijenle kesme ilk defa adi karbonlu çeliklerde uygulanmıştır. Kesmenin endüstride kullanılması 1907 yıllarına rastlar. Kesme işleminin uygulanmasında elle yapılan kesmeler ilk önceleri çok geçerlilik kazanmıştır. Belirli bir beceri isteyen bu yöntem özel yapılmış kesme üfleçler (hamlaçları) ile yapılmaktadır. Kesme üfleçleri kaynak üfleçlerine göre daha değişik bir konstrüksiyon biçimine sahiptir. Kaynak üfleçinden farklılığı, ayrıca kesme oksijeni için bir sistemin bulunmasıdır. Aşağıdaki şekil : 106 da değişik iki kesme üflecinin kesit resimleri ve elamanları görülmektedir.



Şekil : 106 Değişik iki kesme üfleci.

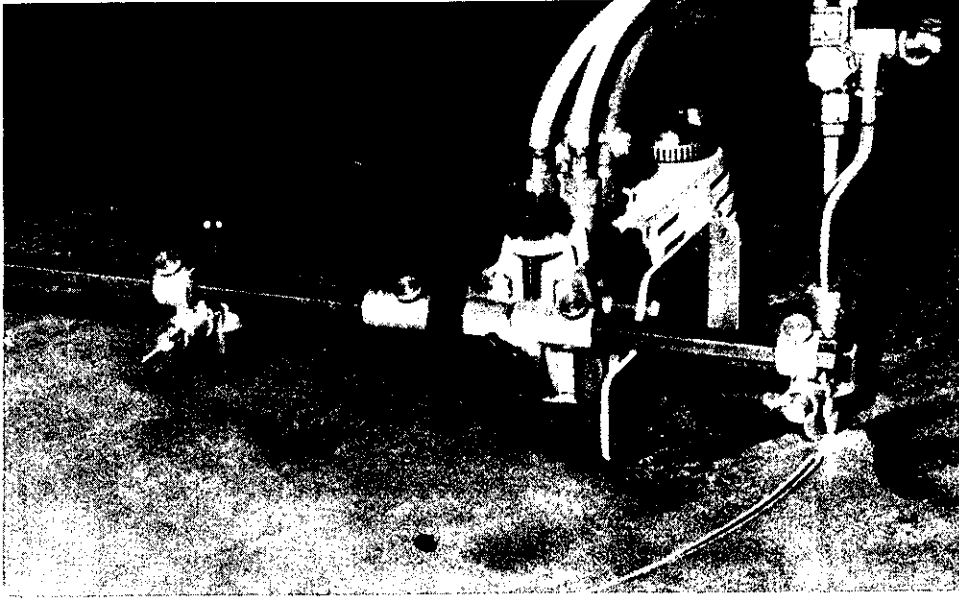
Oksijenle kesme genel olarak kaynaklı ve mekaniksel birleştirme alanlarında çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle çelik konstrüksiyonların yapımı sırasında oksijenle kesme büyük ekonomik yararlar sağlamaktadır. Kesme üfleçleri (torçları) hareketli olmaları nedeni ile istenilen alana kolaylıkla taşınmaktadır. Kalınlıkları 2400 mm ye kadar olan gereçler (adi karbonlu çelikler) oksijenle kesilebilmektedir. Şekil : 107 de kalın bir çelik blokun kesilmesi görülmektedir. Kesme doğrultusu universal (X ve Y eksenleri) doğrultusunda yapılmamakta, aynı zamanda değişik geometrik

şekillerde de yapılmaktadır. Bu sisteme uygun aparat ve hareket elamanlarının ayarlanması ayrı bir teknik ve tecrübe gerektirmektedir. Düzgün kesmelerde elle kumandalı üfleç kullanılmıyorsa otomatik yöntem için kılavuz veya yönlendirici olması şarttır. Böylece kesme işlemi elle yapılabileceği nazaran daha düzgün ve ölçü birimine çok yakın olmaktadır. Sayfa: 148 deki şekilde, otomatik ayarlı tek üfleçli bir makina ile yapılan dairesel kesme görülmektedir.



Şekil : 107 Kalın Bir Çelik Blokun Kesilmesi

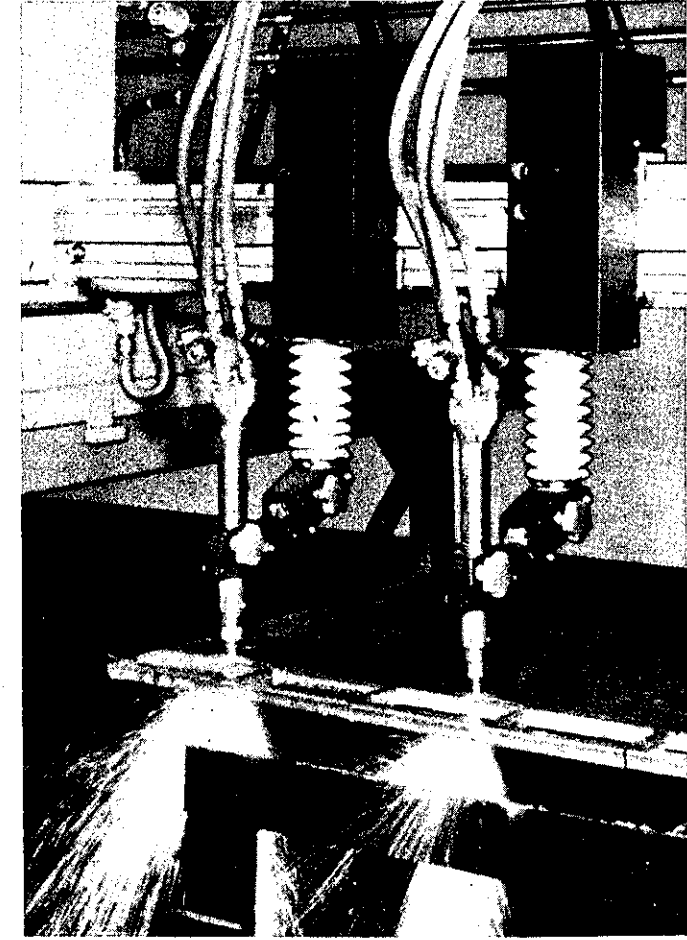
Oksijenle kesme temel olarak çelik ve türlerinin saf oksijen sütunu tarafından oksitlenmesi ile kimyasal reaksiyondur. Kesme için gerekli olan oksitlenme ortamı ise, yüzeyin ön ısıtma ile sıvılaşma konumuna gelmesidir. Tam bu sırada saf oksijen verilmek suretiyle şiddetli oksitlenme (kimyasal reaksiyon) başlar. Oksitlenme sadece üfleçten gelen ile kalmaz havadan da oksijen almak suretiyle işleme büyük katkısı olmaktadır. Sıvılaşma (veya hafif



Şekil : 108 Otomatik dairesel Kesme İşlemi

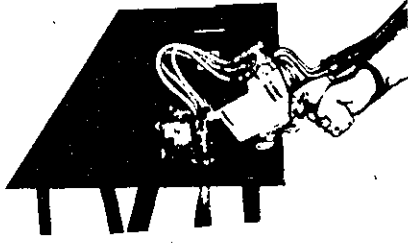
ergime) ortamında hızlı oksitlenme ile beraber oksijenin üzerinde bulunan hızın yardımı ile kimyasal reaksiyon gerecin kalınlığına doğru aşırı bir ilerleme gösterir. Böylece gereç ergiyik kıvılcım kütlesi halinde alt kısmında akmaya başlar. Şekil : 109 da çift üfleçli bir kesmede kıvılcımların akışı ve kesilen profil görülmektedir. Bu kıvılcımların akmasını sağlayan faktör ise, kesmeyi yapan oksijenin oluşturduğu kinetik enerjidir. Kesme yapan oksijen üfleçlerin kesit şemasından da görüldüğü gibi herhangi bir karışım gazına temas etmeksizin direkt olarak üflecin ucuna gelmektedir. Kesme yapan üfleçlerin iki temel görevleri vardır.

- 1 - Üfleç içinde yanıcı gaz (asetilen veya propan ile oksijenin) karışımını yaparak memeden göndermek,
 - 2 - Kesme için gerekli olan saf oksijenin ayrı bir boru yardımı ile (ayrı bir kumanda valfinden yararlanarak) meme ucuna göndermek.
- Kesme sırasında metalin altına geçen çok küçük kıvılcımlar, atmosfere karışarak tehlikeli olabilir. Aynı zamanda yere çarpan kıvılcımlar çevreye toz ve karışık gaz oluşturabilir. Bunun için kütleli kesme yapan (özellikle çok üfleçli otomatik kesicilerde) makinenin alt kısmına su veya kuru havuzu yapılmaktadır. Böylece kaynakçının veya çevrede çalışanların kesmeden oluşacak zararlı atmosferden korunması sağlanmış olur. Kesme işlemleri kullanılma durumlarına göre elle veya makina ile yapılmaktadır.



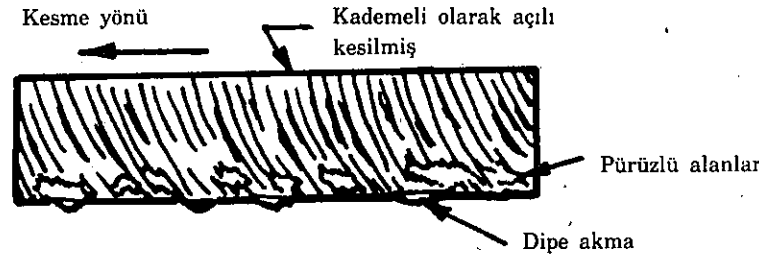
Şekil : 109 Kesmede Kıvılcımların Akma Durumu

Elle Yapılan Kesme: Kesme üflecinin tüm ayarlama ve hareket düzenlemeleri elle yapılmaktadır. Bu tür operasyonlarda en önemli faktör, üflecin yakılması, ön ısıtma ortamı ve kesmeye başlama ile üfleci hareket ettirmektir. Kesme sırasında belirli doğrultu üzerinde, fazla sapma, yapmaksızın ilerlemek çok önemlidir. Şekil : 110 da elle yapılan kesme görülmektedir. Kesmenin düzgün olabilmesi için meme ucunun gereç yüzeyinden belirli yükseklik ve açıda tutulması şarttır. Üfleç el içersinde çok sıkı tutulmamalıdır. Elin titremesi veya hareket sırasındaki düzensiz ilerlemeler kesmenin istenilen nitelikte olmamasını sağlar. Bu gibi durumlarda meme ucuna



Şekil : 110 Elle yapılan Otomatik Kesme

hareketli tekerlek sistemi takılmalıdır. Üfleç düzgün tutulması veya hareket düzensiz olursa şekil : 111 de görüldüğü gibi kesilen yüzey pürüzlü ve alt kısmı akıntılı olmaktadır.



Şekil : 111 Düzgün Kesilmemiş Yüzey

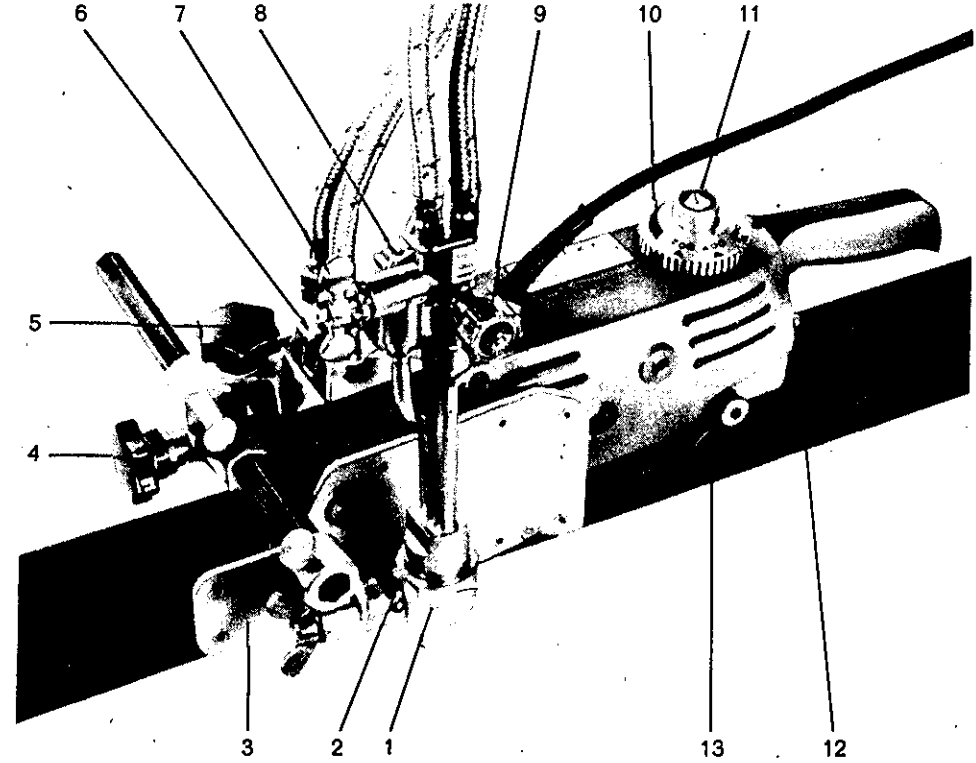
OTOMATİK (MEKANİKSEL) YÖNTEMLE KESME

Bu kesme yöntemi ile değişik farklılıkta ve biçimdeki üfleçlerin hareketi, başlamanın dışında el değmeksizin yapılmaktadır. Makinanın yapım konstrüksiyonuna göre kızaklı (kılavuzlu) türünden, numerik sistemle çalışanına kadar değişik çeşitleri bulunmaktadır. Bunların ilk yapılan türleri kızaklı olup bugün teknikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil : 112 de tek ve iki üfleçli çalışan kızaklı (kılavuzlu) basit kesme üfleçleri görülmektedir.



Şekil : 112 Tek ve iki üfleçli basit kesme makinaları.

Kesme yapacak elamanın, bazı kurallara dikkat etmesi gerekmektedir. Bunların başlıcaları, a) üfleç veya üfleçlerin ön ısıtma alevlerinin ayarlanması, b) alevin yakılması, c) kesmeye başlar başlamaz, üflecin hızının gereç kalınlığına göre ayarlanması, d) kesme konumuna göre destek veya kızak kullanılması, e) makinanın bütün elamanlarının kullanan kimse tarafından çok iyi bilinmesi gerekir. Şekil : 113 de kızaklı bir kesme makinası ve elamanları görülmektedir.

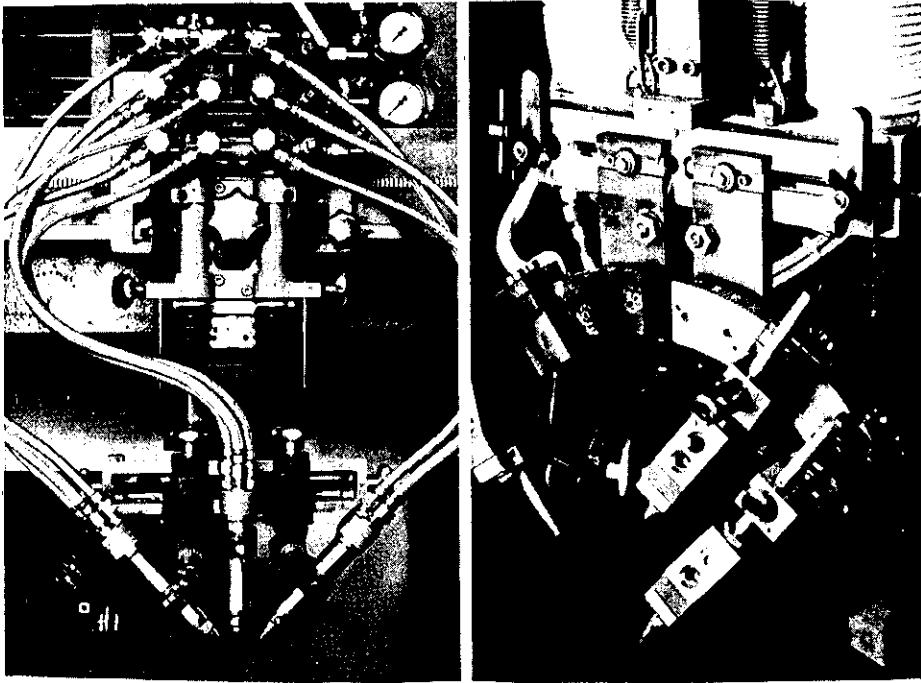


Şekil : 113 Kesme makinası ve elamanları.

1 - Üfleç tutucusu, 2 - Açısal kesme derecesi, 3 - Isı koruyucusu, 4 - Üflecin sağ ve sol ayarı, 5 - Üflecin yükseklik (dik) ayarı, 6 - Makina gövdesi, 7 - Kesme oksijen musluğu, 8 - Isıtma oksijen musluğu, 9 - Yanıcı gaz ayar musluğu, 10 - Kesme hızı ayar düğmesi, 11 - Hareketi durdurma düğmesi, 12 - İleri geri hareketi sağlayan motor anahtarı, 13 - Kılavuz teker. Kesmeyi yapacak elamanın, bu amaca yönelik olarak yetiştirilmiş olması gerekmektedir. Yetiştirme beceriye dayalı olduğu kadar, yeterli teknik bilgiye de önem verilmiş biçimde olmalıdır. Çünkü, sistemde elektrik ve mekanik ünitelerin

kesme durumuna göre birbirine bağımlı çalışması zorunludur.

Kesme sırasında fazla hızlı kullanmak yüzeyde % 10 kadar oksitlenme oluşmasına neden olmaktadır. Hızlı kesme işlemleri 150 mm den kalın gereçlere uygulanmamalıdır. Özellikle kaynatılacak birleştirmelerin yüzeyleri çok düzgün ve pürüzsüz olmalıdır. Birleşme boyunca farklı ölçüler oluşmamalıdır. Bunun için kesme memesi seçimi kesme ve alev oksijen basıncı, yanıcı gazın ayarı kesilecek gerece ve kalınlığına göre ayarlanmalıdır. Böylece kesme sırasında curuf artığı bırakmamaya dikkat edilmelidir. Şekil : 114 de açılal ve boru kesmeleri için ayarlanmış üfleç konumları görülmektedir.



Şekil : 114 (X) Kaynak ağı ve boru kesmelerine göre ayarlanmış üfleçler.

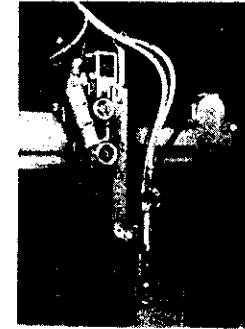
Kesmenin Kimyasal Oluşumu : Kesme işlemi saf oksijenin belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılmış gerecin hızlı bir reaksiyon oluşturmasıdır. Düşük ve orta karbonlu çelikler bu ortamda en çok yararlanan gereçlerdir. Çelikte bulunan temel element demir (Fe) oksitlenme özelliği çok fazla olması nedeni ile kesme kolay olmaktadır. Kimyasal olarak kesme ve ısısı üç kademe oluşmaktadır.

$Fe + O \rightarrow FeO + ısı (63.800 \text{ cal})$ birinci kademe,

$3Fe + 2O_2 \rightarrow Fe_3O_4 + ısı (267.800 \text{ cal})$ ikinci reaksiyon,

$2Fe + 3/2 O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + ısı (196.800 \text{ cal})$ üçüncü kademe reaksiyon.

Son kimyasal reaksiyon özellikle kalın parçaların kesilmesinde meydana gelir. İnce ve orta kalınlıktaki parçaların kesilmesinde bir ve ikinci kademe reaksiyonlar oluşmaktadır. Kesmede sarf edilen oksijen miktarı 0.5 kg FeO_4 (demir oksit) için yaklaşık 130 litre oksijene ihtiyaç vardır. Ancak, pratik olarak uygulamada havadan alınan oksijende hesaba katılırsa sarfedilen oksijen miktarı daha da azalır. Eğer kesilen gerecin altında toplanan demir oksit miktarı 0,5 Kg ise sarfedilen oksijen miktarı 130 litre kadardır. Kesilen artıkların analizinde ise % 30 kadarının oksitlenmediği görülmektedir. Oksijenle kesmede önce ön ısıtma alevi için karışık gaz ayarlanarak alev oluşturulur. Yakma işlemi herhangi bir yardımcı ateşleyici (çakmak, kibrit, kandil manyeto v.b.) ile yapılır. Tam otomatik kesmelerde ateşleme üfleç ucuna yerleştirilen manyetik bir elektrik ünitesi ile yapılmaktadır. Şekil : 115 de otomatik ateşleme ile alev oluşturan makina görülmektedir. Meme uçlarının daima temiz ve uç kısımlarında herhangi bir artık bulunmaması gereklidir. Kesmede ve yanıcı gazların yakılmasında gerekli olan oksijendir. Yanıcı gaz olarak, asetilen olduğu gibi LPG (Likid Petrol Gazı) veya tabii yanıcı gazlar da kullanılır. Bu gazların seçilmesinde aşağıdaki nitelikler dikkate alınmalıdır.



Şekil : 115 Otomatik ateşleyici Kesme Makinası

- 1 - Keskin, yuvarlak, köşe ile delik açılarak kesmelerde, ön ısıtma için harcanacak zaman,
- 2 - Düzgün, doğrusal ve şekilli kesmelerdeki ilerleme hızı,
- 3 - Yanıcı gazların maliyeti,
- 4 - Ön ısıtma ve kesmede harcanan oksijen miktarı,
- 5 - Yanıcı gazın kalori değeri,
- 6 - Yanıcı gazın güvenliği ve kullanma yeteneği.

Kesmede kullanılacak yanıcı gaz türüne göre üfleç memesi seçmek zorunludur. Asetilen ve propan gazları için ayrı ayrı meme seçimi yapılmalıdır. Kalın parçaların kesilmesinde ön ısıtmanın daha erken olması için asetilen gazı kullanılır. Ancak, asetilen pahalı ve daha tehlikeli olması nedeni ile mümkün olduğu kadar propan gazı tercih edilmektedir. Asetilen dışındaki gazların kullanılmasında memedeki, yanıcı gaz çıkışları kanal şeklinde olup asetilende ise tamamen yuvarlak delik biçimindedir. Sarfiyat hacmi bakımından propan daha fazla tüketilir. Bir hacim oksijene bir hacim asetilen kullanılırken, 1.75 ile iki hacim propan kullanılmaktadır.

Kesme sırasında oksijenin saflığı çok önemlidir. Oksijenin saflık oranı % 99,5 altında olmamalıdır. Saflık değeri % 99 olan oksijen kesme yüzdesini % 25 oranında azaltır. Kesme sırasında yüzeylerde ısıtma ve kesilmeden dolayı sertlik, metalurjik ve fiziksel değişiklikler olmaktadır. İçersinde %0,25 karbon bulunan çeliklerde herhangi bir değişiklik olmaz. Daha yüksek değerdeki çeliklerde yüzey sertlikleri meydana gelir. Yüzeyde oluşacak sertlik, bozulma ve benzeri derinlik değeri 0,8-6 mm arasında değişmektedir. Alaşımli çeliklerin kesilmesinde, alaşım elementleri çeliğin kesilmesine aşırı direnç göstermeleri nedeni ile yüzeyde fazla sertlik oluşur.

Ön ısıtma sıcaklığı çeliğin türüne göre 95 derece ile 700 derece arasındadır. Sıcak kesme ise 650 - 700 dereceleri arasında yapılan kesmedir. Normal kesme sıcaklığı 200 - 300 derece arasındadır. Kesme işleminde çok önemli olan kesme kalitesidir. Bunu sağlamak için aşağıda belirlenen faktörleri dikkate almak gerekir. En düzgün kesme numerik (bilgisayar) sistemle yapılandır.

1 - Gerecin metalurjik oluşumu, 2 - Gerecin fiziksel durumu, 3 - Gerecin kesme ölçüleri, 4 - Kesilecek gerecin düzgünlüğü. Şekil : 116 da numerik sistemle çalışan bir kesme makinasının kontrol ünitesi görülmektedir.

Yüzeyde oluşacak pürüzlü kesmeler için aşağıdaki önlemler alınarak gidermek mümkün olabilir.

Kesme kanalının şekli ve ölçüleri,

Kesici oksijenin basıncı,

Üflecin kesme hızı,

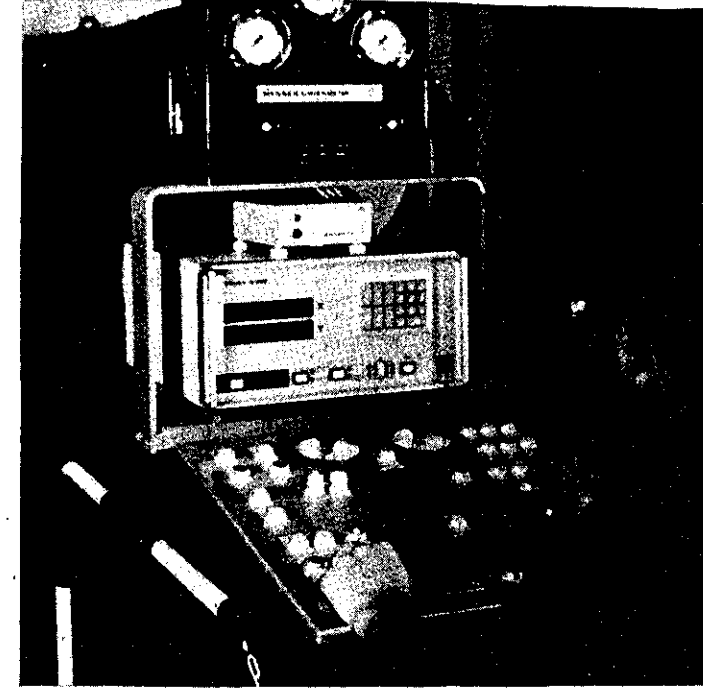
Oksijenin saflık derecesi,

Ön ısıtma alevinin durumu,

Kesici memenin temizliği ve düzgünlüğü,

Kesilen çeliğin yüzey düzgünlüğü,

Çeliğin metalurjik bileşimi.



Şekil : 116 Kesme makinasının kontrol ünitesi.

Kesme sırasında gazların karışım oranları da çok önemlidir. Buna göre ;

1 - Bir hacim asetilen için 1,5 hacim oksijen gerekir,

2 - Bir hacim propana, 4,7 hacim oksijen,

3 - Bir hacim tabii gaza 2 hacim oksijen gereklidir.

Otomatik kesmelerde kesilecek gereç kalınlıklarına göre ayarlanacak değerler yapıcı firmalar tarafından bir liste halinde verilmektedir. Kesme yapılırken bu değerlere bağlı kalmakta yarar vardır.

ARK ile KESME

Elektrik arkı ile kesme elektriksel bir olay olup, oksi - gazdan farklıdır. Teknikte oksijenle kesmeden sonra en çok kullanılan bir yöntemdir. Genellikle teknikte kullanılan ark ile kesme yöntemleri ise ;

1 - Karbon elektrod ile kesme,

2 - Örtülü elektrod ile kesme,

3 - Ark - oksijenle kesme,

4 - Tig ile kesme,

5 - Plazma ile kesme,

6 - Laser ile kesme,

Şekil : 117. de Plazma ile yapılan kesme işlemi görülmektedir.



Şekil : 117 Plazma ile Kesme

1 - Karbon Elektrod ile Kesme : Kömür veya grafit elektrod işlem görecektir parça arasında oluşturan ark ile yapılan kesmedir. Ark sırasında meydana gelen ergiyik parçalar elektrod çevresinden üflenerek hava ile dışarı atılır. Bu tür kesmelerde doğru akım ve pozitif kutup elektrodta gelecek şekilde ark yapılır. Karbon elektrodların boyları yaklaşık 300 mm boyunda yüzeyleri (akım geçirgenliğini kolaylaştırması için) bakır ile kaplanmış veya içersine bakır tozları sıkıştırılmıştır. Bakır tozu sıkıştırılmış elektrodların yüzeyleri siyahtır. İletkenlikleri jenaratörlerdeki kömürlere benzemektedir. Şekilde görüldüğü gibi kesme penseleri özel olarak yapılmaktadır. Normal elektrod- larda olduğu gibi kaynak akımının yanında ayrıca bir basınçlı hava hortumu vardır. Hortumdan gelen hava elektrodun çevresinden parçaya doğru üflenir. Böylece elektrod soğuduğu gibi, kesme alanındaki ergiyik artıklarda dışarı atılır. Yüksek amperin kullanılması halinde su soğutmalı pensler tercih edilmelidir. Genellikle 300 amperin üzerinde su soğutmalı türleri kullanılır. Karbon elektrod ile kesme yapacak kimsenin iyi ark kaynakçısı olması gerekir. Şekil : 119 karbon elektrod ile kesme görülmektedir.

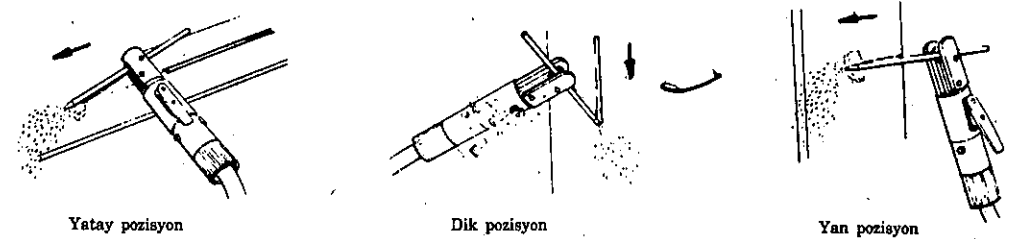


Şekil : 118 İki ayrı özellikte kesme pensi.

Karbon elektrod ile kesme işlemleri, kaynak ağzı açmalarda, kök paso temizlenmesinde, dikiş içindeki hataların giderilmesinde ve kanal açma işlemlerinde uygulanmaktadır. Kesme sırasında oluşan arkın ısıyı fazla olması nedeni ile kaynağa nazaran daha koyu cam kullanılması gerekmektedir. Akım ayarı kaynak türüne göre daha yüksektir. Aşağıda elektrod çapına göre ayarlanan akım değerleri gösterilmektedir.

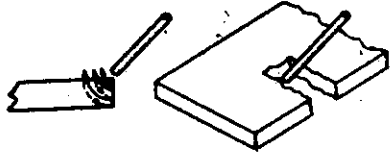
Elektrod Çapı mm	Akım Değeri Amper (a)
Ø 6	150 - 200
Ø 8 - 10	200 - 400
Ø 12	300 - 600
Ø 16	400 - 700
Ø 20	600 - 800

2 - Örtülü Elektrod ile Kesme : Örtüsünde üfleme taşıyan elektrodla yapılan işleme kesme denmektedir. Kesme elektrodları yapacakları işe göre kesme,



Şekil : 119 Karbon elektrodla kesme şekilleri.

delik açma ve oluk açma gibi işlemleri yaparlar. Bu nedenle elektrodlar kesme ve oluk açma olarak bazı firmalarda anılmaktadır. Şekil : 120 de örtülü elektrod ile kesme türleri görülmektedir.



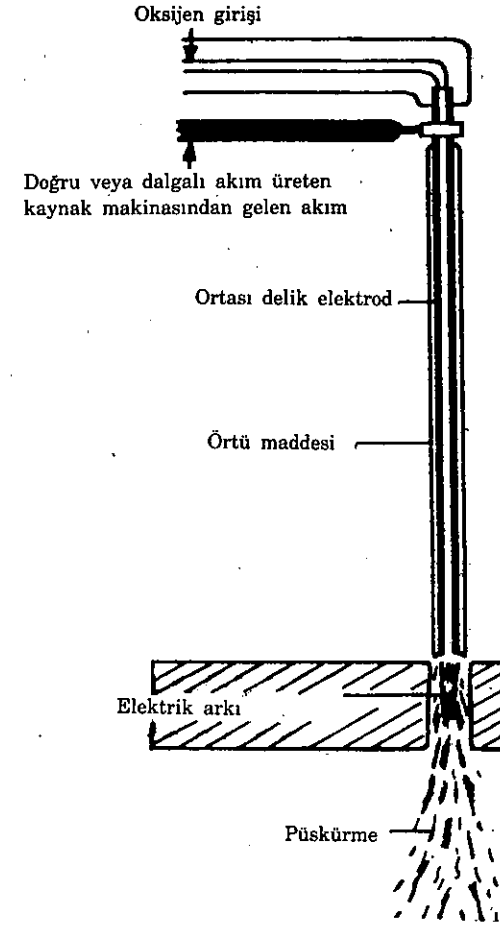
Şekil : 120 Kesme işlemi



Şekil : 121 Oluk Açma

Elektrodun kesme alanında artık bırakmadığı gibi, kesilen yüzeyde fazlalık vermemelidir. Kesme işlemi yapılırken testere veya rende hareketi yapılmalıdır. Kesmede elektrod 90 dereceye yakın, oluk açma ise 15 - 60 derece arasında tutulmalıdır. Akım ayarı normal kaynak işlemidekinin 30 - 40 amper fazlası alınmalıdır. Kullanılan en küçük elektrod çapı 3,25 mm olup, daha büyük çaplı olanlar tercih edilmelidir.

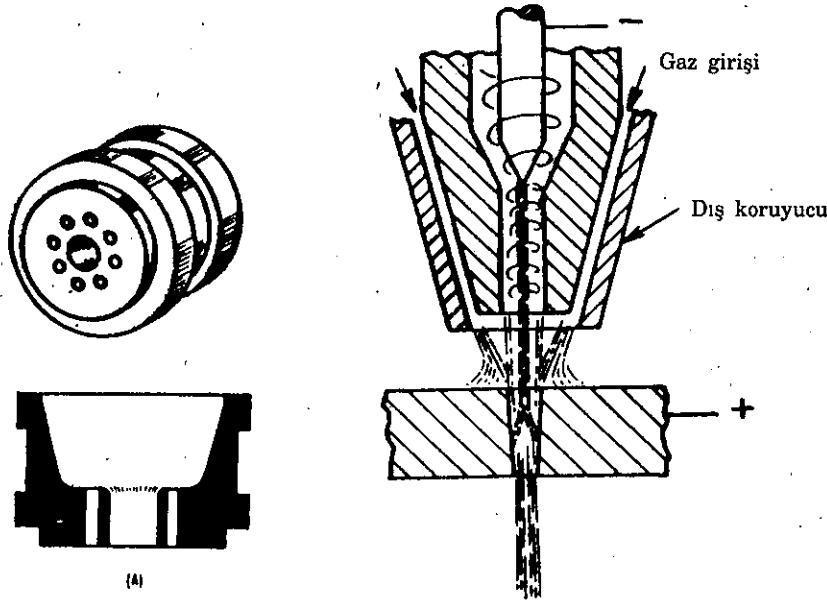
3 - Oksi - Ark ile Kesme : Ortası delik olan (boru biçimindeki) örtülü elektrodların kullanılması ile yapılan kesmedir. Ark ile sıvılaşıp gerek elektrod ortasında oksijen verilmek suretiyle hem ark hemde oksijenle kesme yapılır. Böylece oksijen ve ark karması bir kesmedir. Şekil : 122 de oksijen ve ark ile yapılan kesme görülmektedir. Bu işlem de kesme alanında yapılan ön ısıtma hızlı olmasından dolayı kesmede o oranda çabuk yapılmaktadır. Elektrodların özel olarak yapıldığı gibi pense oksijenin gelmesi ayrı bir hortum ile yapılmaktadır. Kullanılan elektrodların çapları 5 - 8 mm arasında olup boyları 350 - 450 mm dir. Bu yöntemle kesilen gereçler genellikle çelik ve türleridir. Dökümler, bronzlar ve paslanmaz çelikler şartlı olarak kesilmektedir.



Şekil : 122 Oksijen ve Ark ile Yapılan Kesme Şeması

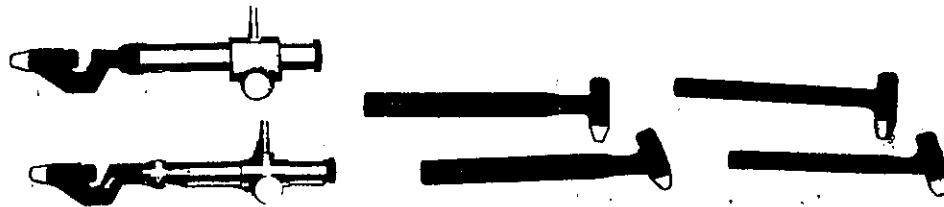
4 - TİG ile Kesme : Özellikle çelik olmayan metallerin kesme işleminde kullanılan bir yöntemdir. Ark, kaynağa olduğu gibi ince ve dar olmayıp, kısa ve geniştir. Elaman olarak TİG kaynak üniteleri kullanılmaktadır. Diğer kesme yöntemleri ile kesilmesi problem olan veya mümkün olmayan paslanmaz çelikler, alüminyum ve alaşımları, magnezyum, bakır ve alaşımları, silisli bronz, nikel türleri kesilebilir. Kalınlığı 12 mm ye kadar olan paslanmaz çeliklerin kesilmesi kolaylıkla yapılmaktadır. Yavaş olarak yapılan bu kesme işleminde kesilen yüzey pek düzgün olmaz. Bu nedenle Tig ile kesme zorunlu olmadıkça kullanılmamalıdır. Kullanılan elektrod türü %2 toryumlu olanlar tercih edilmelidir. Gaz başlığı olarak seramik veya metal türleri olmalıdır. Koruyucu gaz ise %65 Argon, %35 hidrojen veya benzeri karışımlar kullanılır.

5 - Plazma ile Kesme : Plazma ile kesme yüksek sıcaklık ve hızın oluşmasını sağlayan arkın yardımı ile yapılan işleme denir. Ark dar bir boğaz meydana gelir. Arkın oluşması ile çevredeki gazın iyonlaşması bir süre zamanı gerektirir. Bu süre sonunda oluşan plazma gazı bir sütun halinde yüksek bir hızla parçaya doğru akar. Şekil : 123 de plazmanın oluşumu kesit olarak ve

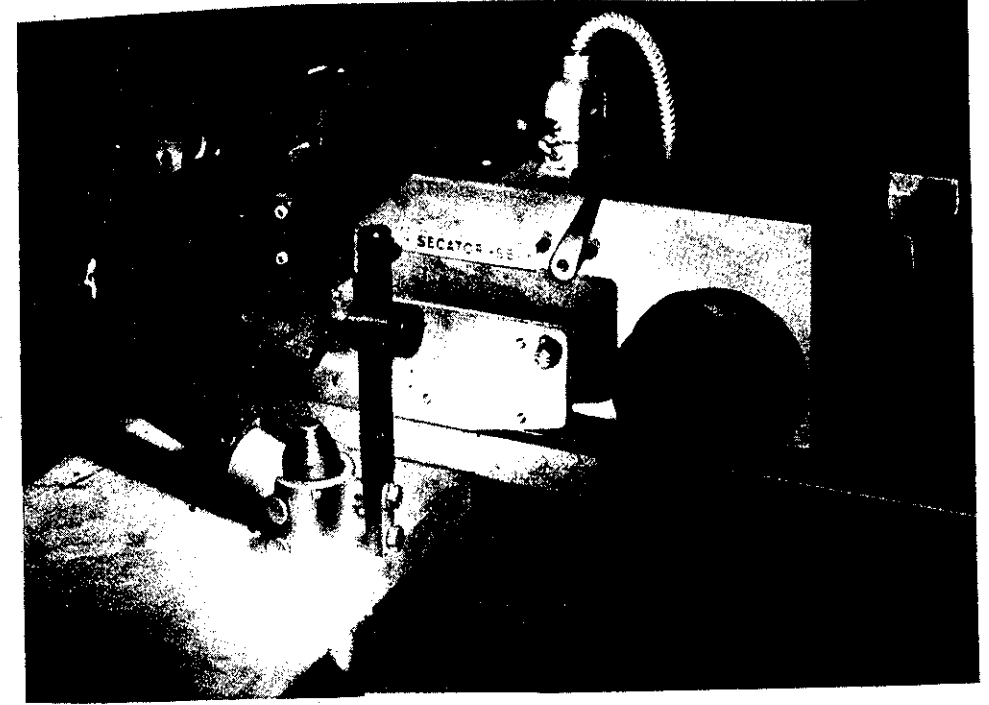


Şekil : 123 Plazma Torçu ve Plazmanın Oluşumu

torç ucu görülmektedir. Kesme sırasında koruyucu gaz kullanılırsa, kesilen yüzeyin kalitesi çok üstün olur. Çelik ve dökümlerin kesilmesinde koruyucu gaza gerek yoktur. Ancak, koruyucu gaz olarak oksijen ile kesmede kullanılan torçları değişik yapıda olmaktadır. Şekil : 124 de değişik biçimdeki torçlar görülmektedir.



Şekil : 124 Değişik Biçimdeki Torçlar



Şekil : 125 Otomatik Plazma ile Kesme

Kesmenin yapılması için özel yetiştirilmiş elamanlar bulunması gerekmektedir. Kullanılan torçlar otomatik veya elle kumandalı olarak çalışmaktadır. Otomatik olanların kesme yüzeyleri ve ölçü takımları daha yüksektir. Şekil : 125 de otomatik kesme yöntemi görülmektedir. Kesme gazı olarak argon hidrojen karışımı veya azot hidrojen karışımı gazlar kullanılmaktadır. Plazma ile genellikle TIG hariç diğer yöntemlerle kesilmesi mümkün olmayan gereçler kesilmektedir. Plazma ile kesilen gereç türleri ise ; çeliklerin bütün türleri, alüminyum ve alaşımları, paslanmaz çelikler, bakır ve alaşımlarıdır. Teknikte en çok kullanma alanı ise alüminyum ve alaşımları ile paslanmaz çeliklerin kesilmesidir. Plazma ile kesme birçok alanlarda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar, gemi yapımında, uçak sanayiinde, kimya endüstrisinde, nükleer araştırmalarda, basınçlı kap ve kazanlarının yapımlarında rahatlıkla kullanılmaktadır. Bunların dışındaki kullanma alanları ise ; sıcak kalıplama ve dökümlerde, otomobil ve demiryollarında kullanılması büyük yararlar sağlamıştır. Plazma ile kesmede gereç yüzeyinde minimum denecek kadar az farklılık oluşmaktadır. Bu nedenle kesme işlemlerinde en çok kullanılan bir yöntemdir.

6 - Lazer ile Kesme : Lazer ışınlarındaki yüksek hız ve kinetik enerji kolaylıkla delme ve kesme yapmaktadır. Kesme seramik ve organik olmıyan maddeler dahil eğer türde elemanları kesebilmektedir. Kesme sırasında herhangi bir ergime ortamı meydana gelmediği gibi ısıda oluşmaz. Böylece kesilen alanda fiziksel, kimyasal farklılık olamaz.

Lazer ile kesmede sağlanan üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- 1 - Kesilen gereç ile başlık (torç) arasında mekanik bir temas yoktur,
- 2 - Kesme için herhangi bir mekanik güç kullanılmaz.
- 3 - Kesme işlemi geçirgen (saydam) olan hava, koruyucu gazlar, kondansör ve sıvılar içinde rahatlıkla yapılmaktadır.
- 4 - Lazer ışınları koruyucu bir pencere yardımı ile kontrol edilebilir.
- 5 - Lazer ile kesme, kesilme direnci çok yüksek olan seramik ve kaya gibi malzemelerin kesilmesinde büyük kolaylık sağlar.

SORULAR :

- 1 - Kesme yöntemleri genelde kaç bölüme ayrılabilir?
- 2 - Oksijenle kesme yönteminin kullanılma alanları nelerdir? Hangi kalınlıktaki ve özellikteki gereçlerin bu yöntemle kesilebildiğini açıklayınız.
- 3 - Çelik ve türlerinin oksijenle kesilmesini nasıl tanımlarsınız?
- 4 - Kesme üfleçlerinin iki temel görevini açıklayınız.
- 5 - Oksijenle kesmede kullanılan yanıcı gazlarda ne gibi nitelikler bulunmalıdır? Saflık derecesi ne olmalıdır?
- 6 - Oksijenle kesme yöntemlerini ve kesme olayının kimyasal denklemini yazınız.
- 7 - Ark ile kesme yöntemleri nelerdir, bunları ayrı ayrı olmak üzere kısaca açıklayınız.
- 8 - Lazerle kesilebilen elemanlar nelerdir?
- 9 - Lazerle kesmenin diğer kesme yöntemlerine göre üstünlüklerini açıklayınız.
- 10 - Plazma ile kesme nedir?
- 11 - Plazma ile kesme endüstride en yaygın olarak hangi gereçler için kullanılır?

KAYNAKLARIN KONTROLLERİ

Kaynak kontrolünün önemi :

Kaynağın, en yaygın birleştirme elamanı olarak kullanıldığı herkesçe bilinen bir gerçektir. Kaynak teknolojisinin gelişmesi ve buna bağlı olarak yeni kaynak yöntemlerinin bulunması kaynağın kullanılma alanını daha da genişletmektedir. Uzun boylu çelik köprüler, büyük tonajlı gemiler, ağır yük kaldırma kapasitesine sahip çelik vinçler, makina parçaları, taşıma araçları, çelik yapılar ve benzeri diğer eserler, önemli ölçüde, bazan da tamamen olmak üzere kaynakla birleştirilerek insanlığın hizmetine sunulurlar. Bunlarla mal taşınır, yük taşınır ve insan taşınır. Bu işlerin birleştirilmesinde kullanılan kaynağın hatalı yapıldığını ve hiçbir kontrolden geçmeden hatalı olarak kullanılır. Bu nedenle kırılmaların, koplamaların, çatlamaların, çökmelerin ve benzeri olayların olacağını her an için rastlanılır. Meydana gelecek mal ve can kaybının son derece üzüntü verici olacağını anlamak pek zor olmayacaktır. İşte yapılan kaynaklı birleştirmelerin kontrol edilmeleri bu nedenlerle büyük önem taşımaktadır.

Kaynak kontrolünün tanımı :

Kaynaklı birleştirmenin ölçü, düzgünlük ve dayanım bakımından istenilen özellikleri taşıyıp taşımadığını araştırmak amacı ile yapılan işlemlere kaynak kontrolü denir.

Bu tanımlamadaki ölçü ve düzgünlük ifadesinden, dikiş genişliği, dikiş yüksekliğidir. Köşe kaynakları için kenar ölçüsü, dikiş kesit yüksekliği, nüfuziyet gibi değerlerin kaynağın her yerinde aynı olup olmadığı anlaşılmalıdır. Dayanım ifadesinden de, çekme dayanımı, sertlik, kopma uzaması, çentik darbe dayanımı, eğilme dayanımıdır. İç boşluklar, burkulma (flambaj), kayma (kesilme) dayanımları, iç ve dış çatlaklıklar anlaşılmalıdır.

Kaynak hataları ve kaynak kontrol yöntemleri :

Gereçlerin kaynakla birleştirilmesi ancak teknolojisine uygun yapılsa da, çoğu kez kaynakçının, malzemenin, kaynağın yapıldığı ortamın, (hava, gaz, toz, su gibi), elektrod telinin ve örtüsünün, kaynak sırasında ve sonrasında meydana getirdikleri fiziksel ve kimyasal olaylar sonucu kaynakta bir takım hataların oluşması kaçınılmaz olmaktadır. Bu hatalar uluslararası geçerliliği olan altı ana başlık altında toplanmıştır :

Hata İşareti :**Hatanın Adı :**

A	Boşluklar (gaz kalıntıları)
B	Curuf kalıntıları ve metalik kalıntılar,
C	Kaynama (birleşme hataları)
D	Eksik nüfuziyet (kök hataları)
E	Çatlaklar
F	Yüzey hataları

Bu ana hatalar da kendi aralarında hatanın cinsine göre ayrıca sınıflandırılırlar. Örneğin, kaynak kontrolü sonunda hazırlanan raporda (C) vardır veya görüldü denilir. Bunun karşılığı olan hatayı tam kaynamanın olmadığını, yani birleşme hatasının varlığını anlamak gerekir. Böyle bir raporda (F) vardır veya görüldü kaydı varsa, bunun karşılığı olarak kaynağa yüzey hatasının bulunduğu anlaşılmalıdır. Kaynağa birden fazla yüzey hatası olabileceğini dikkate alarak ana hatanın belirtilmesinin nasıl bir yüzey hatası olduğu da ayrıca açıklanmalıdır. Kaynak çatlak (E) görüldü derken, bu çatlakın dikişe göre enine çatlak mı, boyuna çatlak mı veya değişik yönlerde çatlak mı olduğu da belirtilmelidir.

Kaynak hatalarını belirleyebilmek ve dayanımları hakkında fikir sahibi olabilmek için birçok değişik kontrol yöntemleri geliştirilmiştir. Genel olarak kaynak kontrol (muayene) yöntemleri iki ana bölümde incelenmektedir. Bunlar,

- A - Tahrip edici olmayan kontrol yöntemleri,
- B - Tahrip edici olan kontrol yöntemleridir.

Bu ana kontrol yöntemleri de kendi aralarında birden fazla yöntemleri kapsamaktadır. Şimdi bunları sırası ile inceleyelim :

A - Tahrip edici olmayan kontrol yöntemleri :**1) Gözle yapılan kaynak kontrolleri.**

Gözle yapılan kaynak kontrolü, güvenliği az olan ve ancak gözle görülebilen hataları belirlemek için yapılan kontrol işlemlerini kapsar. Bu işlemleri, kaynak öncesinde, kaynak sırasında ve kaynak sonrasında olmak üzere üçe ayırabiliriz.

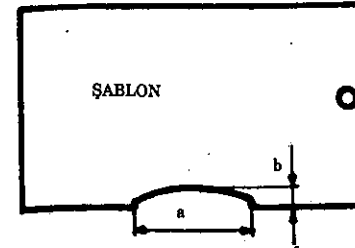
Kaynak öncesinde yapılan kontrol :

Bu kontrol işlemi, kaynak yapılacak gereçlerin kaynağa hazırlık kısmını kapsar. Bu kontrol işlemi ile, kaynak için uygun kaynak yönteminin ve pozisyonun seçilip seçilmemesi. Kaynak ağız açılacaksa bunun biçimi ve ölçüsü, kaynak için gerekli olan akım cinsi (dalgalı veya doğru akım), parçaların birbirine göre konumları (alın altına, bindirme v.b.). Kaynak çekmesi için alınacak önlemler ve kaynağın kesintisiz yapılabilmesi için

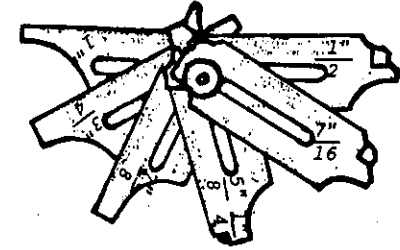
gerekli olan makina, araç ve gereçlerin eksiksiz olup olmadığı kontrol edilir.

Kaynak sırasında yapılan kontrol :

Bitirilmiş durumdaki kaynağın gözle yapılan kontrolleri ise ; Dikiş yığılması, dikiş ölçüleri, gözle görülebilen çatlaklıklar, dikiş başlama ve bitirme yerlerindeki hatalar, kaynak işlemesi (nüfuziyet), çentikler, dikiş düzgünlüğü, kök hataları, curuf kalıntılarıdır. Çekme sonucu meydana gelen şekil değiştirme ve ölçü değişiklikleri kontrol edilir. Şekil : 126 da dikiş ölçüleri için masterları görülmektedir.



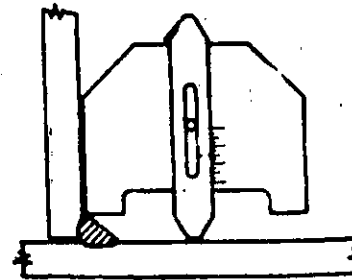
a : Dikiş genişliği
b : Yüzeyden itibaren yükseklik.



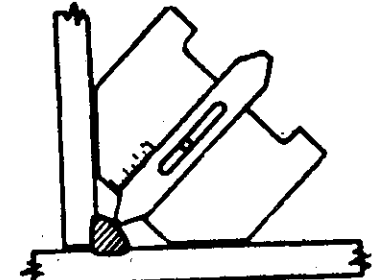
Köşe kaynağı kontrol aletleri.

Şekil : 126 Kaynak dikişi ölçü aletleri.

Şekil : 127 de köşe kaynaklarının ölçü kontrolünün yapılışı görülmektedir.



Köşe kaynağı kenar yüksekliği kontrolü.



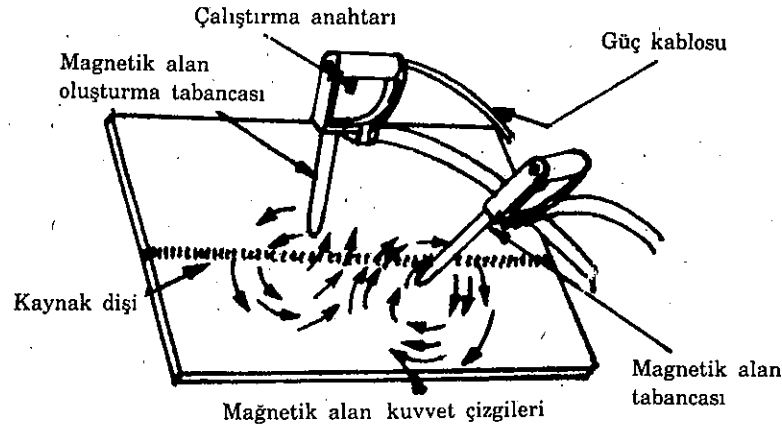
Köşe kaynağı yükseklik kontrolü.

Şekil : 127 Köşe kaynaklarında kenar ve yükseklik kontrolü.

2 - Manyetik Yöntemle Kaynak Kontrolü :

Bu yöntemle, kaynak yüzeyindeki veya kaynak yüzeyine yakın yerlerdeki hatalar etkili bir şekilde kontrol edilebilmektedir. Manyetik kaynak kontrolü yöntemi, yalnız mıknatıslanma özelliğine sahip kaynakla birleştirilmiş gereçlere uygulanır.

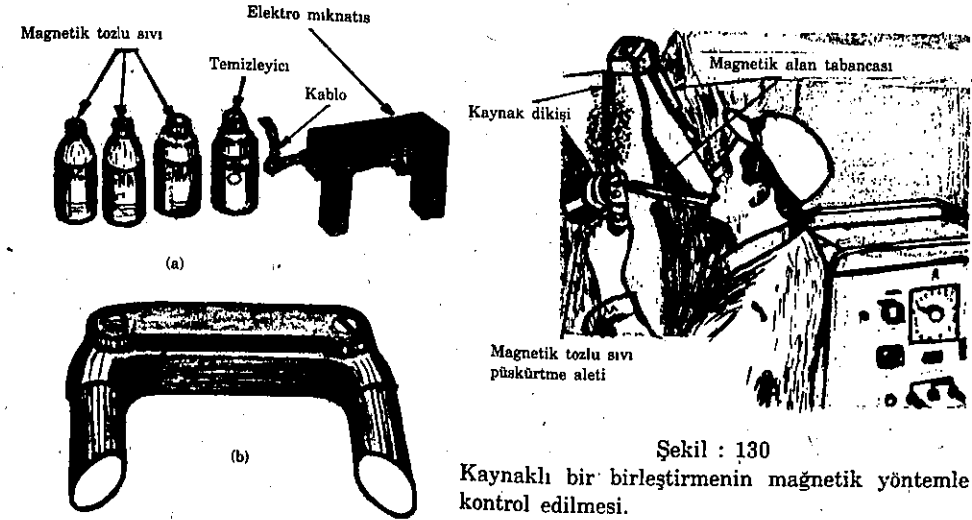
Kontrol edilecek kaynak yerine, çok küçük manyetik parçacıklar (toz halinde) ihtiva eden özel hazırlanmış bir sıvı sürülür. Kırmızı veya siyah renkte olan bu sıvı ince bir yağdır. Kontrol bölgesine püskürtme ile de atılabilir. Bundan sonra kaynaklı parça üzerinde güçlü bir manyetik alan oluşturulur. Bu manyetik alanın oluşturulması ya elektro mıknatıslanma ile veya sabit mıknatıs (doğal mıknatıs) ile meydana getirilir. Şekil : 129 da kaynaklı birleştirmede elektro manyetik alanının meydana getirilişi görülmektedir.



Şekil : 129 Elektrik akımı ile, kontrol edilecek kaynaklı birleştirme üzerinde manyetik alan oluşturmak.

Kaynaklı birleştirmede oluşturulan manyetik alan içerisinde, manyetik kuvvet çizgileri bulunmaktadır. Önceden sürülmüş özel sıvı içindeki mıknatıslanabilir özellikteki ve toz halindeki parçacıklar demir, nikel, ve kobalt gibi metal tozları), kuvvet çizgilerine uygun olarak düzgün bir görüntü veriyorsa, kaynak yüzeyi ve yüzeye yakın yerlerde herhangi bir hata yok demektir. Bunun aksine bazı yerlerde metal tozları toplanıyorsa, o noktada kaynak hatası var demektir. Kaynak yüzeyindeki veya yüzeye yakın yerlerdeki hatalar bu yöntemle tesbit edilebilirse de, hatanın ne kadar derinlikte olduğunu tesbit etmek mümkün değildir. Şekil : 130 da kaynaklı bir birleştirmenin manyetik yöntemle kontrolü, şekil : 131 de ise bu yöntemin

uygulanmasında kullanılan mıknatıslar ve özel sıvılarla, yüzey temizlemede kullanılan temizleyici görülmektedir.



Şekil : 131 Manyetik kaynak kontrol araçları
a : Özel sıvı, temizleyici ve elektro mıknatıs.
b : Özel mıknatıs ayağı.

3 - Ultrasonik (sesötesi) Yöntemle Kaynak Kontrolü :

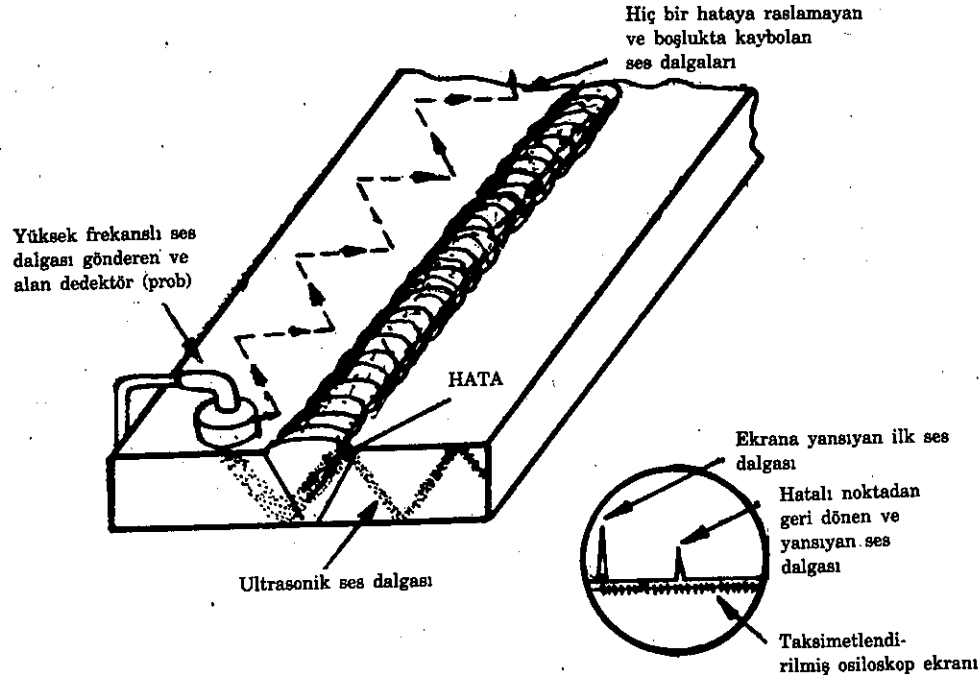
Diğer kontrol yöntemlerine göre daha yeni bir kontrol yöntemi olan bu yöntemde, yüksek frekanslı ses dalgaları kullanılmaktadır. Kaynağın ultrasonik yöntemle kontrolü sonunda hem yüzeydeki hatalar, hem de kaynak içindeki hatalar meydana çıkarılabilir. Şekil : 132 de görüldüğü gibi, kaynakla birleştirilmiş gerecin içine, dalga boyu çok kısa olan yüksek frekanslı ses dalgaları gönderilir. Kaynağın içinde veya dışında herhangi bir boşluk, çatlak ve benzeri hata olan yerlerden ileri geçemiyen ses dalgaları tekrar geri dönerek ekranda görünürler.

Çelik parçanın kalınlığına (dikiş yüksekliği 20 mm ve ses hızı da yaklaşık 6000 m/saniye veya, 6000.000 mm/saniye olduğuna göre, kaynak hatası olmasa idi, kaynağın bir başından diğer başına gidişi için geçecek zaman,

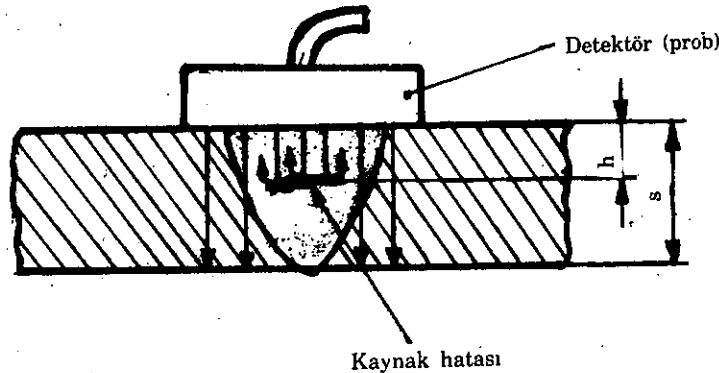
$$t = \frac{s}{c} = \frac{20}{6.10^5} = 3,3.10^{-6} \text{ saniye veya } t = 3,3 \text{ mikrosaniye olarak bulunur.}$$

Ses dalgasının kaynak içinde gidiş ve dönüş için gerekli olan zaman $2. t = 3,3.2 = 6,6$ mikrosaniye olacaktır. Bu açıklamaya göre, kaynaktaki hata derinliği, $t = \frac{h}{c}$ den, $h = t. c$ formülü ile hesaplanır.

Ses dalgasının kaynak hatasına gidiş ve dönüşü için geçen zamanın 2 mikrosaniye olduğu tesbit edilmiş ise hata derinliği, $h = 2 \cdot 6 \cdot 10^6 \cdot h = 12 \cdot 10^6$ mikromilimetre veya $h = 12$ mm olarak bulunur.



Şekil : 132 Ultrasonik yöntemle kaynak kontrolü.



Şekil : 133 V Kaynağındaki Hatanın Kontrolü

Ekranada, yansıyan ilk ses dalgası görüntüsünden başka bir yansıma yoksa, ses dalgaları boşlukta kaybolmuştur. Yani kaynak hatasızdır. Kaynakta hatanın olması halinde bunun ne kadar derinlikte olduğu taksimatlı osiloskop ekranında okunur. Bu durum hesapla da bulunabilir. Şekil : 133 de görülen 20 mm. kalınlığındaki çelik parça düz (V) kaynağı ile birleştirilmiş olsun. Bu kaynak tesbit edilen hatanın derinliğini hesaplayalım (hatanın varlığı ultrasonik yöntemle tesbit edilmiştir.)

Bazı metal ve ortamlar için ses hızları aşağıda belirtilmiştir :

Metal veya ortamın adı Hız işareti Hız değeri Birimi

Hava	c	343	m / sn.
Su	c	1460	m / sn.
Çelik	c	5930	m / sn.
Aluminyum	c	6100	m / sn.

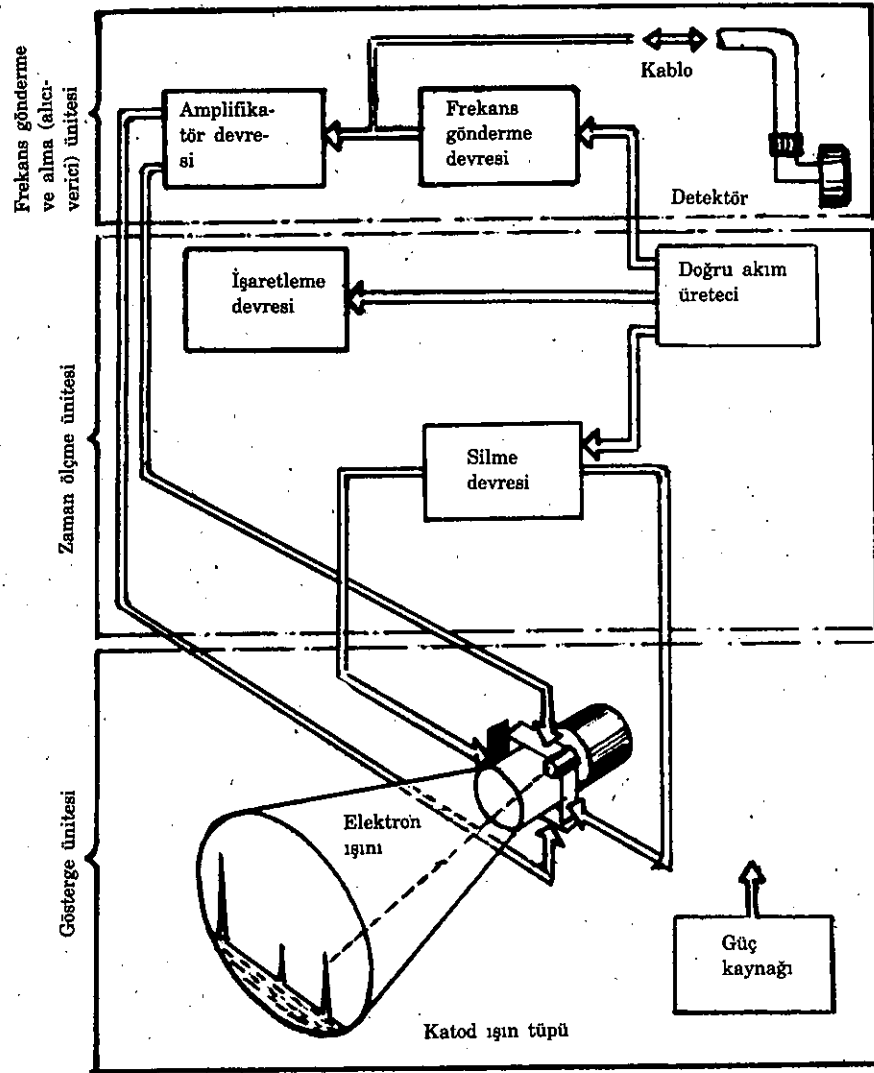
Ultrasonik yöntemi ile, ses iletebilme özelliğine sahip bütün gereçler ve bunların kaynaklı birleştirmeleri kontrol edilebilmektedir. Ayrıca, bu yöntemle, ölçülmesi çok zor hatta mümkün olmayan gereç kalınlıkları da kolayca ölçülebilir. Kaynak dikişlerinin kontrolü, dikiş dışındaki parça yüzeyinden de yapılabilir. Ultrasonik kontrol yönteminin bir ünitesi olan ve yüksek frekanslı ses dalgalarının gönderilip tekrar alınmasında kullanılan başlıklara verici - alıcı da denilmektedir. Bunların 200 kadar değişik tipte yapılmış olanları mevcuttur. Kontrolü yapılacak kaynaklı birleştirmeye en uygun olanını seçmek gerekmektedir. Bunlara, ultrasonik hata dedektörü de denilmektedir.

Şekil : 134 gereçlerin ve bunların kaynaklı birleştirmelerinin kontrolünde kullanılan ultrasonik yöntemin üniteleri görülmektedir.

4 - Röntgen ışınları (X ve gama ışınları) ile kaynak kontrolü :

Kaynak dikişlerinin kontrolünde en çok kullanılan yöntemlerden biri röntgen ışınları ile yapılan kontroldür. Uzunca bir tüp içerisine yerleştirilmiş biri anod diğeri katod olan elamanlara 100.000 ile 300.000 voltluk gerilim uygulanması sonucunda (X) ışınları elde edilir. Adı geçen tüpe röntgen tüpü denilmektedir.

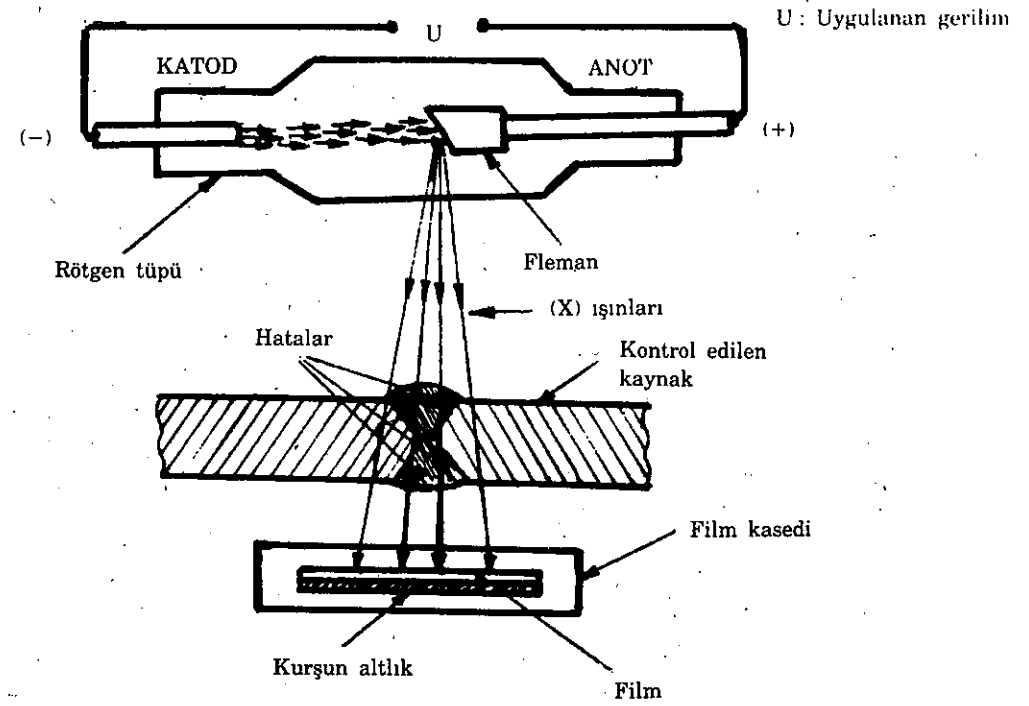
Röntgen tüpüne uygulanan yüksek gerilim tarafından, tüp içinde bulunan katod ve anod arasındaki uzaklık boyunca yüksek hızda ve kuvvetli bir elektron hareketi başlatılır. Yüksek gerilimle katoddan çıkan yüksek hızdaki elektronlarla anod bombarduman edilir. Bu bombarduman sonucu anod (X) ışınları vermeye başlar. Böylece elde edilen (X) ışınları anodda bulunan flemen tarafından kontrol edilecek kaynak yerine gönderilir. (X) ışınlarının metallere girme özellikleri vardır. Bu ışınların dalga boyları ile girecekleri



Şekil : 134 Ultrasonik kontrol yöntemi üniteleri.

malzemenin kalınlığı ters orantılıdır. Yani dalga boyu küçüldükçe (X) ışınlarının gireceği malzeme kalınlığı artar, dalga boyu büyüdükçe (X) ışınların gireceği malzeme kalınlığı azalır. Kontrolü yapılan kaynakta herhangi bir hata (çatlak, boşluk, kök hatası, v.b. gibi) yoksa, kaynağa giren

ışınlar şiddetlerinden eşit ölçüde değer kaybederek kaynak altında bulunan film kâğıdına ulaşır ve filmde aynı derecede tahribat yaparlar. Kaynakta hata olması halinde ise, hatanın olduğu yerden geçen ışınlar diğer hatasız yerlerden geçenlere göre şiddetlerinden daha az kaybederler. Bu durum, kaynak altındaki film kâğıdında farklı tahribat yaparlar. Işınların film üzerinde yaptığı tahribat durumuna göre kaynağın hatalı veya hatasız olduğu hakkında sonuca varılır. Buna göre de kaynak kontrol raporu hazırlanır. Şekil : 135 de röntgen ışınları ile kontrolü yapılan kaynaklı birleştirme görülmektedir.

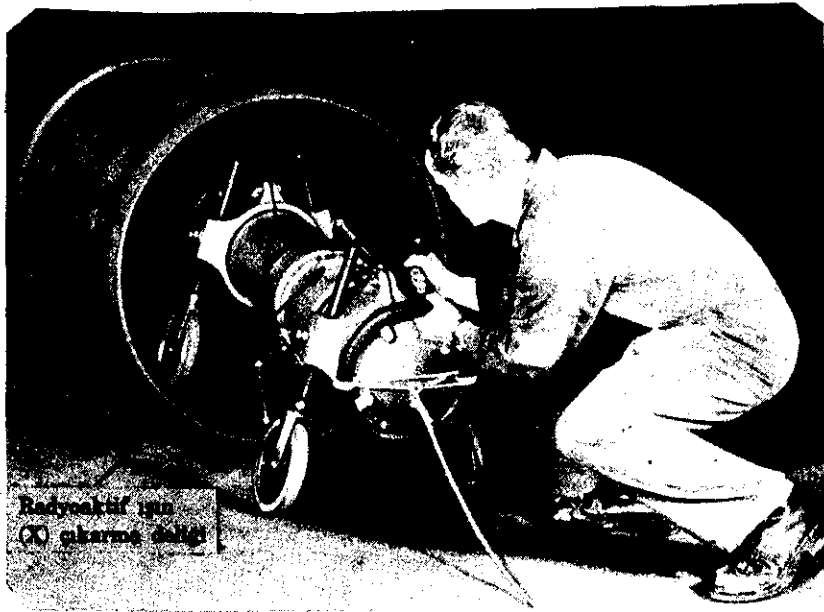


Şekil : 135 Röntgen ışınları ile kaynak dikişlerinin kontrolü.

Parça kalınlığına göre (X ve gama) ışınlarını gönderme zamanı da değişir. Örneğin, 10 mm kalınlık için 3 dakika, 20 mm kalınlık için 8 dakika, 25 mm kalınlık için 10 dakika zaman gerekmektedir. Röntgen cihazı çalıştıktan sonra 25 metre kadar uzağa gidilmesi gerekir. Aksi takdirde (X) ışınları insan vücuduna tesir ederek alyuvarların ölmesine neden olur. Bu da vücudun direncinin azalmasına neden olur. Vücutta yaraların çıkmasına, el ve ayaklarda şişmeler olur. Bu olaya radyasyon alma denir.

Röntgen ışınları ile kontrol yöntemine, radyografik kontrol de denir. Bu isimlendirme, kontrol işleminde kullanılan (X) ve (γ) ışınlarının radyoaktif maddelerden elde edilmesinden ileri gelmektedir. Bu ışınların elde edilmesinde kullanılan radyoaktif maddeler genellikle Kobalt 60, İridyum 192, Sezyum 137, Tantal 182, Talyum 170 dir.

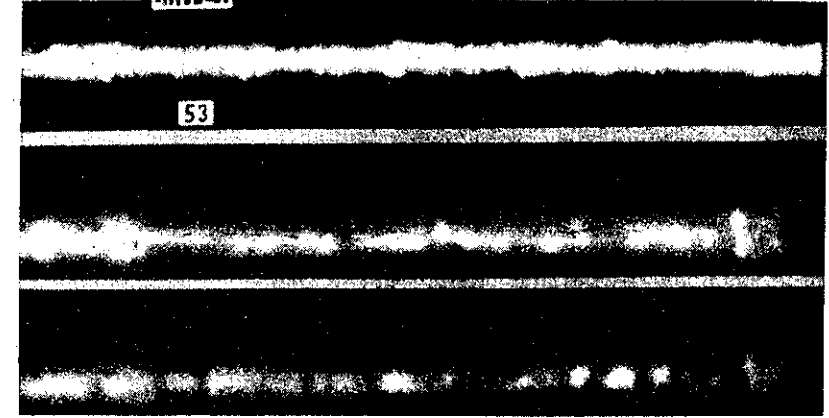
Büyük ve sabit olarak kullanılan röntgen cihazları olduğu gibi, 35 - 40 kg. ağırlığında kolay taşınabilen röntgen cihazları da vardır. Şekil : 136 da böyle bir cihazla kaynaklı bir borunun kontrolü görülmektedir.



Şekil : 136 Taşınabilir ve ayarlanabilir röntgen cihazı ile boru kaynağının kontrol edilmesi.

Röntgen (Xray) ile kontrollerde, çekilen filmler, fotoğraf yöntemi ile yıkanmaktadır. Negatif hale gelen filmler özel ışıklı kutularda incelenerek sonuç tesbit edilir. Filmlerde kaynak dikişleri, kristalleri kaba olduğu için, fazla ışık geçirmeleri nedeni ile beyaz olarak görüntü verirler. Beyaz sütun içersinde görülecek siyah belirtiler kaynak hatalarını yansıtmaktadır. Şekil : 137 de üç değişik film türü verilmektedir. Bu filmlere göre ;

- 1 - Kaynak dikişi hatasız ve sağlamdır.
- 2 - Kaynağın bazı yerlerinde çatlamalar vardır.
- 3 - Kaynak yeterince dikkatli yapılmamış ve curuf kalıntıları vardır.



Şekil : 137 Kaynak dikişlerinin üç ayrı durumlarını gösteren röntgen filmi

5 - Kaynağın Pratik Kontrol Yöntemi :

Kaynak dikişlerinin yüzey hataları hakkında fikir sahibi olabilmek için bazı pratik yöntemler uygulanmaktadır. Bunlar,

- 1 - Boya ile yapılan kontrol,
- 2 - Sabun köpüğü ile yapılan kontrol,
- 3 - Gazyağı veya mazot kullanılarak yapılan kontrol olmak üzere üç maddede toplanabilir.

1 - Boya ile yapılan kontrol :

Kontrol edilecek kaynak dikişlerinin yüzeyleri, curuf, oksit, yağ ve benzeri pisliklerden temizlenir. Temizlenmiş olan bu yüzeye, kırmızı veya siyah renkteki inceltilmiş boya püskürtülür. Boyanın kaynak dikişinde bulunan (varsa) çatlak ve küçük deliklere girmesi için bir süre beklenir. Bu süre 3 ile 60 dakika arasındadır. Kullanılan boyanın viskozitesine, kaynaklı gerecin özelliğine ve kontrol yapılan ortamın sıcaklığına göre değişik değerler alabilir. Bekleme süresi bitiminde dikiş yüzeyindeki ilk boyalar su ile yıkanarak temizlenir. Aynı yüzeye ikinci kez çok çabuk kuruyabilen açık renkli (beyaz renk tercih edilmelidir) bir boya daha atılır. Bu boya 3 ile 5 dakikada kurur. Önceden atılan ve kaynak dikişine girmiş bulunan kırmızı veya siyah renkli boya dikiş yüzeyine çıkacaktır. Bu boyanın çıktığı yerlerdeki şekline (çizgi, nokta, çizgi nokta karışımı gibi) göre yorum yapılarak kaynak hatası hakkında bilgi edinilmiş olur. Bununla ilgili bir uygulama örneği şekil : 138 de gösterilmiştir.

Geniş açıklık veya büyük çatlak
Yüksek akımda yapılmış kaynak

İç çatlamlar ; Parçalı veya
bindirme kaynaklarda

Çatlamaya veya soğumadan oluşan
gerilmeler.

Çuruf veya bol miktarda hava
kabarcığı bulunan kaynak

Şekil : 138 Boya ile kaynak dikişi kontrolü.

2 - Sabun köpüğü veya sabunlu su ile kontrol :

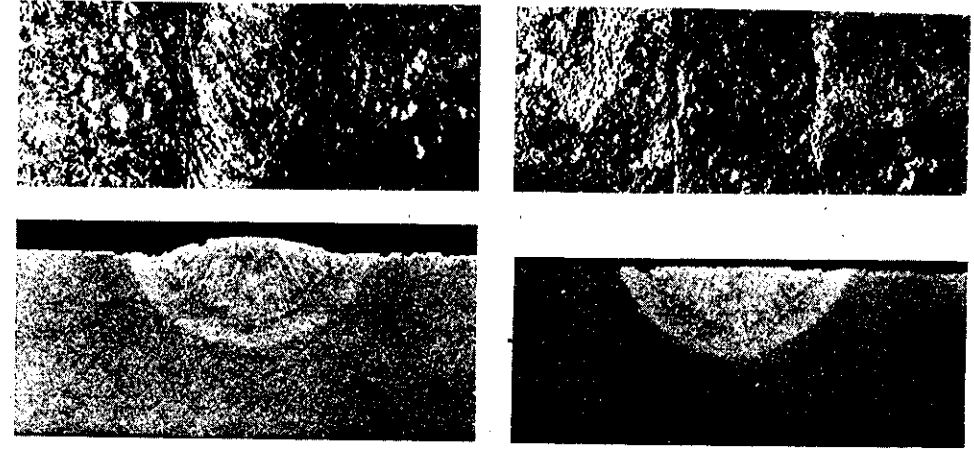
Kontrol edilecek dikiş üzerine sabun köpüğü sürülür. Bu işlem, köpük yapabilecek başka bir madde ile de yapılabilir. Bundan sonra kaynak hafifçe ısıtılır. Dikişteki hatalara girmiş ve köpük altında kalmış olan hava kabarcıklar halinde dışarı çıkmaya başlar. Böylece hava kabarcığının çıktığı her yerde bir hata olduğu anlaşılmış olur. Kaynakla birleştirilmiş basınçlı kaplar, borular, kazanlar ve benzerleri için bu kontrol, sabunlu su bulunan büyük havuzlarda da yapılabilir. Havuza konulan bu kaynaklı birleştirmelere basınçlı hava verilmek suretiyle su içinde bulunan sabunun köpüklenmesi ve hava kabarcıklarının çıkması sağlanır. Hava kabarcıklarının çıktığı yerlerde kaynak hatası bulunduğu anlaşılır.

3 - Gazyağı veya mazotla yapılan kontrol :

Pek sağlıklı olmamakla beraber, kaynak dikişleri gazyağı veya mazotla da kontrol edilebilmektedir. Bunun için dikiş yüzeyine fırça ile mazot veya gazyağı sürülerek bunun kaynak dikişine girmesi sağlanır. Daha sonra kaynak dikişi yaklaşık 150 ile 200 °C sıcaklığa kadar ısıtılır. Böylece dikişe girmiş bulunan gazyağının buharlaşarak dışarı çıkması sağlanır. Gazyağının buharlaşarak çıktığı yerlerden veya buralardaki izlerden (renk farkı) kaynak dikişinde hata olduğu anlaşılır.

B - Tahrip Edici Kaynak Kontrol Yöntemleri :

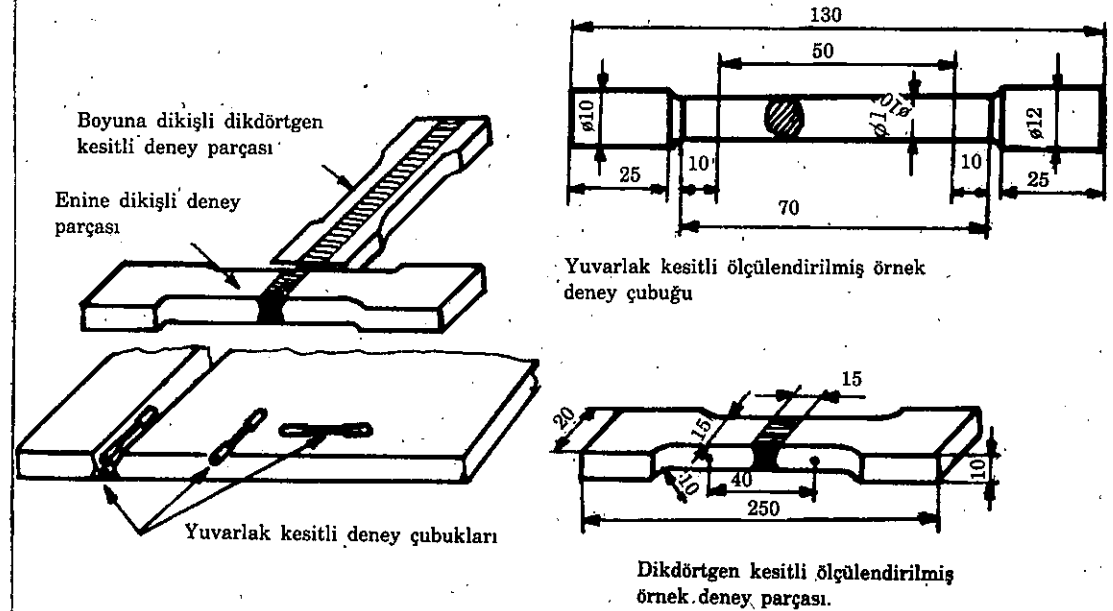
Kaynaklı birleştirmelerin mikroyapıları, mekaniksel özellikleri, eğilebilme yetenekleri ve genel dayanımları hakkında bilgi sahibi olmaktadır. Kaynağın tahrip edilerek kontrolünün yapılmasında kullanılan tüm kontrol yöntemlerine tahribatlı kaynak kontrol yöntemleri denir. Bu yöntemlerin uygulanması ile kontrol edilen kaynaklı birleştirmeler, genellikle tahrip edildikleri için kullanılmazlar. Şimdi tahrip edici kaynak kontrol yöntemlerini inceleyelim. Şekil: 183/a da Kaynak kristalleri incelenmektedir.



Şekil 138/a Kaynak Dikişleri ve Kristalleri

1 - Kaynakların Çekme Kontrolü :

Kaynağın çekme dayanımı ile ilgili Sayfa : 176 da belirtilen özellikleri ve bunların değerleri hakkında bilgi sahibi olabilmek için yapılan kontrol işlemine çekme kontrolü denir. Bu özellikler şunlardır,

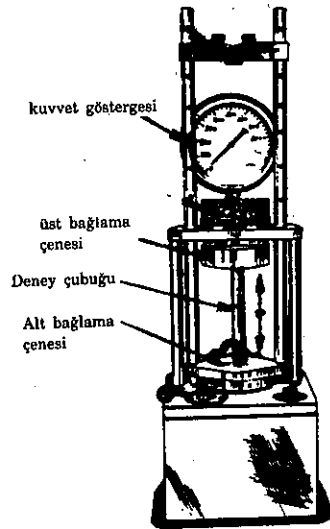


Şekil : 139 Çekme kontrolü için örnek çubuk ve parçaların hazırlanışı.

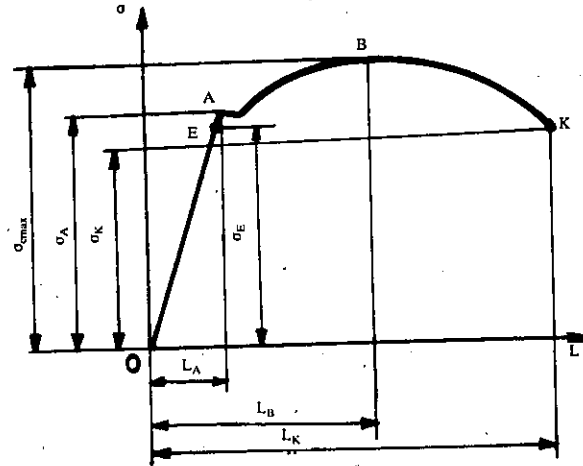
- 1 - Çekilme dayanımı,
- 2 - Esneklik (elastiklik) sınırı,
- 3 - Akma noktası veya akma dayanımı,
- 4 - Kopma noktası veya kopma dayanımı,
- 5 - Kesit daralması,
- 6 - Kopma uzaması gibi.

Bunun için şekil : 139 da görüldüğü gibi standard şekil ve ölçüde deney çubuğu hazırlanır.

Standart ölçüde hazırlanmış yuvarlak veya dikdörtgen kesitli örnek deney parçalarının içinde bulunan gazların (özellikle hidrojenin) dışarı çıkması için 250°C sıcaklığa kadar ısıtılmaları gerekir. Isıtma işleminden sonra bu parçalar, yaklaşık oda sıcaklığına kadar soğutulduktan ($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$) sonra, şekil : 140 görülen hidrolik çekme makinasında kontrole tabi tutulur. Makina tarafından uygulanan çekme kuvvetinin yönü kontrol edilen parçadan dışa doğrudur. Doğrultusu ise parça kesitine dik doğrultudadır. Çekme işlemi parça kopuncaya kadar devam eder. Çekme kontrolü yapılan parçanın akma sınırına, esneklik sınırına, kopma sınırına veya noktasına, karşılık olan kuvvet değerleri makinanın üzerindeki göstergeden okunur. Böylece kaynağın hangi noktaya kadar esneklik özelliğini koruduğunu, hangi noktada akmaya başladığı ve ne kadarlık kuvvetle koparıldığı hakkında bilgi sahibi

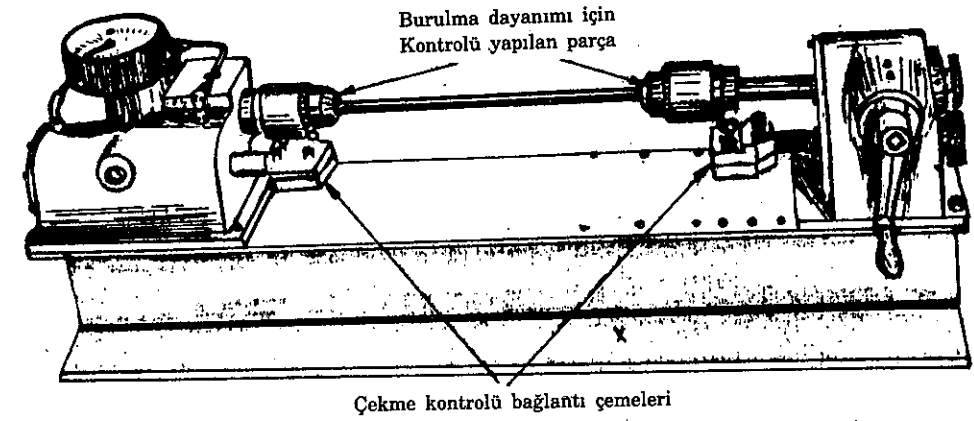


Şekil : 140 Hidrolik çekme makinası

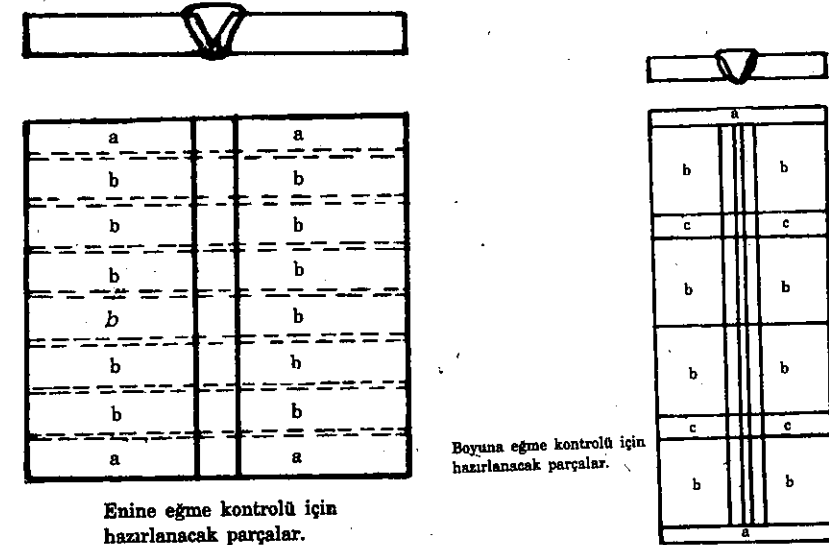


Şekil : 141
Gerilme - uzama diyagramı (örnek)
 σ = Gerilmeler, L = Uzamalar

olunmaktadır. Aynı kaynak parçasının boy uzaması ve kesit daralması hakkında da fikir edinilmiş olunur. Çekme deneyi yapılan kaynak için (diğer gereçlerde olduğu gibi) bir GERİLMELER - UZAMALAR diyagramı hazırlanarak gerekli bilgiler bu diyagram üzerinde gösterilir. Böyle bir diyagram örnek olarak şekil : 141 de gösterilmiştir. (% 085 karbonlu çeliklerin kaynak dikişinde alınan çekme çubuğu diyagramı).



Şekil : 142 Küçük deney parçalarının çekme ve burulma kontrolünde kullanılan elle çalışan kontrol makinası.



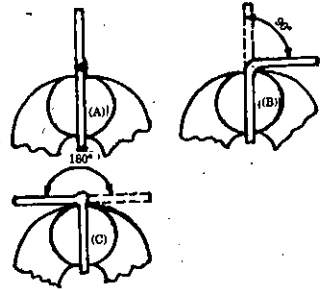
Enine eğme kontrolü için hazırlanacak parçalar.

Boyuna eğme kontrolü için hazırlanacak parçalar.

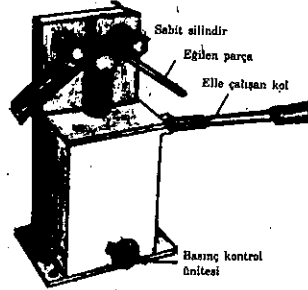
Şekil : 143 Enine ve boyuna eğme kontrolü için hazırlanacak parçalar.

2 - Kaynakların Eğme Kontrolü :

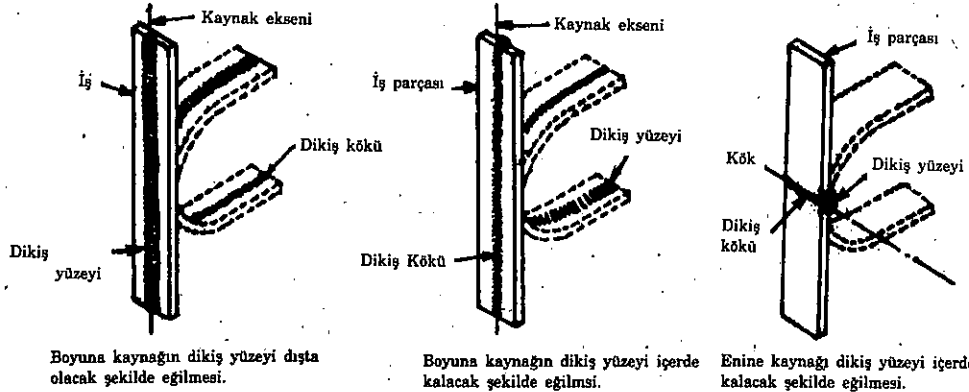
Kaynakların eğme kontrolü alın alına birleştirilmiş malzemeler için uygulanır. Bu kontrol işlemi ile daha çok kaynağın ve kaynaklı parçaların değişik açı ve durumlarda şekil değiştirme yetenekleri kontrol edilir. Bunun için şekil : 143 de görüldüğü gibi birden fazla deney parçası hazırlanır. Bu örnek parçalar değişik şekillerde elle veya makina ile eğilirler. Eğme işlemlerine ait değişik örnekler şekil : 143 de görülmektedir.



Eğme kontrolü için hazırlanan örnek parçaların menenode eğilmesi.



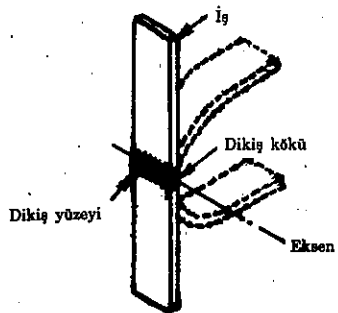
Eğme kontrolü için hazırlanan örnek kaynaklı parçanın hidrolik makina ile eğilmesi.



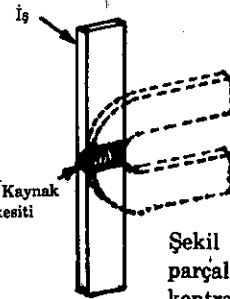
Boyuna kaynağın dikiş yüzeyi dışta olacak şekilde eğilmesi.

Boyuna kaynağın dikiş yüzeyi içeride kalacak şekilde eğilmesi.

Enine kaynağın dikiş yüzeyi içeride kalacak şekilde eğilmesi.



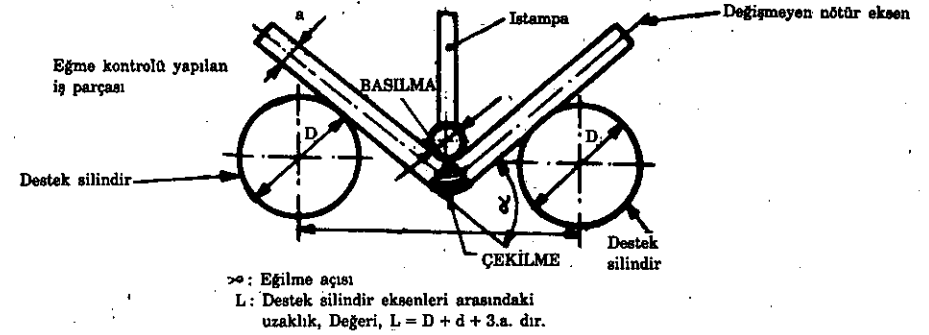
Enine kaynağın dikiş yüzeyi dışta kalacak şekilde eğilmesi.



Alın kaynağının kılıçlamasına eğilerek kontrol edilmesi.

Şekil : 144 Önceden hazırlanmış örnek parçaların değişik durumlarda kontrol edilmesi.

Eğme kontrolü için hazırlanan parçaların genişliği genellikle 30 mm olarak hazırlanır. Bu parçaların kalınlığı 10 - 15 mm ve boyları da 250 mm. olmalıdır. Parça kalınlığı arttıkça bu ölçülerde de artış olur. Eğme işlemi silindirik elamanlarla yapılacaksa ıstampa çapı parça kalınlığının iki katı kadar alınır. Şekil : 145 silindirik yüzeyler üzerinde eğme kontrolü yapılan kaynaklı parça görülmektedir.



a : Eğilme açısı
L : Destek silindiri eksenleri arasındaki uzaklık, Değeri, $L = D + d + 3.a$ dir.

Şekil : 145 Silindirik yüzeyler üzerinde eğme deneyi.

Şekil : 145 den de anlaşılacağı gibi eğilen parçanın dış kısmında çekilme, iç kısmında da basılma gerilmesi meydana gelir. Eğme kontrolü yapılan parçanın dış kısmında çatlama (Şekil : 145) oluncaya kadar eğme işlemine devam edilir. Bu durumda eğme açısı ölçülür, parça kaynak yerinden kırılmak suretiyle kaynak kesiti de incelenebilir. Böylece alını kaynağı yapılan birleştirmelerin eğilebilme yetenekleri hakkında yeterli bilgi edinilir. Buna göre kaynağa devam edilir veya edilemez.

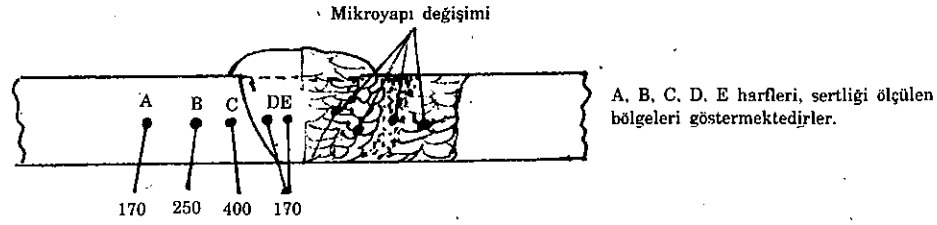
3 - Kaynaklarda Sertlik Kontrolü:

Kaynaklarda sertlik kontrolü, sert dolgulardaki sertlik değerini ve birleştirme kaynaklarındaki sertlik değişimini ölçmek için yapılmaktadır. Kaynaklarda sertlik kontrolü aşağıda belirtilen yöntemlerle yapılır :

- 1 - Brinell sertlik ölçme yöntemi,
- 2 - Vickers (vikers) sertlik ölçme yöntemi,
- 3 - Rockwell (rokvel) sertlik ölçme yöntemi. Rockwel sertlik ölçme ise ;
a - Rockwel - B ve Rockwel - C diye ikiye ayrılır.

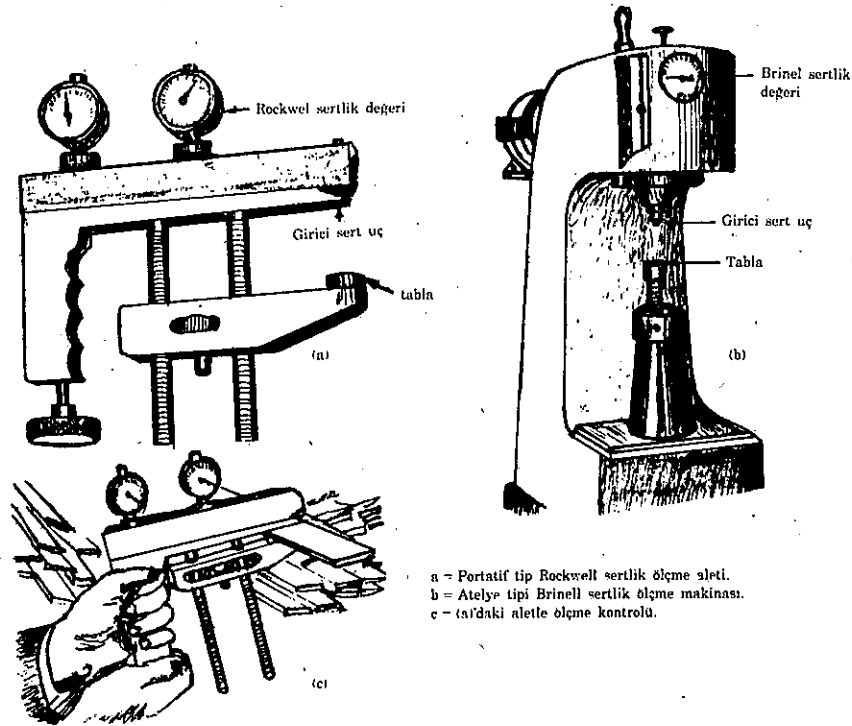
Kaynakların sertlik kontrolünde en çok Brinell (birinel) yöntemi ile Rockwell (rokvel) - C yöntemi kullanılmaktadır. Şekil : 146 da alın kaynağı

yapılmış çelik parçada sertlik değişiminin birinel yöntemi ile kontrol edilmiş durumu görülmektedir.



Şekil : 146 Bileşiminde % 0,80 karbon bulunan çeliğin aln kaynağı kesitine Brinel cinsinden sertlik değişimi.

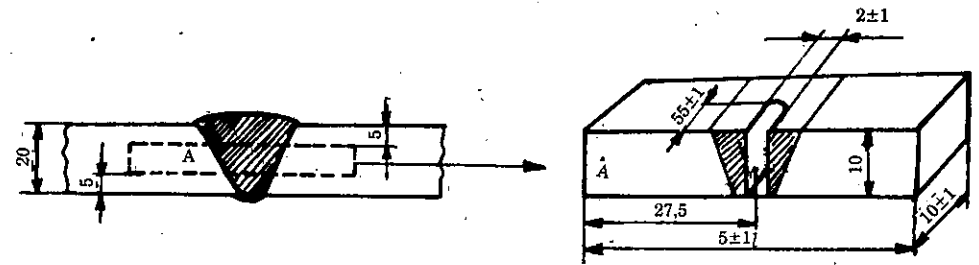
Sertlik kontrolü laboratuvar tipi makinalarla yapıldığı gibi, elle taşınabilen küçük tip aletlerle de yapılmaktadır. Şekil : 147 de bunlara ait örnekler gösterilmiştir.



Şekil : 147 Sertlik kontrolünde kullanılan alet ve makinalar.

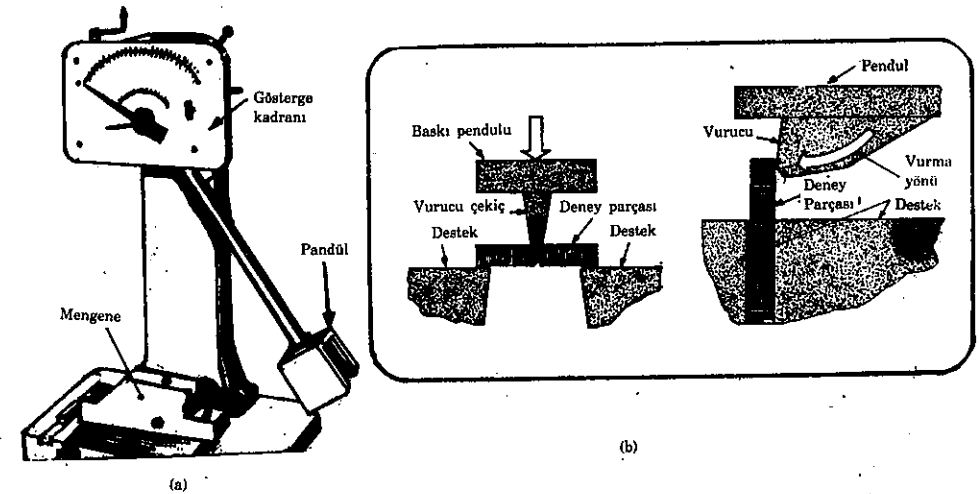
4 - Kaynakların çentik darbe kontrolü :

Kaynakların çentik darbe kontrolü ile, çentik darbesine karşı dayanımları ve kırılmadan sonraki kesit görünüşleri kontrol edilmektedir. Kontrol parçaları kaynak dikişine dik doğrultuda çıkarılır. Şekil : 148 de görüldüğü gibi kaynaklı parçadan çıkarılan örnek kontrol parçası talaş kaldırılarak işlenir ve çentiklenir. Ölçeleri de verilmiş olan bu kontrol parçası şekil : 149 da görülen makinalarda kırılarak darbeye karşı çentik dayanımı ölçülür ve kırılan kesitin incelenmesi ile de kaynaktaki iç hatalar doku hakkında bilgi edinilir.



Şekil : 148 Çentik darbe dayanımı için kontrol parçası hazırlanması.

Hazırlanan parça şekil : 149/a'daki makinada, şekil : 149/b de görüldüğü gibi yapılmaktadır.



Şekil : 149 Çentik darbe kontrolünün yapılışı.

5 - Mikroskopik kaynak kontrolü :

Bu yöntem, kaynak dikişlerinin metalurjik yönden laboratuvarında kontrol edilmesi yöntemidir.

Kontrol edilecek kaynak dikişinden çıkarılan örnek parçanın yüzeyi, talaş kaldırılarak tesviye edilir. Daha sonra yüzeyde herhangi bir iz kalmıyacak şekilde örnek parça ayna gibi polisaj yapılarak parlatılır. Bu şekilde hazırlanan parça veya parçalar mikroskop altında incelenerek kristal yapılarındaki farklılıklar görülür. Kaynak dikişinin kristal yapısı daha kaba dokulu olduğu için seçimi kolay yapılır. Kaba dokuda görülecek hatalar kaynak dikişini ilgilendirir. Doku 50 ile 5000 arasında çok büyütüldüğü için dikişteki en küçük hataların bile görülmesi mümkün olur. Bunun için kaynak yüzeyinin çok temiz olması gerekir. Parlatılmış ve temizlenmiş dikiş yüzeyini dağlamak için örnek bir sıvı karışımı ise % 10 nitrik asitle, % 90 alkol (nitrol) karışımıdır. Şekil : 138/a da fotoğrafı çekilmiş kristal dokular görülmektedir.

6 - Makroskopik kaynak kontrolü :

Bu yönteme, kaynak alanındaki kristal oluşumlarının kaba kontrolü denebilir. Çünkü, kaynak dikişi 10 ile 30 defa büyütülmek suretiyle dikişte hatalar aranmaktadır. Bu hatalar çatlak, gaz kabarcığı, curuf kalıntısı, kenar yenmeleri, dikişin esas gereçle birleşmeme gibi hatalarıdır. Bunlar makro düzeyde mikroskop altında incelenerek görülebilir. Bu yöntemle kristal yapısını net olarak görmek mümkün olmaz. Bunun için yöntemle makroskopik yöntem denilmekte ve ancak kabaca yüzey hataları görülerek değerlendirilmektedir. Kontrolün sağlıklı olması için kaynak alanı asitle dağlanarak temizlenir. Kaynak yerinin büyültme tekniği, büyüteçle mikroskop arasında bir işlem olarak nitelendirilebilir.

7 - Kimyasal analiz kontrolü :

Gereçlerin kaynak yeteneğini kontrole yarıyan bir yöntemdir. Kaynak firmaları dışında kimya endüstrisinin laboratuvarlarında yapılmaktadır. Çok pahalı bir yöntem olması nedeni ile zorunlu olmadıkça bu yöntemle kontrol pek yapılmamaktadır. Çok önemli bir parçanın kaynak yöntemini belirlemek için kimyasal analiz yapılabilir. Kaynak sonrası kimyasal analiz yapılmasına gerek yoktur.

SORULAR :

- 1 - Kaynak kontrolünün önemini belirterek, kaynak kontrolünün tanımını yapınız.
- 2 - Kaynak hataları hangi işaretlerle gösterilir, bu işaretler kontrol raporlarında nasıl belirtilir ?
- 3 - Kaynak kontrol yöntemlerini maddeler halinde yazınız.
- 4 - Kaynak dikiş ölçülerinden ne anlıyorsunuz, bu ölçüler nasıl kontrol edilir ?
- 5 - Mağnetik yöntemle kaynak kontrolünü açıklayınız.
- 6 - Ultrasonik yöntemle kaynak kontrolünü açıklayınız.
- 7 - Kaynak dikişi bünyesinde bulunan ve gözle görülemeyen kaynak hatasının derinliği ultrasonik yöntemle nasıl tesbit edilir ?
- 8 - En çok kullanılan röntgen ışınları ile kaynak dikişlerinin kontrolü nasıl yapılmaktadır ?
- 9 - Boya ile kaynak kontrolü nasıl yapılmaktadır ?
- 10 - Sabun köpüğü ile kaynak kontrolünü açıklayınız.
- 11 - Kaynakların çekme kontrolü niçin ve nasıl yapılır ?
- 12 - Kaynakların eğme kontrolü niçin ve nasıl yapılır ?
- 13 - Kaynakların sertlik kontrolü niçin ve nasıl yapılır ?
- 14 - Kaynakların çentik darbe kontrolü niçin ve nasıl yapılır ?
- 15 - Mikroskopik, makroskopik ve kimyasal yöntemlerle kaynak kontrollerinin nasıl yapıldığını açıklayınız.

KAYNAK DAYANIM HESAPLARI

Kaynaklı olarak birleştirilen gereçlerin kaynak dikişi ve yakın bölgesindeki dayanımı önemlidir. Gereçlerin kaynak yapılmadan önceki dayanımlarını eşit veya en yakın değerde olması kaynaktan beklenen en büyük amaçtır. Ancak, kaynak sırasında ve sonrasında kaynağı etkileyen çeşitli faktörler bu amacın gerçekleşmesine engel olmaktadır. İşte bilim ve teknolojinin gelişmesine paralel olarak gelişmekte olan kaynak teknolojisinin amacı, aşağıda belirtilen faktörlerin kaynağa olan olumsuz etkilerini en aza indirmektir. Gerekirse yok etmek ve kaynak bölgesindeki dayanımlara kaynak yapılmış gerecin diğer bölgelerindeki dayanım arasındaki farkı mümkün olduğu kadar en küçük değerlere indirmektir.

Kaynağı Etkileyen Faktörler :

1 - Kaynak öncesi, 2 - Kaynak sırasındaki, 3 - Kaynak sonrası,

Kaynağı etkileyen kaynak öncesi faktörleri düşünmek ve hesaplamak önemlidir. Kaynağın hangi kaynak yöntemi ile ve nasıl yapılacağı konusunda karar veren tasarımcının bu konulardaki yetiştikliğine bağlı olarak alınan kararlar, kaynağı etkilerler.

2 - Kaynağın yapılışı sırasındaki faktörler :

- Isı faktörü (kaynak bölgesinde ve malzemede meydana gelen fiziksel, kimyasal ve metalurjik değişiklikler)
- Ortam faktörü (hava, gaz, kaynak tozu, su gibi)
- Elektrod faktörü (örtülü elektrod, özlü elektrod, çıplak elekteli)
- Malzeme (gereç) faktörü (kaynatılacak gerecin özellikleri)
- Kaynakçı faktörü (kaynakçının bilgi, beceri ve tecrübesi)

3 - Kaynak sonrası faktörler :

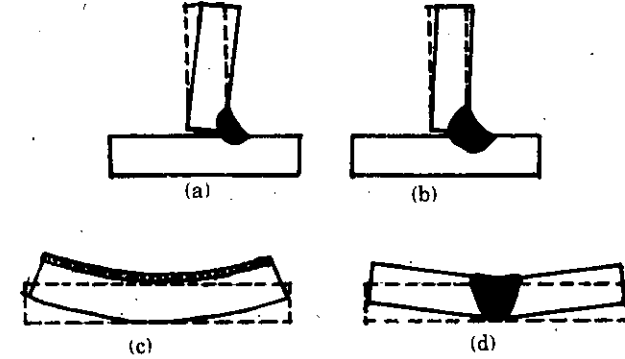
- Korrozyon (çürüme) faktörü
- Yorulma (yaşlanma) faktörü

Kaynaklı birleştirmelerdeki kaynak ölçülerinin tasarımcı tarafından dayanım amaçlarına uygun olarak çok iyi bir şekilde hesaplanarak belirlenmesi gerekir. Bu da, iyi bir dayanım, malzeme ve kaynak teknolojisi bilgisini gerektirir. Kaynaklı birleştirmenin sağlam ve uzun ömürlü olmasında,

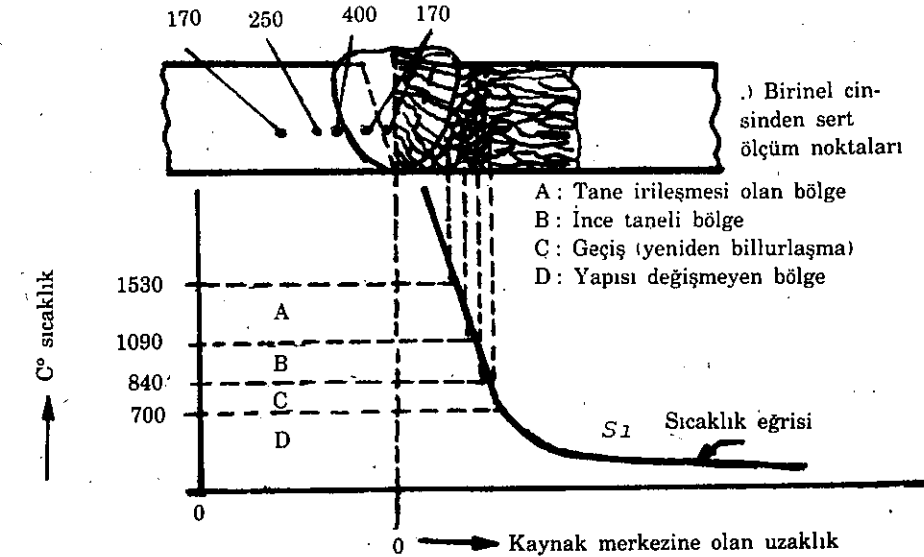
- Kaynak öncesinde tasarımcılara,
- Kaynağın yapılışı sırasında uygulayıcılara,
- Kaynak sonrasında kullanma ve kontrol görevini yapanlara büyük sorumluluklar düşmektedir. Bazan tasarım, uygulama ve kullanma ve kontrol görevi bir kişi tarafından da yapılmaktadır. O zaman bu kişinin, taşıdığı ağır ve önemli sorumluluğun bilinci ile hareket etmelidir.

Bu sorumlulukların gerektiği gibi yerine getirilmelidir. Konunun ciddiye alınmaması sonucu çelik yapılarda, çelik köprülerde, basınçlı kaplarda, vinçlerde, makinelerde ve benzeri kaynaklı birleştirmelerde çökmeler, kırılmalar ve çatlamlar meydana gelir. Böylece can ve mal kayıpları olur.

Şekil : 150 de, kaynağı etkileyen en önemli faktörlerden biri olan ısının meydana getirdiği iç gerilmelerin tesirleri görülmektedir. Ayrıca ısının kaynakta ve yakın bölgesinde meydana getirdiği mikro yapı ve sertlik değişimi de Şekil : 151 de gösterilmiştir. Deney parçası, bileşiminde 0,80 oranında karbon bulunan çelik malzemedir.



Şekil : 150 Isı faktörünün meydana getirdiği iç gerilmelerin neden olduğu şekil değişikliği.

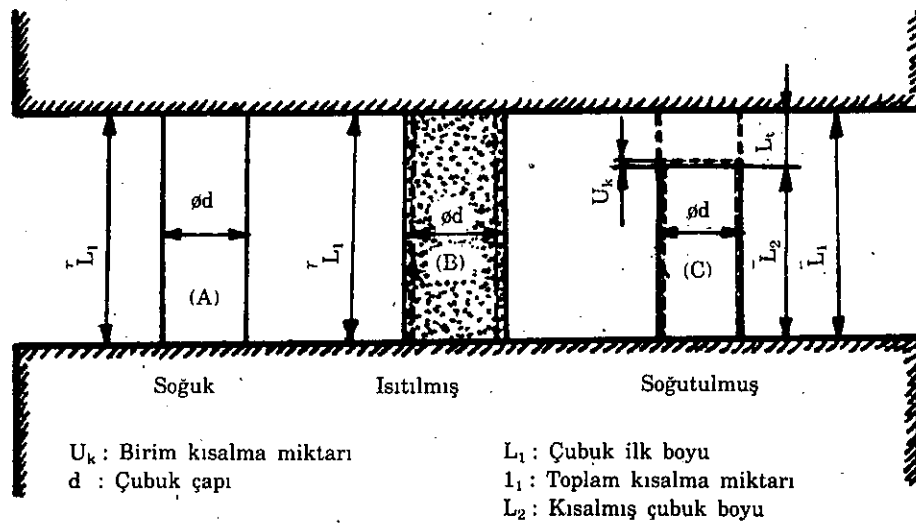


Şekil : 151 Isı faktörünün meydana getirdiği mikro yapı ve sertlik değişimi.

$l_t = L^t \times a \times t$ olur. Çubuğun birim boyundaki uzama miktarı ise, toplam uzama miktarının çubuğunun ilk boyuna bölünmesi ile elde edilir. Birim uzama miktarına (U) dersek, $U = \frac{Lt}{L_1} = \frac{L_1 \times a \times t}{L_1} = a \times t$ olur.

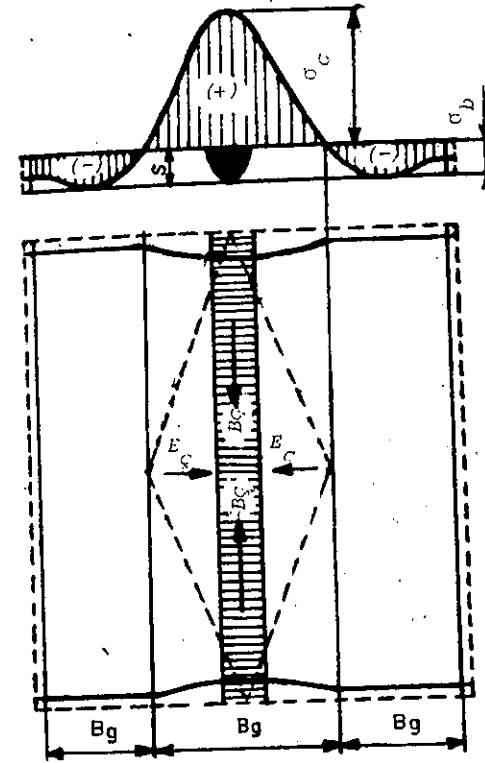
Veya $U = a \times t$ olarak yazılır. (I)

Şekil: 153 de ısıtılan fakat serbestçe genişlemesi önlenmiş olan ve bu nedenle boyunda meydana gelen kısalma görülmektedir. Çubukta meydana gelen uzamalar, çekilme gerilmeleri sonucunda, kısaltmalar ise basılma gerilmeleri sonucunda oluşmaktadır.



Şekil: 153 Isıl genişlemesi önlenmiş çelik çubukta boy kısaltması.

Isınan veya soğuyan her cisimde meydana gelen bu olaylar, en yaygın birleştirme elemanı olan kaynakla birleştirilen bağlantılar için de geçerlidir. Gereçler ister eritilerek, ister eritmeden (katı durumda veya basınç altında) birleştirilmiş olsun mutlaka bir ısı enerjisi etkisinde kalacaktır. Bu etkileme, kaynaklı birleştirmede ısınma ve soğuma şeklinde olacağından kaynak yerinde ve yakın bölgelerde çekilme ve basılma iç gerilmelerinin doğmasına neden olur. En yüksek sıcaklığın bulunduğu kaynak dikişinde ve iki tarafında çekilme gerilmeleri (zorlamaları), kaynatılan parçaların diğer bölgelerinde ise basılma gerilmeleri (zorlamaları) meydana gelir. Şekil: 154 de alın kaynağı ile birleştirilmiş kaynaklı bir birleştirmede gerilme türleri ve alanları görülmektedir.

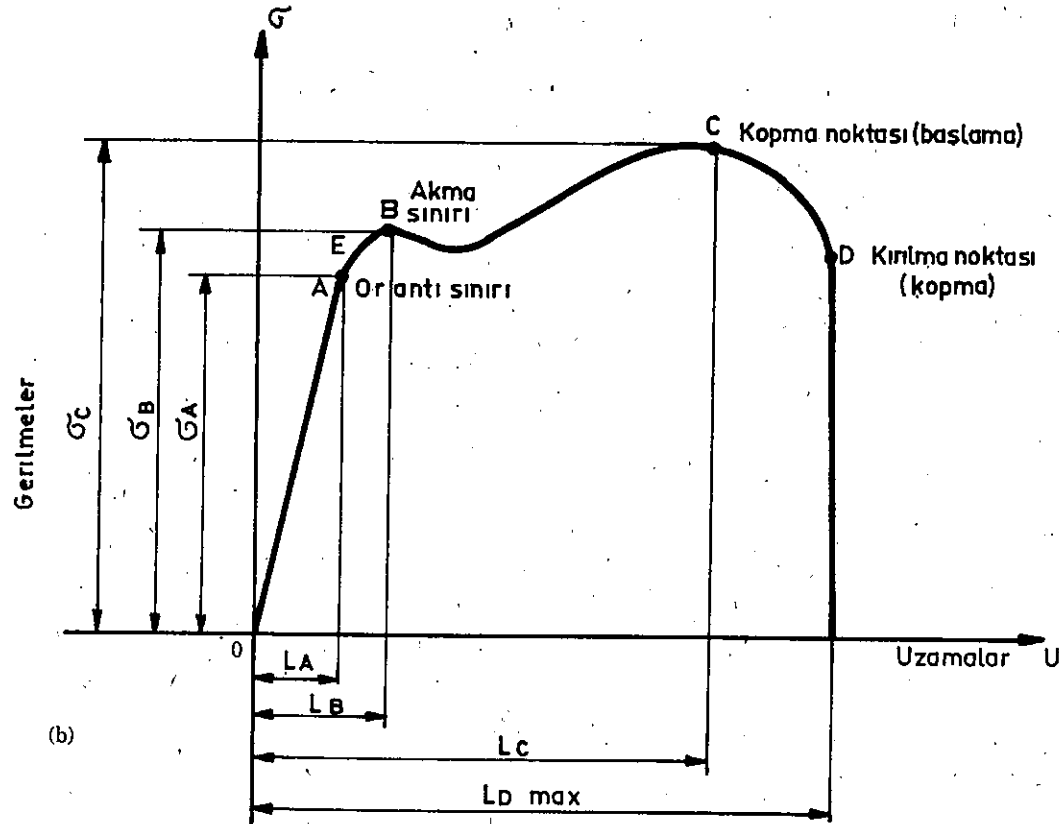
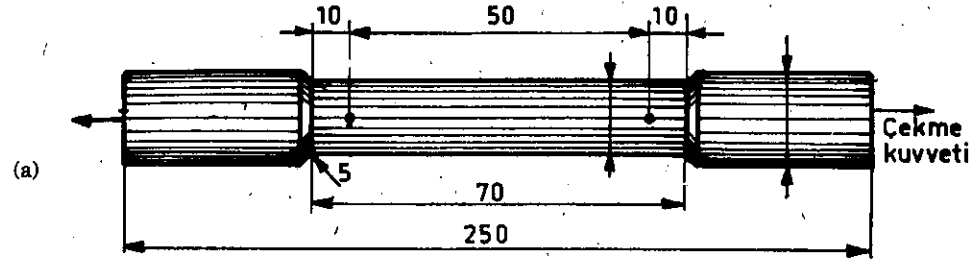


Şekil: 154 Kaynaklı bağlantıda çekilme ve basılma gerilmeleri.

2 - Dış Kuvvetlerin Etkisi İle Meydana Gelen Gerilme ve Uzamalar :

Isınan cisimlerde boyca ve hacimce büyüme, soğuyan cisimlerde ise boyca ve hacimce küçülme olduğunu gördük. Şimdi, standart ölçülere göre hazırlanmış yumuşak çelik veya bu çeliğin özelliklerini taşıyan kaynak dikişinden elde edilmiş çekme deney çubuğunun dış kuvvet etkisindeki gerilme ve uzama durumunu inceleyelim. Bu amaçla hazırlanmış çekme deney çubuğu ve buna ait gerilme - uzama diyagramı Şekil: 155/a, b de gösterilmiştir. Çekme deneyi makinasının çeneleri arasına bağlanarak uygulanan kuvvet etkisi ile çekilmeye zorlanan çelik malzemede, Hook (Huk) kanunu gereğince meydana gelen gerilmelerle uzamalar doğru orantılı olarak artar. Bu durum diyagramda OA doğru çizgisi ile gösterilmiştir. Bu nedenle (A) noktasına orantı sınırı

denir. Deney çubuğuna kuvvet uygulanmasına devam edildiğinde, buna paralel olarak gerilme artar. Ancak çubukta meydana gelen uzamalar bir öncekine göre daha çok artar. Yani gerilmelerle uzamalar arasındaki doğru orantı bozulur.



Şekil : 155 Yumuşak çelik malzemede veya bu çeliğin özelliklerini taşıyan kaynak dikişinin çekme deneyinde GERİLME - UZAMA diyagramı.

(B) noktasında çubukta oluşan az miktardaki gerilme veya kuvvet artışına karşılık çubuk boyunda çok hızlı bir artış olur. İşte bu noktada malzeme akmaya başlamıştır. Bunun için (B) noktasına akma sınırı denir. Bu noktadaki gerilmeye de malzemenin akma gerilmesi veya akma limiti denir. (C) noktasında malzeme kopmaya başlar. Bu noktada malzeme en büyük gerilme değerini alır ve uzama miktarı en yüksek değere yaklaşır. Bundan sonra çok kısa bir zaman aralığında malzeme kopar (kırılır). Bu anda gerilme değeri sıfırdır. Bu diyagramlar uzayabilen yumuşak veya sert malzeme için elde edilebilir.

Boy kısalması ve hacim büyümesi ile sonuçlanacak kaynaklı birleştirmelerdeki kaynak dikişleri için de basılma gerilmesi ve kısalma diyagramları da çekme deneyindeki kuvvete göre ters yönde kuvvet uygulanmak suretiyle elde edilebilir.

Şekil : 155 de gösterilen diyagramda (A) orantı sınırına kadar olan uzamaları dikkate alır ve toplam uzama miktarına (l_A) dersek, birim uzama miktarını da (U) ile gösterirsek birim boydaki uzama miktarı $U = \frac{l_A}{L_1}$ olur.

Toplam uzama miktarı olan $l_A = a \times L_1 \times G$ olduğundan,

$$U = \frac{a \times L_1 \times G}{L_1} \text{ yazılır.}$$

Böylece "U" değeri bulunmuş olur. Elastiklik sınırı veya orantı sınırı içinde (diyagramda esneklik sınırı orantı sınırı ile akma sınırı arasında olup orantı sınırına çok yakındır) kalmak kaydı ile, bütün cisimlerde orantı sınırındaki gerilme değerinin birim uzama miktarına bölümüne o cismin esneklik modülü denir. Yani $E = \frac{G_c}{U}$ veya $U = \frac{G_c}{E}$ dir. Başka bir tanımlama ile cisimlerin genleşme katsayısının tersine o cismin esneklik modülü denir. Yani, $E = \frac{1}{a}$ dır. Bu verilerin doğrultusunda diğer bir değer

olan, $u = \frac{G_c}{E}$ formülü elde edilir. $U = \frac{G_c}{E}$ (2) numaralı formül.

Cisimlerin ısı etkisinde genişterek boylarında meydana gelen birim uzama miktarını veren (1) numaralı formülle, dış kuvvet etkisinde kalarak boylarında meydana gelen birim uzama miktarını veren (2) numaralı formülü birbirine eşitlersek, $a \times t = \frac{G_c}{E}$ yazılır. Buradan da,

$$G_c = E \times a \times t \quad (3) \text{ numaralı formül elde edilir. Bu formülle}$$

genleşme katsayısı, esneklik modülü ve sıcaklık miktarı bilinen kaynaklı bağlantılarda ısı etkisi meydana gelen çekilme gerilmesi değeri yaklaşık olarak hesaplanabilir.

Kullanılan sembollerin açıklanması :

ζ : Orantı sınırındaki çekme gerilmesi (kg/cm^2 veya kg/mm^2)

E : Esneklik modülü (kg/cm^2 veya kg/mm^2)

a : Genleşme katsayısı.

t : $^{\circ}\text{C}$ olarak sıcaklık miktarı.

Birim alana gelen kuvvet miktarına gerilme denildiğine göre, $\zeta = \frac{P}{A}$

Formülü yazılır. (3) numaralı formülü bu formülde yerine yazarsak,

$$E \times a \times t = \frac{P}{A} \text{ olur.}$$

Buradan da $P = A \times a \times t \times E$ formülü bulunur. (4) Numaralı bu

formülle kaynaklı birleştirmedeki toplam gerilme kuvveti yaklaşık olarak hesaplanabilir. (A) kaynak dikişi kesit alanı (yaklaşık parçanın dikiş boyunca alınacak kesit alanıdır. kg/cm^2 veya kg/mm^2 birimlerinden biri ile hesaplanır.

**ÇİZELGE : 16 GEREÇLERDEKİ ORTALAMA ESNEKLİK MODÜ-
LÜ VE GENLEŞME KATSAYILARI**

Gerecin adı	Esneklik Modülü (E) (kg/cm^2)	Genleşme Katsayısı (a) (uzama katsayısı)
Çelik	2100000	0.0000120
Dökme demir	1100000	0.0000104
Aluminyum	700000	0.0000238
Bakır ve bronz	1100000	0.0000165
Kurşun	150000	0.0000290

Açıklama : Çelik için çizelgede verilen 0,0000120 anlamı ; 1 metre boyundaki çelik malzeme 1°C ısıtılınca boyunda 0,0000120 metre veya 0,012 milimetre, yahut ta 0,12 santimetre kadar uzama meydana geliyor demektir. Bu uzama miktarı çelik için genleşme veya uzama katsayısı olarak tanımlanır.

ÖRNEK PROBLEM :

Kaynak yapılan çelik iki malzeme soğuma yaparken sahip olduğu 200°C sıcaklıktaki çekilme gerilmesi değerini hesaplayınız. (Malzeme : Ç 37 veya Ç1020)

ÇÖZÜM :

Verilenler :

t = 200°C

E = 2,100000 = $2,1 \times 10^6$ (çizelgeden)

a = 0,0000120 = 12×10^{-6} (çizelgeden)

İstenen :

$\zeta_c = ?$

$$\zeta_c = E \times a \times t = 2,1 \times 10^6 \times 12 \times 10^{-6} \times 200 = 4620 \text{ kg/cm}^2 \text{ olarak}$$

bulunur. Veya $\zeta_c = 46,2 \text{ kg/mm}^2$ dir. Ç 37 veya Ç 1020 çeliğinin akma gerilmesi, en fazla 45 kg/mm^2 olduğu düşünüldüğünde bulunan değer her iki gerilme değerinden büyüktür. Bu nedenle parçada kalıcı şekil değişikliği (deformasyon) olacaktır.

Sıcaklığın artması ile hem gerilmeler hem de genleşme katsayılarında artma olacağını hatırdan çıkarmamak gerekir.

Kaynaklı birleştirmelerin dayanım hesapları, daha çok bu birleştirmelere etki eden dış kuvvetlerin yön ve doğrultusuna göre esas malzemede ve kaynak dikişinde meydana gelen gerilmeler esas alınarak yapılmaktadır.

Gerilmenin Genel Tanımı :

Herhangi bir malzemenin kesit alanına dik veya paralel olarak etki eden dış kuvvetin bu kesitin birim alanına düşen miktarına gerilme denir. Genellikle kg/cm^2 veya kg/mm^2 birimleri ile ifade edilir.

Kaynak Gerilmesinin Tanımı :

Kaynakta Emniyet Gerilmesi (güvenli gerilme) :

Genel olarak gereçler Şekil : 155 de görüldüğü gibi çekme deneyine tabi tutularak mekanik özellikleri hakkında bilgi sahibi edinilir. Gerecin bu mekanik özelliklerini esas alınarak o gerecin dayanım hesapları yapılır. Gereçler için elde edilen gerilme - uzama diyagramındaki orantı sınırına çok yakın olan esneklik sınırının altındaki yüklemeler için gereçte kalıcı bir şekil değişikliği olmaz. Yükleme ve bunun meydana getirdiği gerilme değerinin

esneklik sınırının üzerine çıkması halinde gereçte kalıcı şekil değişikliği olmaktadır. Bu istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle gereçlerin gerilme değerleri o gerecin esneklik sınırının az üzerinde bulunan akma sınırındaki gerilmesi esas alınmaktadır. Akma sınırındaki akma gerilmesi de, gerecin kullanılma durumu ve özellikleri dikkate alınarak bir emniyet katsayısına bölünür. Böylece o gereç için emniyetli (güvenli) gerilme değeri bulunmuş olur. Bu değer de belirli bir yüzde oranla çarpılarak kayma emniyet gerilmesi bulunur.

ÖRNEK : 2

Ç 37 veya Ç 1020 (Makina Kimya Endüstrisi Kurumu Normu kısaca M.K.E.N.) yapı çeliğinin akma sınırındaki gerilmesi $G_A = 2500 \text{ kg/cm}^2$ dir. Çubuk, lama, profil ve benzeri elemanların yapıldığı bu çelik için emniyet katsayısı $e_k = 2$ kabul edilmişse emniyet gerilmesi

$$G_m = \frac{G_A}{e} = \frac{2500}{2} = 1250 \text{ kg/cm}^2 \text{ olur.}$$

Eğer aynı çelikten iki parça kaynak edilmek suretiyle (alın kaynağı) çekilmeye zorlanan bir yerde görev yapacaksa kaynak dikişi için emniyetli gerilme değeri belirli bir yüzde oranla çarpılır. Bu örnekteki kaynak için bu oran % 75 alındığında, kaynak için emniyet gerilmesi

$$G_{kem} = 0,75 \times G_{cem} = 0,75 \times 1250 = 937,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ alınır.}$$

Çizelge : 17 de birleştirme şekline ve gerilme türüne göre statik yüklemeli kaynaklar için kaynak emniyet yüzde oranları verilmiştir.

Birleştirmenin Adı	Gerilme Türü	E.M.E.G. (kg/cm ²)	Y.T.O. (%)	Kaynak D.E.G. (kg/cm ²)
Alın Kaynakları    	Eğilme	σ_{eem}	0,80	$\sigma_{kem} = 0,80 \sigma_{eem}$
	Çekilme	$\sigma_{çem}$	0,75	$\sigma_{kem} = 0,75 \sigma_{çem}$
	Basılma	σ_{bem}	0,85	$\sigma_{kem} = 0,85 \sigma_{bem}$
	Kesilme	τ_{keem}	0,65	$\tau_{kem} = 0,65 \tau_{keem}$
	Burulma	τ_{buem}	0,65	$\tau_{kem} = 0,65 \tau_{buem}$
Tek taraflı köşe Kaynakları 	Çekilme	$\sigma_{çem}$	0,40	$\sigma_{kem} = 0,40 \sigma_{çem}$
	Basılma	σ_{bem}	0,40	$\sigma_{kem} = 0,40 \sigma_{bem}$
	Eğilme	σ_{eem}	0,20	$\sigma_{kem} = 0,20 \sigma_{eem}$
	Kesilme	τ_{keem}	0,40	$\tau_{kem} = 0,40 \tau_{keem}$
İki taraflı köşe kaynakları 	Çekilme	$\sigma_{çem}$	0,60	$\sigma_{kem} = 0,60 \sigma_{çem}$
	Basılma	σ_{bem}	0,60	$\sigma_{kem} = 0,60 \sigma_{bem}$
	Eğilme	σ_{eem}	0,80	$\sigma_{kem} = 0,80 \sigma_{eem}$
	Kesilme	τ_{keem}	0,60	$\tau_{kem} = 0,60 \tau_{keem}$

Açıklama :

E.M.E.G. : Esas malzeme emniyet gerilmesi.

E.Y.O. : Emniyet yüzde oranı.

K.D.E.G. : Kaynak dikişi emniyet gerilmesi.

Çizelgedeki değerler, örnek olması amacı ile verilmiş yaklaşık değerlerdir. Kaynak dikişinin teknolojisine uygun olarak yapılıp yapılmama durumuna, kaynaklı birleştirmenin yükleme durumuna (statik, dinamik, değişken kuvvetler, titreşimli kuvvetler gibi), birleştirme şekline ve kaynak ağzının açılış durumuna göre ve kontrol sonuçları dikkate alınarak bu yüzde oranlar değişik değerlerde alınabilmektedir.

Genel olarak röntgen kontrolü yapılarak hatasız olduğu anlaşılan kaynak dikişlerinde emniyet gerilimi esas parça emniyet geriliminin % 75 - 80'i olarak kabul edilir. Röntgen kontrolü yapılmayıp ta, gözle yapılan makro düzeydeki kontrol sonucu fikir edinilebilen kaynaklarda ise emniyet gerilimi, esas parça emniyet geriliminin % 30 - 60'ı olarak düşünülebilir.

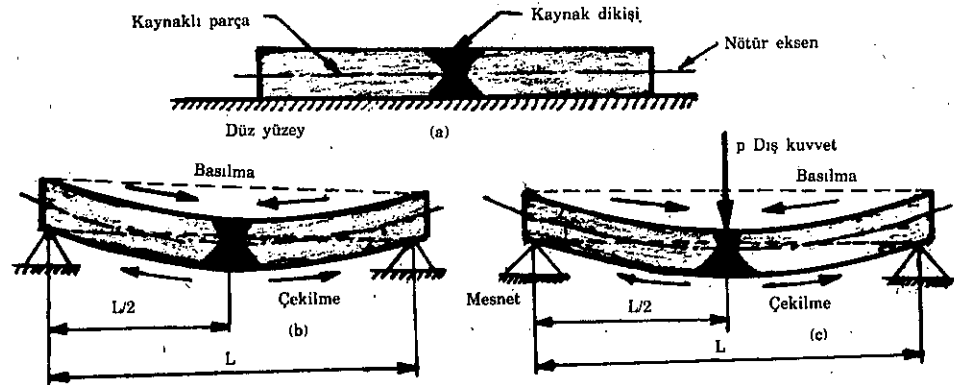
KAYNAKLI BAĞLANTILARDA GERİLİM TURLRİ :

Çizelge : 17 de görüldüğü gibi kaynaklı birleştirmelerde, kendilerine etki eden dış kuvvetin durumuna göre gerilmeler oluşmaktadır. Bu gerilmeler,

- 1 - Eğilme gerimesi (σ_e),
- 2 - Çekilme gerimesi (σ_c),
- 3 - Basılma gerimesi (σ_b),
- 4 - Kesilme (kayma) gerimesi (τ_k),
- 5 - Burulma gerimesi (τ_b),
- 6 - Bileşik gerilme (σ_s) olarak sıralanabilir.

1 - Eğilme Dayanımı ve hesabı :

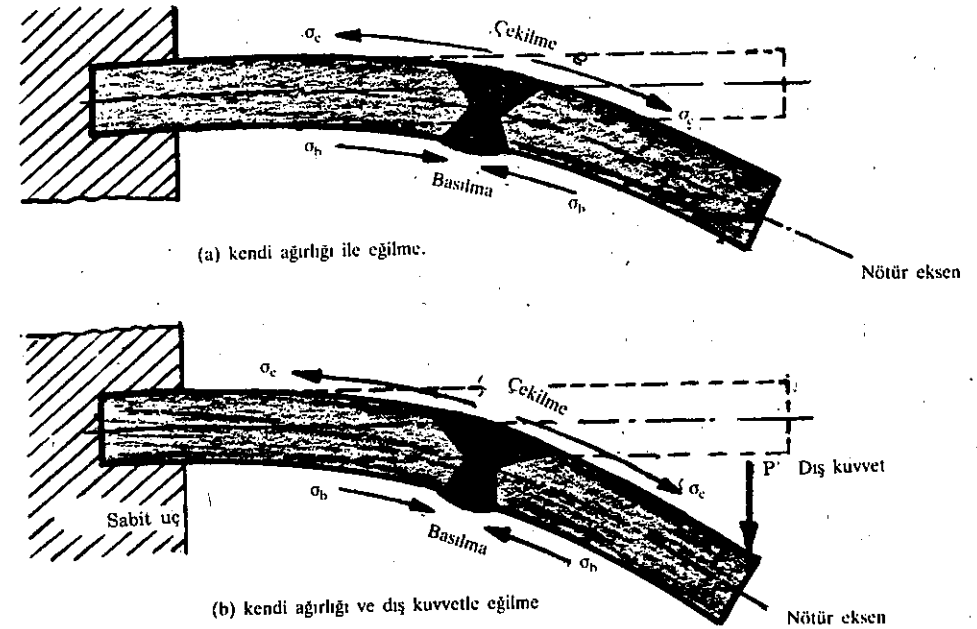
Kaynakla birleştirilen elemanlar (çubuklar, kirişler, levhalar v.b.) aralarında açıklık bulunan iki dayama (mesnet) noktası üzerine konulduklarında veya bir uçları herhangi bir yere dayatılmadan serbest bırakılmaları halinde kendi



Şekil : 156 Kaynaklı kirişte eğilme durumları.

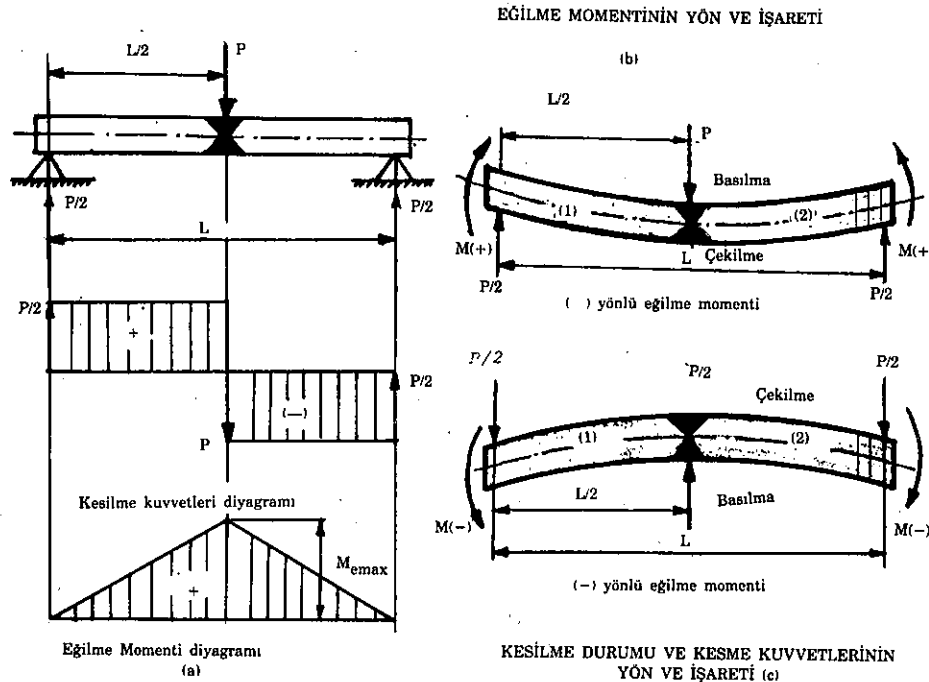
ağırlıkları ile aşağıya doğru sarkarlar. Yani şekil değiştirirler. Bunların üzerlerine bir ağırlık konulması veya kuvvet tatbik edilmesi halinde bu şekil değişiklikleri daha da artar. İşte bu ve buna benzer durumlarda, kaynaklı olsun veya olmasın cisimlerin uğradıkları şekil değişikliğine eğilme adı verilir. Şekil : 156 da kaynaklı bir kirişte kendi ağırlığı ile ve kuvvet etkisi altında meydana gelen eğilme görülmektedir.

Düz yüzey üzerine oturtulmuş (a) durumundaki kirişte herhangi bir eğilme olmaz. Aynı kiriş (b) de görüldüğü gibi aralarında açıklık bulunan iki mesnet üzerine konulduğunda eğilme adını verdiğimiz ve kendi ağırlığı ile meydana gelen şekil değişikliğine uğrar. Bu durumda kaynak dikişi ile birlikte kirişin üst kısmında basılma gerilmeleri nedeni ile kısılma, alt kısmında ise çekilme gerilmeleri nedeni ile uzama meydana gelecektir. (b) durumunda iken kirişe bir dış kuvvet etki ettiğinde söz konusu kısılma ve uzama miktarlarında daha da artış olacaktır. Şekil : 157 de bu ucu sabitleştirilmiş (ankastre edilmiş) ve diğer ucu serbest bırakılmış kaynaklı bir elamanda, kendi ağırlığı ile ve dış kuvvet etkisinde meydana gelen eğilme görülmektedir.



Şekil : 157 Bir ucu sabitleştirilmiş elamanda (kiriş, çubuk, levha v.b.) meydana gelen eğilme durumu.

Gerek şekil : 156 da gerekse şekil : 157 de veya buna benzer eğilmenin meydana geldiği durumlarda esas malzeme ile birlikte kaynak dikişinde de uzamanın olduğu yerlerde çekilme gerilmesi, kışalmanın olduğu yerlerde ise basılma gerilmesi bulunmaktadır. Ayrıca, eğilmeye zorlanan bütün cisimlerde eğilme momenti meydana gelir. En büyük eğilme momentinin meydana geldiği noktada kesme kuvveti ve bunun meydana getirdiği kesilme gerilmesi de olur.



Şekil : 158

- (a) durumu : Kaynaklı kirişte kesme kuvveti ve moment diyagramı.
 (b) durumu : Eğilme momentinin yön ve işareti.
 (c) durumu : Kaynaklı kirişte kesilme durumu ve kesme kuvvetlerinin yön ve işareti.
 M_{max} = En büyük eğilme momenti.
 K = Kesme kuvveti.
 P = Kirişe etki eden dış kuvvet.
 $P/2$ = Mesnet tepki kuvvetleri.

Kendi ağırlıkları ile veya dış kuvvetlerin etkisi ile eğilmeye zorlanan kuvvetlere karşı koymalarına (direnç göstermelerine) eğilme dayanımı denir. Şekil : 158 de kaynaklı bir kirişte eğilme ve kesilme durumları ile bunlara ait diyagramlar görülmektedir.

Dış kuvvetlerin etkisi ile çekilme gerilmesinin olduğu esas malzeme ve kaynak dikişlerinde uzama, basılma gerilmesinin olduğu esas malzeme ve kaynak dikişlerinde kışalma meydana geldiğini daha önce belirtmiştik. Esas malzemede ve kaynak dikişlerinin dış yüzeylerinde bu uzama ve kışalma olayları olurken, uzama ve kışalmanın olmadığı bir yer vardır ki, o yer de, esas malzemenin ve kaynak dikişinin simetri veya nötür ekseninin geçtiği yerdir.

Kaynaklı olarak birleştirilen ve eğilmeye zorlanan elamanlarda meydana gelen moment ve gerilmeleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- 1 - Eğilme Momenti (M_e ile gösterilir. Birimi kg-m veya kg-cm. dir.)
- 2 - Çekilme gerilmesi (σ_c ile gösterilir. Birimi kg/cm² veya kg/mm².)
- 3 - Basılma gerilmesi (σ_b ile gösterilir. Birimi kg/cm² veya kg/mm².)
- 4 - Kesilme gerilmesi (τ_k ile gösterilir. Birimi kg/cm² veya kg/mm².)
- 5 - Atalet momenti (I ile gösterilir. Birimi cm⁴ dür.)
- 6 - Dayanım momenti (W ile gösterilir. Birimi cm³ dür.)

Şekil :158 den de anlaşılacağı gibi en büyük eğilme momentinin meydana geldiği (M_{max}) yerde en tehlikeli kesit bulunmaktadır. İşte eğilme dayanımı hesabı yapılırken bu tehlikeli kesitin ve kesitten oluşan kesme kuvvetleri dikkate alınmalıdır. Dış kuvvetlerin kirişin ortasında etki etmesi durumunda, kirişin dayatıldığı mesnetlerdeki tepki kuvvetlerinin değeri dış kuvvetin yarısına eşit olur. Böyle bir kirişe simetrik yüklemeli kiriş denir. Kaynaklı bağlantıların simetrik olmayan yüklenme durumlarındaki mesnet tepkileri, uygun olarak seçilen bir noktaya veya bir eksene göre moment almak suretiyle bulunur. Sistemin dengede olabilmesi için alınacak momentlerin cebirsel toplamalarının sıfıra eşit olması gerekir. Söz konusu denge için düşey ve yatay kuvvetlerin cebirsel toplamalarının da eşit olması gerekir. Bu durumları sembollerle gösterecek olursak,

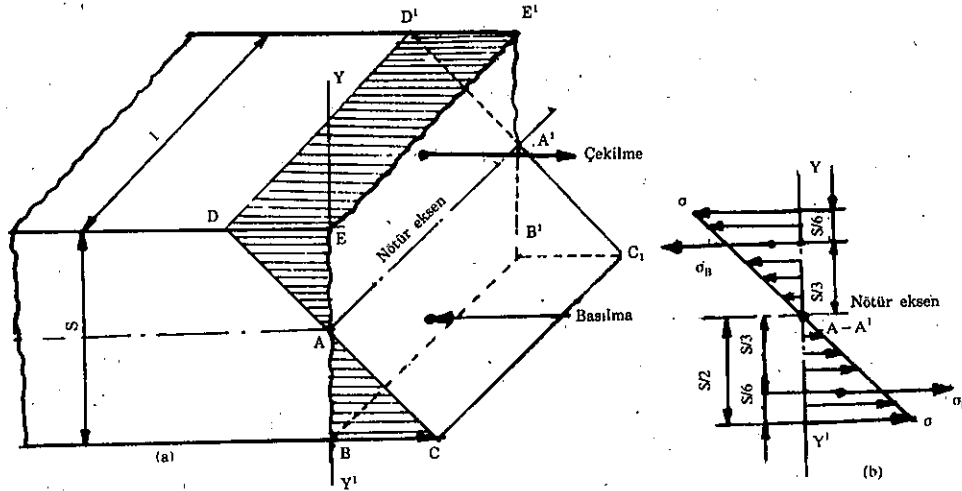
- 1) Yatay kuvvetlerin cebirsel toplamı sıfır olmalıdır. $\sum P_x = 0$,
- 2) Düşey kuvvetlerin cebirsel toplamı sıfır olmalıdır. $\sum P_y = 0$,
- 3) Momentler toplamının cebirsel toplamı sıfır olmalıdır. $\sum M = 0$ gibi.

MOMENT :

Bir kuvvetin döndürücü etkisine kısaca moment denir. Kuvvetin saat ibresi yönündeki döndürücü etkisine (+) yönlü moment, saat ibresinin ters yönündeki döndürücü etkisine de (-) yönlü moment denir. Sağa doğru ($\rightarrow$) yönelmiş kuvvetin işareti (+), sola doğru ($\leftarrow$) yönelmiş kuvvetin işareti ise (-) kabul edilir.

KAYNAK DİKİŞLERİNDE VE ESAS MALZEMEDE, EĞİLME MOMENTİ - DAYANIM MOMENTİ VE GERİLME KUVVETLERİ ARASINDAKİ BAĞINTI

Şekil 158 "b" de görülen ve (P) dış kuvvetin etkisi ile eğilmeye zorlanan dikdörtgen kesitli olduğunu kabul ettiğimiz kirişidir. Kaynak dikişinin bulunduğu yerden ve dikişin ortasından geçen y-y¹ ekseninden geçen düzlemle kesildiğini düşünürsek, elde edilen kiriş parçası ile çekilme ve basılma gerilmelerinin olduğu yerler şekil : 159 da gösterilmiştir.



Şekil : 159 Kaynaklı bağlantıda eğilme gerilmesi.

Şekil : 159/b de görüldüğü gibi, kuvvetin etki durumuna göre nötr (tarafsız) eksenin üst kısmında çekilme, alt durumunda ise basılma gerilmeleri oluşur. Bu gerilmeler, kirişin dış yüzeylerinde (alt ve üst yüzeyler) en büyük değerde olup nötr ekseninde değerleri sıfır olmaktadır. Yine şekil 159/a da anlaşılacağı gibi gerilmeler, kesiti dik üçgen olan ve boyu kiriş genişliğine veya kaynak dikişi boyuna eşit olan pirizma boyunca yayılmaktadırlar. Nötr eksenin üst kısmındaki gerilmelerin bileşkesi (çekilme gerilmelerinin bileşkesi) dik üçgen pirizmanın ağırlık merkezinden geçer. Dik üçgenin ağırlık merkezi, tabandan itibaren üçgen yüksekliğinin 1/3'ü dür. Kiriş simetri eksenli olduğu için, nötr eksenin alt ve üst kısmında gerilme kuvvetlerinin oluşturduğu tabanı dik üçgen olan pirizmalar birbirine eşittir. Bu nedenle, nötr eksenin üst kısmındaki gerilmeler için söylediklerimiz aynı eksenin alt kısmındaki gerilmeler için de geçerlidir.

Ancak, bu gerilmelerin bileşkelerinin yönleri ters olup bir kuvvet çifti oluştururlar. Esas malzemeye ve kaynak dikişine etkileri de aynı yönde olur.

Çekilme ve basılma gerilmesi kuvvetlerinin oluşturduğu pirizmanın kütleli büyüklüğü,

1 - Dış kuvvetin yön ve doğrultusunda,

2 - Dış kuvvetin şiddetine,

3 - Kaynaklı malzemenin mekanik özelliklerine göre değişmektedir.

Gerilme pirizmasının yerine geçen bileşke gerilmeyi bulabilmek için taban alanı ile yüksekliğini çarpmak gerekir. Pirizmanın üçgen tabanının yatay kenarı birim alandaki en büyük gerilmeyi (σ), dikey kenarını da parça kalınlığının veya kaynak dikiş yüksekliğinin yarısı olan ($\frac{s}{2}$) dir.

Gerilme pirizmasının boyu da parça genişliğine veya kaynak dikiş boyuna eş t

olduğuna göre, bileşke gerilme, $\sigma_s = \frac{s}{2} \cdot \sigma \cdot 1 = \frac{s}{2} \cdot \sigma \cdot 1$ veya, $\sigma_s = \frac{s \cdot \sigma \cdot 1}{4}$

olarak yazılır.

Kirişin alt kısmında ve kaynak dikişinde meydana gelen basılma gerilmeleri pirizmasını oluşturan gerilme kuvvetleri bileşkesi için de aynı işlemler yazılabilir. Her iki gerilme pirizmasını temsil eden bileşke gerilmeler kaynaklı birleştirmeye aynı yönde moment etkisi yaparlar. Bunların (A-A¹)

eksenine göre momentleri alınır, $-M_{A-A} = -\frac{s \cdot \sigma \cdot 1}{4} \cdot \frac{s}{3} - \frac{s \cdot \sigma \cdot 1}{4} \cdot \frac{s}{3}$ yazılır.

Eşitliğin her iki tarafını (-1) ile çarpar ve gerekli işlemleri yaptığımız

taktirde, $M_{A-A} = \frac{s^2 \cdot \sigma \cdot 1}{12} + \frac{s^2 \cdot \sigma \cdot 1}{12} = \frac{2s^2 \cdot \sigma \cdot 1}{12} = \frac{s^2 \cdot \sigma \cdot 1}{6}$ olarak bulunur.

Dış kuvvetin veya kuvvetlerin kaynaklı birleştirmede eğilmeye neden olan momenti, bu momentin oluşturduğu gerilme kuvvetleri momentine eşit olacağından, $P \cdot 1 = \frac{s^2 \cdot 1}{6}$ denklemi yazılır. Elde edilen bu denklemde,

$P \cdot L = M_e$ (eğilme momentini), $\frac{s^2 \cdot 1}{6} = W$ (dayanım momentini) ve (σ) da

en büyük gerilmeyi temsil ettiklerinden, eğilme moment, dayanım moment ve en büyük gerilme arasındaki bağıntıyı veren $M_e = W \cdot \sigma$

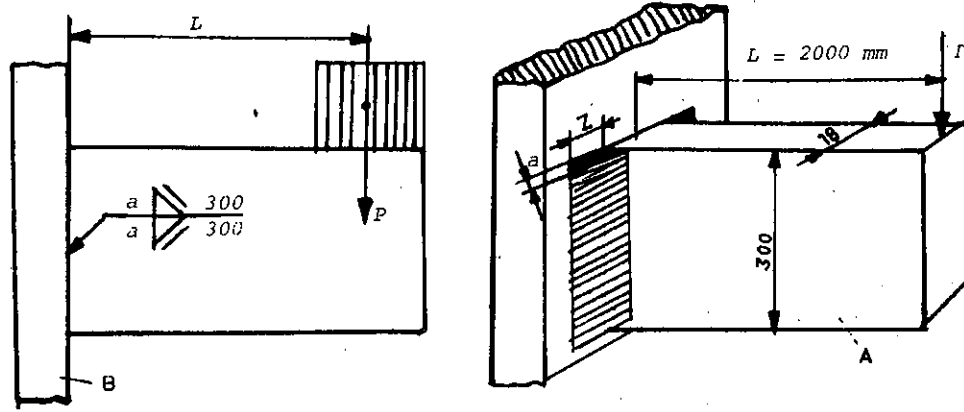
σ veya $\sigma = \frac{M_e}{W}$ (5) nolu formül yazılır. Kaynak kesintinin dayanım momentini nötr eksenle bu eksene en uzakta bulunan yüzey arasındaki uzaklığı

($e = \frac{s}{2}$) çarparsak dikiş atalet momentini buluruz. Dikdörtgen kesitli

kaynak dikişinin atalet momenti $I_x = \frac{s^2 \cdot 1}{6} \cdot \frac{s}{2} = \frac{s^3 \cdot 1}{12}$ olur.

Çizelge : 18 de değişik yüklemeli kaynaklı birleştirmeler verilmiştir.

Eğilmeye ilişkin örnek problemler :



Şekil : 160 Eğilmeye çalışan iki yanı kaynaklı kiriş

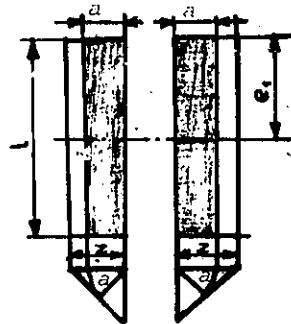
Örnek problem : 1

Şekil : 160 da görüldüğü gibi, düşük karbonlu çelikten yapılmış iki malzeme, düz köşe kaynağı ile ve elle birleştirilmiştir. Birleştirilen çelik malzemelerin güvenli (emniyet) gerilmesi $\sigma_{em} = 1500 \text{ kg/cm}^2$ olup, $P = 1$ ton kaynak dikişi için emniyet gerilme yüzdesi 0,65 olarak kabul edilmiştir. Gerekli diğer ölçüler şekilde verildiğine göre, 1 - kaynak dikişinin yüksekliği ve kenar ölçüsünü hesaplayınız. 2 - Kaynak kesilme gerilmesini hesaplayınız. 3 - Toplam gerilmeyi hesaplayınız.

ÇÖZÜM :

Dayanım hesabına esas olacak kaynak kesiti ve ölçüleri.

Kaynak dikişi kesiti dik-dörtgen olduğundan,
 $e_1 = e_2 = 1/2$ alınır.



ÇİZELGE : 18 Kaynaklı birleştirmeler ve yükleme durumları.

Eğilme Momenti :

$$M_z = P.L = 1000 \cdot 200 = 200000 \text{ kg/cm olarak bulunur.}$$

Atalet Momenti :

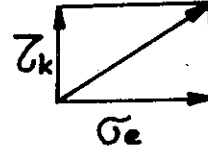
$$I_x = 2 \cdot \left(\frac{a \cdot 1^3}{12} \right) = \frac{a \cdot 1^3}{6} \text{ dir.}$$

Dayanım Momenti :

$$W = \frac{I_x}{e} = \frac{a \cdot 1^3}{1/2} = \frac{a \cdot 1^3}{6} \cdot \frac{2}{1} = \frac{a \cdot 1^2}{3} \text{ olur.}$$

Kaynak Eğilme Gerilmesi :

$$\sigma_e = \frac{M_z}{W} = \frac{P.L}{\frac{a \cdot 1^2}{3}} = P.L \cdot \frac{3}{a \cdot 1^2} = \frac{3 \cdot P.L}{a \cdot 1^2} \text{ olur.}$$



Not : $1500 \times 0,65 = 975 \text{ kg/cm}^2$
Şekil : 161 de kalınlık 10

$$\sigma_e = \frac{3 \cdot P.L}{a \cdot 1^2} \text{ formülünden, } a = \frac{3 \cdot P.L}{\sigma_e \cdot 1^2} \text{ eşitliği yazılır. Formül-}$$

deki eğilme gerilmesi yerine 0,65 σ_e değeri ile birlikte diğer değerleride yazarak gerekli matematiksel işlemleri yaptığımızda ,

$$a = \frac{3 \cdot 1000 \cdot 200}{0,65 \cdot 1500 \cdot 900} = \frac{60}{87,75} \text{ olur. Buradanda kaynak dikişi yüksekliği}$$

olan $a = 0,68 \text{ cm. veya } a = 6,8 \text{ mm.}$ bulunur. Kaynak elle yapıldığında, dikiş boyunca kaynak yüksekliğinin ve genişliğinin (kenar ölçüsü) her yerde eşit olması mümkün değildir. Bu nedenle bulunan dikiş yüksekliği-

ne parça kalınlığının (B parçası) $\frac{1}{10} \cdot s$ kadar ek yapılması uygun ola-

caktır. Buna göre, $a = 6,8 + \frac{1}{10} \cdot 15 = 8,3 \text{ mm.}$ olmalıdır.

Kaynak dikişin kenar ölçüsü hesabı :

Kaynak dikişi kesitinden, $a = Z \cdot \cos 45^\circ$ yazılır ve $Z = \frac{a}{\cos 45^\circ}$ elde edilir.

$$\cos 45^\circ = 0,707 \text{ olduğundan, } Z = \frac{8,3}{0,707} = 11,7 \text{ mm. bulunur.}$$

KESİLME GERİLMESİ :

Kesilme gerilmesi, kaynaklı birleştirmeye etki eden dış kuvvetin toplam dikiş kesit alanına bölünmesi ile elde edilir. Buna göre, $\tau_k = \frac{P}{A}$ formülü uygulanır. Formüldeki kaynak kesit alanı olan $a = 2 \cdot a \cdot 1$ bilinen sayısal

$$\text{değerler } a = 0,83 \text{ cm, } L = 30 \text{ cm } \tau_k = \frac{1000}{2 \cdot 0,83 \cdot 30} 200,9 \text{ kg/cm}^2 \text{ bulunur.}$$

Kaynak dikişlerinde oluşan toplam (oluşan) gerilmenin hesabı :

Şekilde görülen kuvvetler üçgeninin kısa kenarı kesilme gerilmesinin, uzun kenarı da eğilme gerilmesini vermektedir. Bu dik üçgeni hipotenüsü kaynak dikişinde oluşan toplam gerilmeyi verecektir. Pisagor teoremi uygulanarak ;

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_e^2 + \tau_k^2} = \sqrt{975^2 + 200,9^2} = 990 \text{ kg/cm}^2 \text{ (yaklaşık) bulunur.}$$

$975 < 990$ ise de, hesabın güvenlik faktörleri gözönünde bulundurularak düşünülürse 15 kg/cm^2 lik yük fazlasını da bu kaynakla taşıyabileceği kabul edilebilir. Ancak, kaynağın başlama ve bitiş yerlerindeki ölçülerin diğer yerlerdeki ölçülerle aynı olduğu kabul edilerek kaynak dikiş boyu hesaba tam olarak alınmıştır. Kaynak dikişinde böyle bir ölçü tamlığı yoksa kaynak dikiş boyundan parça kalıplarının bir veya iki katı çıkarılarak elde edilen değer kaynak dikiş boyu olarak hesaba katılmalıdır. $1 + 1 + 1 \cdot s$ gibi.

Köşe kaynaklarında, kaynatılacak parçaya kaynak ağzının açılıp açılma- ma durumu ile kaynatılacak parça kesitinin tamamının kaynak edili- p edilmeme durumu dayanım hesabına esas alınacak kaynak kesit alanını etkilemektedir. Örnek : 1 problemdeki çelik parça (B parçası) A parçasına kaynak ağzı açılmadan kaynatılmıştır.

ÖRNEK PROBLEM : 2

Şekil : 161 de görülen kaynaklı birleştirmenin taşıyacağı yük miktarını (P - kuvvetini) hesaplayınız. Gerekli ölçüler (mm) olarak şekil üzerinde verilmiş olup, malzeme akma çelik, emniyet gerilmesi $\sigma_{em} = 1500 \text{ kg/cm}^2$ ve kaynak emniyet gerilme yüzde oranı, 0,65 olarak kabul edilmiştir.

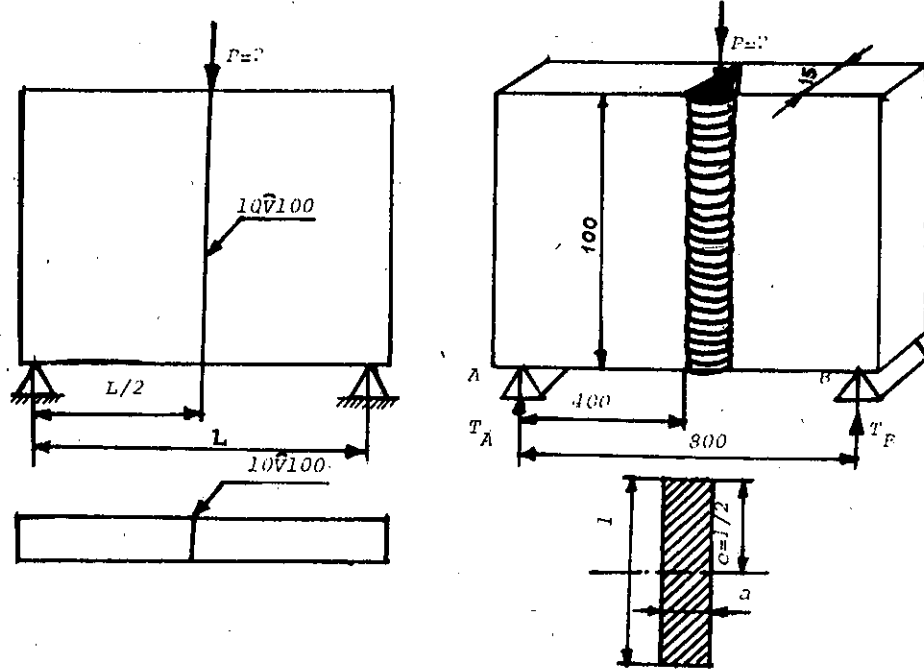
ÇÖZÜM : 2

Önce kaynaklı birleştirmenin dayatıldığı mesnet tepkilerini bulalım. Bunun için (A) veya (B) mesnetlerinden birine göre moment alalım.

$$M_A = P \cdot \frac{L}{2} - T_B \cdot L = 0 \text{ olduğundan, } \frac{P \cdot L}{2} = T_B \cdot L \text{ yazılır. Buradan da,}$$

$$T_B = \frac{P \cdot L}{2} \cdot \frac{1}{L} \text{ yazılarak, (B) mesnetindeki tepki } T_B = \frac{P}{2} \text{ olarak bulunur.}$$

$$\text{(A) mesnedindeki tepki, } T_A = P - T_B = P - \frac{P}{2} = \frac{P}{2} \text{ olarak bulunur.}$$



Şekil : 161

Bu değer (B) mesnedine veya noktasına göre moment alınarak da bulunabilir. Böylece, (A) ve (B) mesnetlerindeki tepkilerin $T_A = T_B = \frac{P}{2}$ olduğu görülür.

En büyük eğilme momenti :

Mesnet tepkilerinin eşit olması nedeni ile en büyük moment, dış kuvvetin etki ettiği kaynak dikişinin bulunduğu yerde meydana gelecektir. Buna göre,

$$M_e = T_A \cdot \frac{L}{2} = \frac{P}{2} \cdot \frac{L}{2} = \frac{P \cdot L}{4} = \frac{P \cdot 40}{4} = 10 \cdot P \text{ kg-cm. olarak bulunur.}$$

Atalet momenti :

Eğilme momentinin meydana getirdiği eğilme ve kesilme gerilmelerinin olduğu kaynak kesit alanı, kısa kenarı parça kalınlığına ve uzun kenarı da kaynak dikişi veya parça genişliğine eşit olan bir dikdörtgendir. Dikdörtgen olan kaynak dikişinin atalet momenti, $I_x = \frac{ax^3}{12}$ ve dayanım momenti de,

$$W = \frac{I_x}{e} = \frac{ax^3}{12} \cdot \frac{2}{x} \text{ yazılarak, } W = \frac{ax^2}{6} \text{ olarak bulunur.}$$

Eğilme gerilmesi :

Kaynak dikişindeki en büyük eğilme gerilmesi, kaynağa meydana gelen en büyük eğilme momentinin kaynak dikişinin dayanım momentine bölünmesi ile bulunur. Buna göre, $\sigma_e = \frac{M_e}{W} = \frac{10xP}{\frac{ax^2}{6}} = \frac{10xPx6}{ax^2}$ den, $\sigma_e = 0,60 \times P$

olarak bulunur.

Kesilme (kayma) gerilmesi :

Kaynağa meydana gelen kesilme gerilmesi, kaynağa etki eden dış kuvvetin, kaynak dikişi kesit alanına bölünmesi ile elde edilir. Buna göre,

$\tau_k = \frac{P}{A}$ formülü kullanılır. Formüldeki (A) kaynak kesit alanı, $A = a \times 1 = 1 \times 10 = \text{cm}$ olarak hesaplanır. Bulunan bu değeri kesilme gerilmesi formülünde yerine yazarsak $\tau_k = \frac{P}{10} = 0,10 \times P$ bulunur.

Kaynak dikişinde meydana gelen toplam gerilme :

$$\sigma_B = \sqrt{\sigma_e^2 + \tau_k^2} = \sqrt{(0,60 \times P)^2 + (0,10 \times P)^2} = \sqrt{P^2 \times (0,60^2 + 0,10^2)}$$

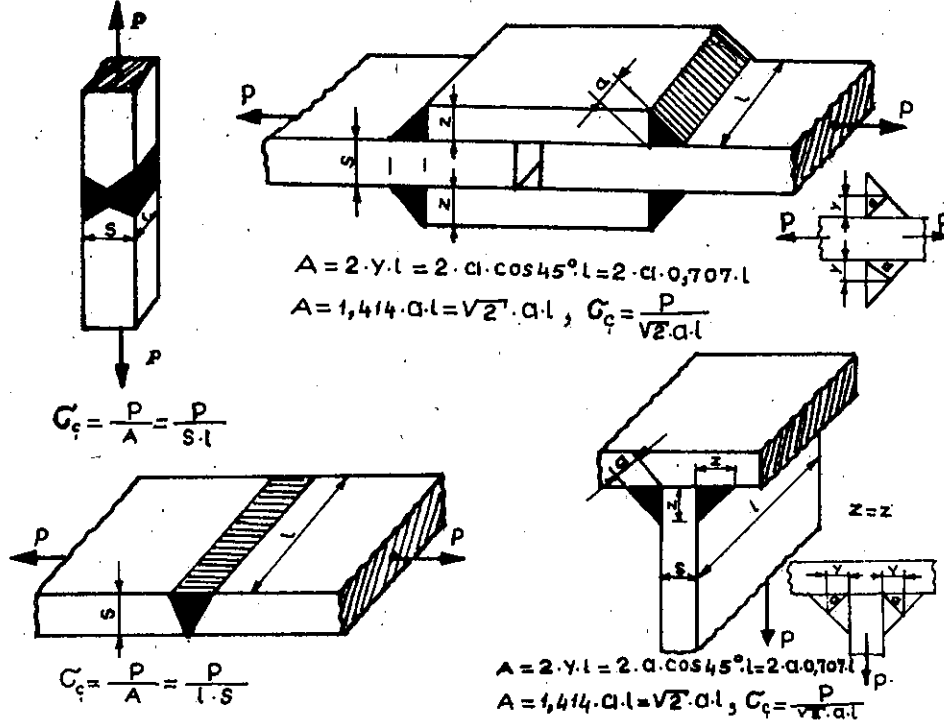
den, $\sigma_B = 0,608 \times P$ bulunur. Kaynak için güvenli emniyet gerilmesi, $\sigma_{kem} = 0,65 \times 1500 = 975 \text{ kg/cm}$ dir. Sistemin güvenli olarak çalışabilmesi için kaynak dikişi emniyet gerilmesinin en az kaynak dikişinde meydana gelen gerilmeye eşit veya ondan küçük olması gerekeceğinden, $0,65 \times 1500 = 0,608 \times P$ eşitliği yazılır. Buradan da, kaynağa etki eden dış kuvvetin değeri, $P = \frac{0,65 \times 1500}{0,608} = 1603,3 \text{ kg}$ bulunur.

Kaynak dikişi boyunca, dikiş genişlik ve yükseklik ölçüleri her yerde aynı değerde ise problemde verilen kaynaklı birleştirme, bulunan $P = 1603,3 \text{ kg}$ lık kuvveti güvenli olarak taşıyabilecektir.

Kaynak dayanım hesaplarında, kaynak dikişinin kesitini esas alarak uygulama yaptık. Kaynak dikişinin birim boyuna gelen kuvveti hesaplamak suretiyle dikiş ölçülerini buna göre tesbit eden hesap yöntemleri de vardır. Bu amaçla hazırlanmış nomograflar bulunmaktadır. Dayanım hesaplarında kaynaklı malzemenin kullanılma süresi (ömrü) de dikkate alınmalıdır. Ancak bu hesaplama yöntemi konumuz dışında kalmaktadır.

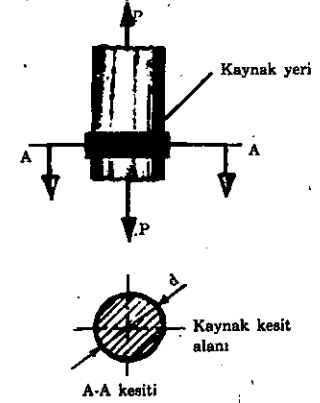
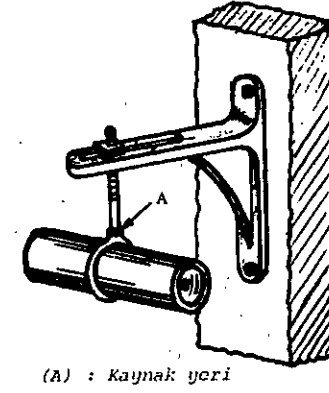
KAYNAKLI BİRLEŞTİRMELERDE ÇEKİLME DAYANIMI (GERİLMESİ)

Kaynaklı olarak birleştirilmiş gereçlerin, kaynak dikişlerine dik (enine) veya paralel (boyuna) olacak şekilde kendilerinden dışarıya yönelmiş dış kuvvetlerin etkisi ile çekmeye zorlanmaları halinde bünyelerinde çekilme gerilmesi meydana gelir. Şekil : 162 çekilmeye zorlanan ve bünyelerinde çekilme gerilmesi oluşan kaynaklı birleştirmeler görülmektedir.



Şekil : 162 Çekilmeye zorlanan kaynaklı birleştirmeler.

Çekilmeye zorlanan kaynak dikişinin birim kesit alanına düşen kuvvet miktarına çekilme gerilmesi denir. Çekilme gerilmesi, kaynak dikişini çekmeye zorlayan dış kuvvetin toplam kaynak kesit alanına bölünmesi ile elde edilir. Buna göre, dış kuvvete (P), kaynak kesit alanına (A) ve çekilme gerilmesine de (G_c) dersek, çekilme gerilmesi formülü $G_c = \frac{P}{A}$ olarak yazılır.



Şekil : 163

Şekil : 163 de görüldüğü gibi, 1000 kg.lık boruyu taşıyan çelik cıvata, boruyu çevreleyen çelik bileziğe kaynakla birleştirilmiştir. Çelik malzemenin çekme emniyet gerilmesi 1200 kg/cm² ve kaynak emniyet gerilmesi yüzde oranı 0,60 kabul edildiğine göre kaynak yerindeki cıvata çapı ne kadar olmalıdır? Kaynak genişliği 4 mm.

ÇÖZÜM : 2

Cıvatanın kendi çapı ile kaynak yerindeki çapı karşılaştırabilmek için dayanım hesabını esas cıvata malzeme çekme emniyet gerilmesine ve kaynak için kabul edilen çekme emniyet gerilmesine göre yapalım.

Kaynak kesit alanı A_1

$$A_1 = \frac{0,4 \times D/2}{2} = \frac{0,4D}{4} = 0,1D$$



$$\text{Tüm çevre kaynak alanı} = A_1 \times \pi D = 0,1D \times \pi D = 0,314D^2$$

$$G_{cem} = \frac{P}{A} = \frac{P}{0,314D^2} = \frac{1000}{0,314D^2} = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$D^2 = \frac{1000}{0,314 \times 1200} = \frac{1000}{376,8} = 2,65 \text{ cm}^2 = D = \sqrt{2,65} = 1,62 \text{ cm} = 16,2 \text{ mm}$$

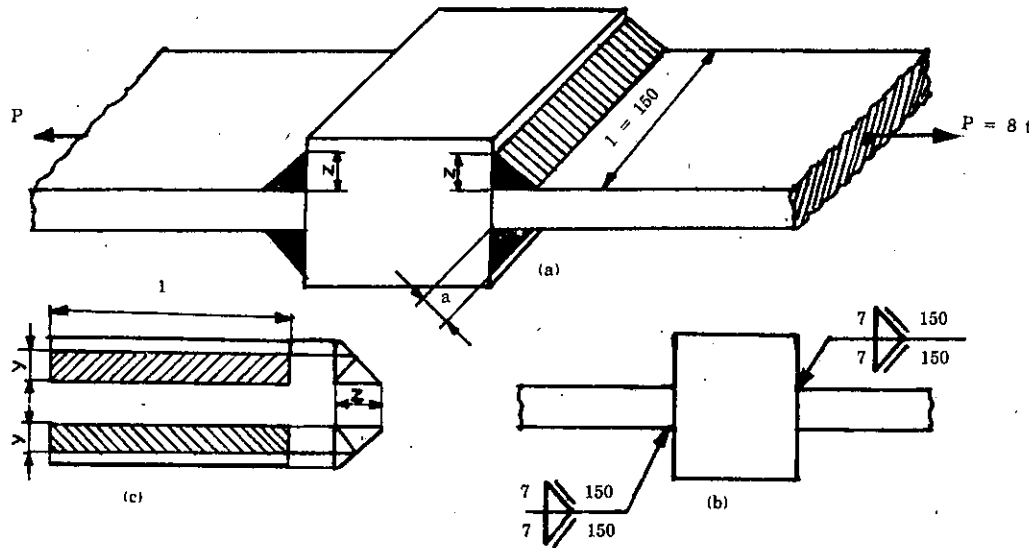
$$\text{Kaynak emniyet gerilmesi } G_{ckem} = 0,6 \times 1200 = 780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{çekme} = \frac{P}{0,314D^2} = 780$$

$$D^2 = \frac{P}{0,314 \sigma_{çekme}} = \frac{1000}{0,314 \times 780} = \frac{1000}{244,92} = 4,08 \quad D^2 = 4,08 \text{ cm}^2$$

$$D = \sqrt{4,08} = 2,01 \text{ cm} = 20,1 \text{ mm}$$

Bulunan sonuçlardan de anlaşılacağı gibi, daha güvenli olması amacı ile kaynak çekme emniyet gerilmesinin küçük alınması kaynak yerindeki civata çapının büyük olmasına neden olmaktadır.



Şekil : 164

ÖRNEK PROBLEM : 3

Şekil : 164 de görülen kaynaklı birleştirmenin 8 tonluk bir yükü taşıması gerekmektedir. Malzeme çelik olup, çekme emniyet gerilmesi 1400 kg/cm^2 dir. Kaynak dikiş yüksekliği 7 mm., dikiş boyu 150 mm. ve dikiş için emniyet çekme gerilme yüzdesi 0,65 dir. Elle yapılan bu kaynakta, başlama ve bitiş yerlerindeki ölçülerin aynı olduğu kabul edilecektir. Buna göre,

- 1 - Kaynak dikişinde oluşan çekme gerilmesini hesaplayınız.
- 2 - Bu kaynaklı birleştirmenin 8 tonluk yükü güvenli olarak taşıyıp taşımayacağını araştırınız.

ÇÖZÜM : 3

1) Kaynak dikişinde oluşan çekme gerilmesinin $\sigma_c = \frac{P}{A}$ formülü

ile hesaplandığını biliyoruz. Şekil : 164/c gösterilen kaynak kesit alanından yararlanarak formüldeki kaynak alanı, $A = 2.y.1$ dir. $y = a.\cos 45^\circ$ olacağından çekilmeye zorlanan kaynak kesit alanı

$$A = 2.a.\cos 45^\circ.1 = 2.a.0,707.1 = 1,414.a.1 \text{ olarak bulunur.}$$

Bulunan bu değeri formüldeki yerine yazarsak $\sigma_c = \frac{P}{1,414.a.1}$ olur.

Buradan da, $\sigma_c = \frac{P}{1,414.0,7.15} = \frac{8000}{12,726} = 628 \text{ kg/cm}^2$ (yaklaşık) olarak bulunur.

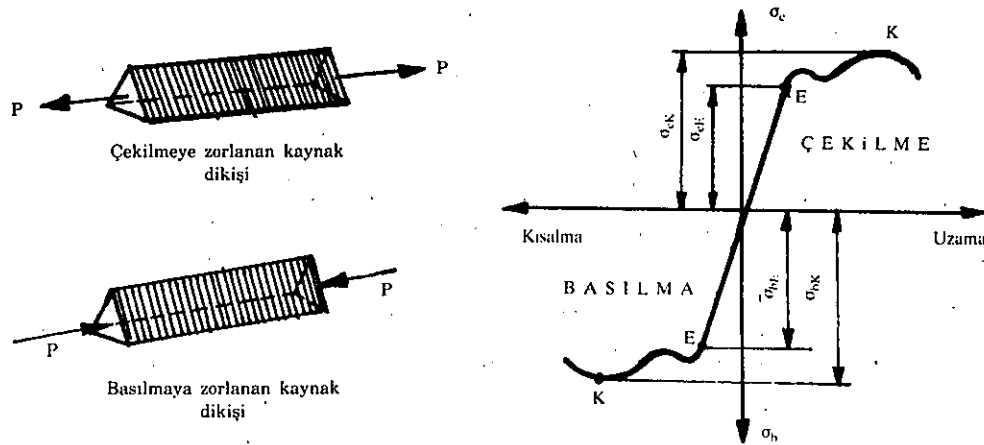
2) Güvenlik araştırması :

Kaynak için güvenli çekme gerilmesi değeri $\sigma_{kçem} = 0,65. \sigma_c$ dir. Buradan, $\sigma_{kçem} = 0,65.1400 = 910 \text{ kg/cm}^2$ bulunur. Bu değer, kaynak edilen çelik malzemenin çekme emniyet gerilmesinden büyük olduğundan, $910 > 628$ olduğu için 8 tonluk yük bu kaynaklı birleştirme tarafından birleştirme tarafından güvenli taşınır.

KAYNAKTA BASILMA (BASINÇ) GERİLMESİ

Kaynaklı olarak birleştirilmiş elamanlardaki kaynak dikişlerinin, kesitlerine veya eksenlerine dik doğrultuda dışarıdan içeriye doğru yönelmiş dış kuvvetlerle zorlanmalıdır. Böylece, esas malzeme ile birlikte kaynak dikişlerinde de basılma gerilmeleri oluşur. Bu durumda, kaynağa etki eden dış kuvvet kaynak dikişi moleküllerini birbirine yakınlıştırmaya çalışır. Ancak kaynak dikişi molekülleri dış kuvvetin bu etkisine karşı koyarak (direnc veya dayanım göstererek) birbirine yakınlışma yerine birbirlerini uzaklaştırmaya çalışırlar. Bu direnc kuvvetlerinin veya gerilmelerin yönü dış kuvvetle ters yönde olup, onunla aynı doğrultudadırlar.

Çekilmeye zorlanan kaynak dikişlerinde meydana gelen boy uzaması ve kesit daralmasına (küçülmesine) karşılık, basılmaya zorlanan kaynak dikişlerinde boy kısalması ve kesit büyümesi meydana gelir. Herhangi bir kaynak dikişi için elde edilecek basılma gerilmesi ve kısalma diyagramıdır. Aynı kaynak dikişi için elde edilecek çekilme gerilmesi ve uzama diyagramının (=) değerlerde olacak şekilde aynısı veya simetridir. Bazı elektrodlarla elde edilen bir kaynak dikişi çekme ve basma deneyine tabi tutulursa Şekil : 165 de görüldüğü gibi diyagramlar elde edilir.

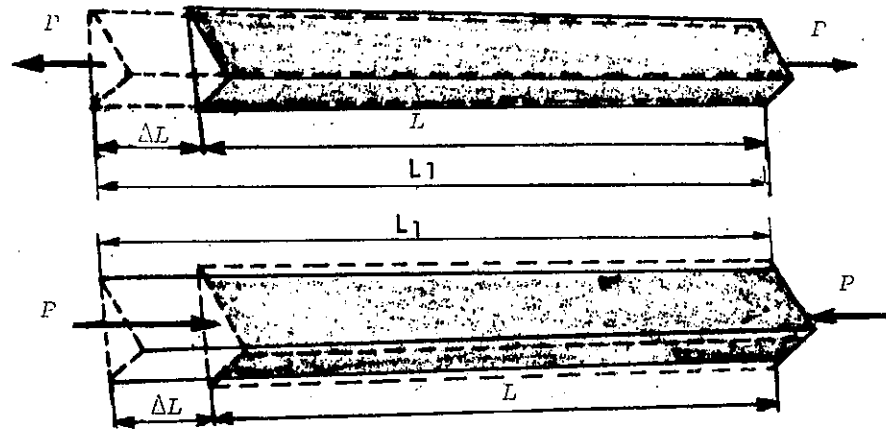


Şekil : 165 Bazik elektrod dikişi için çekme ve basma (basıncı) diyagramı

Dış kuvvetin kaynakta oluşturduğu basılma gerilmesi, kaynak dikişine dik doğrultuda etki eden dış kuvvetin toplam kaynak alanına bölünmesi ile elde edilir. Dış kuvvete (P), toplam kaynak dikişi alanına (A) ve basılma gerilmesine de (σ_b) dersek, kaynakta oluşacak basılma gerilmesi,

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \text{ formülü ile hesaplanır. Şekil : 166 da basılmaya ve çekilmeye}$$

zorlanan kaynak dikişlerinde boy ve kesit değişimleri görülmektedir.



Şekil : 166 Çekmeye ve basmaya zorlanan kaynak dikişlerinde oluşan şekil değişiklikleri

Kaynak dikişindeki birim boyda meydana gelen boy uzaması veya kısalması $U = \frac{\Delta L}{L}$ formülü ile hesaplanır. Bu uzama veya kısalma katsayısı her gerecin esneklik özelliğine göre değişmektedir. Hooke (Huk) kanunu gereğince $u = \frac{\sigma}{E}$ ve $\sigma = \frac{P}{A}$ olduğuna göre dış kuvvetin etkisi ile kaynak dikişinde meydana gelecek uzama veya kısalma miktarı, elde edilecek formülle hesaplanır.

$$u = u \text{ dan, } \frac{\Delta L}{L} = \frac{\sigma}{E} \text{ yazılır. Buradan } \Delta L = \frac{L \cdot \sigma}{E} \text{ bulunur.}$$

$\sigma = \frac{P}{A}$ olduğundan, $\Delta L = \frac{L \cdot P}{A \cdot E}$ formülü elde edilir. Bu formülle, çekme için bulunacak (+) işaretli uzamaları, (-) olarak ta kısaltmaları vere-

cektir. Formülde, $\Delta L = L_1 - L$ Çekme için
 $\Delta L = L_1 - L$ Basılma için

P : Kaynak dikişini çekmeye veya basmaya zorlayan dış kuvvet (kg.veya ton)

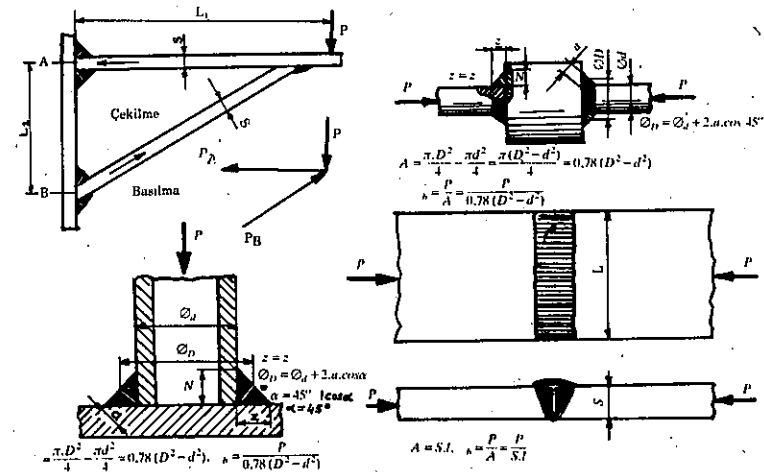
L : Kaynak dikişinin ilk boyu (cm. veya mm.)

A : Kaynak dikişi kesit alanı (cm. veya mm.)

σ : Kaynak dikişinde oluşan çekme veya basma gerilmesi (kg/cm² veya kg/mm²)

E : Kaynak dikişinde esneklik modülü (çelik için $E = 2,1 \cdot 10^6$ kg/cm²)

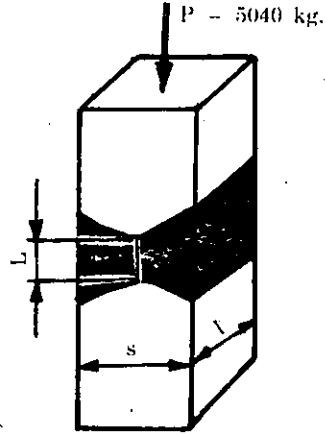
ΔL : Kaynak dikişinde meydana gelecek birim boydaki uzama veya kısalma (cm.,mm.)



Şekil : 167 Basılmaya zorlanan kaynaklı birleştirmeler.

Şekil : 167 de basılmaya zorlanan kaynaklı birleştirmelere örnek elamanlar gösterilmiştir.

ÖRNEK PROBLEM : 4



Şekil : 168

Şekil : 168 de görülen kaynakla birleştirilmiş gelik kare prizma 5040 kg lık bir yükü basılmaya zorlanmaktadır. Çelik malzeme ve kaynak dikişi için elastiklik modülü $E = 2,1 \times 10^6$ olduğuna göre

- Kaynak dikişinde meydana gelen basılma gerilmesini,
 - Kaynak dikişindeki boy kısalmasının miktarını hesaplayınız.
- $L = 10\text{mm}$, $S = 20\text{mm}$, $1 = 20\text{mm}$ dir.

ÇÖZÜM : 4

- Kaynak dikişinde meydana gelen basılma gerilmesi :

$$\sigma_b = \frac{P}{A} = \frac{P}{S \times 1} = \frac{5040}{2 \times 2} = \frac{5040}{4} = 1260 \text{ kg/cm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

- Kaynak dikişinde meydana gelecek boy kısalması :

$$\Delta L = \frac{P \times L}{A \times E} = \frac{5040 \times 1}{2 \times 2 \times 2,1 \times 10^6} = \frac{5040}{8,4 \times 10^6} = 0,0006 \text{ cm} = 0,006 \text{ mm olur.}$$

Bu kuvvet etkisi altında yalnız dikişte meydana gelecek boy kısalması, 0,006 mm olduğuna göre dikişin son boyu $L = 10 - 0,006 = 9,994 \text{ mm}$ olur.

KAYNAKTA KESİLME (KAYMA) DAYANIMI VE HESABI

Kaynaklı birleştirmelerdeki kaynak dikişleri moleküllerinin, dış kuvvetlerin etkisi ile dikiş bünyesinde oluşan ters yönlü iki iç kuvvetle birbiri üzerinde kaymaya zorlanmaları halinde, kaynak dikişleri kaymaya veya kesmeye çalışıyor demektir. Bu takdirde, kaynak dikişlerinin bünyesinde kesilme (kayma) gerilmesi (dayanımı) meydana gelir. Bu şekilde kaynak dikişinde oluşan kesilme gerilmesi, kaynağa etki eden dış kuvvetin toplam kaynak alanına bölünmesi ile elde edilir. Kaynak kesilme gerilmesine (τ_k), kaynak kesit alanına (A) ve kaynağa etki eden dış kuvvete de (P) dersek,

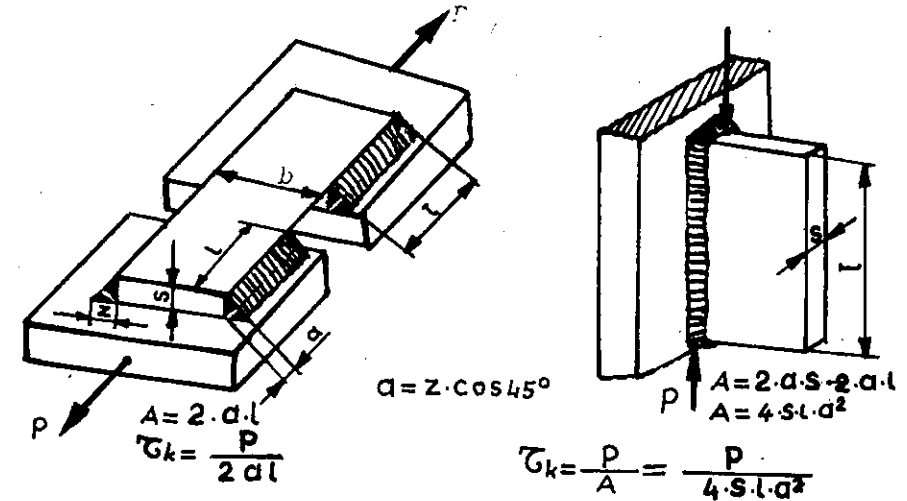
kaynak kesilme gerilmesi $\tau_k = \frac{P}{A}$ formülü ile hesaplanır. Formüldeki,

τ_k : Kaynak kesilme gerilmesi (kg/cm^2 , kg/mm^2),

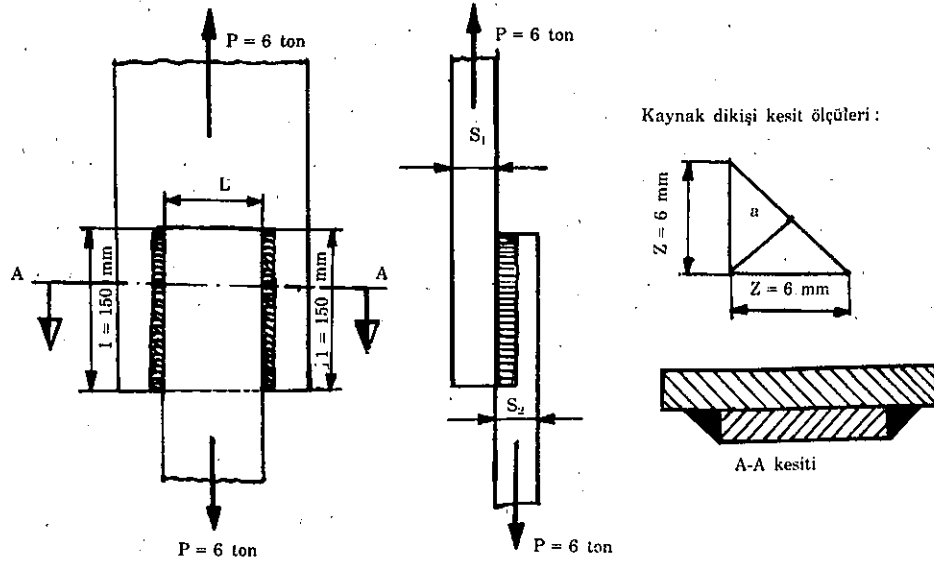
A : Kaynak kesit alanı (cm^2 , mm^2),

P : Kaynağa etki eden dış kuvvet (kg),

Şekil : 169 da dış kuvvetlerin etkisi ile kesilmeye (kaymaya) zorlanan kaynaklı birleştirmeler görülmektedir. Dış kuvvetlerin etkisi ile kaynakta aynı anda hem kesilme hem de eğilme gerilmesi meydana gelebilir. Bu takdirde kaynak dayanım hesabı en büyük gerilme esas alınarak yapılmalıdır. En büyük gerilme kesilme gerilmesi olarak bulunduğu takdirde yapılan hesap, kaynakta kesilme gerilmesi hesabı adını alır.



Şekil : 169 Kesilmeye zorlanan kaynaklı birleştirmeler.



Şekil : 170 Kesilmeye çalışan kaynaklı birleştirme

ÖRNEK PROBLEM : 5

Şekil : 170 de görülen iki çelik levha kaynakla birleştirilmiş ve (P) dış kuvveti ile kesilmeye zorlanmaktadır. Çelik malzeme için $\tau_k = 700 \text{ kg/cm}^2$ dir. Kaynak için kesilme emniyet gerilmesi yüzdesi 0,60 olup, gerekli değerler şekil üzerinde gösterilmiştir. Buna göre,

- Kaynakta oluşan kesilme gerilmesini hesaplayınız.
- Bulunan kesilme gerilmesi ile verilen kesilme gerilmesini karşılaştırarak bu kaynaklı birleştirmenin verilen yükü emniyetle taşıyıp taşımayacağını araştırınız.

ÇÖZÜM :5

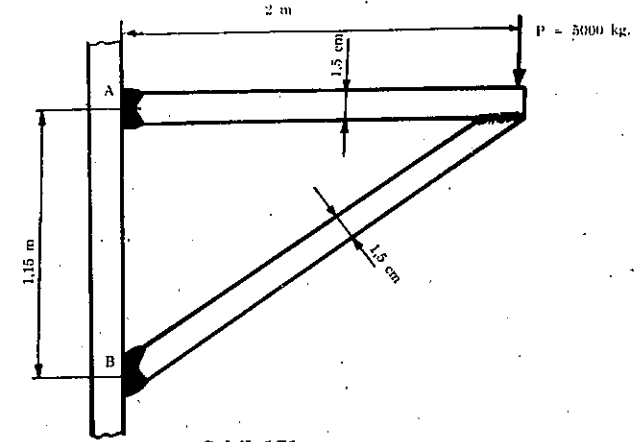
- Kaynak kesilme gerilmesinin hesabı :

Kaynakta oluşan gerilme, $\tau_k = \frac{P}{A}$ dır. Formüldeki kaynak dikişi alanı, kesilmeye çalışan kaynak dikişi iki olduğundan $A = 2.a.1$ olur. $a = Z \cdot \cos 45^\circ$ ve $\cos 45^\circ = 0,707$ olduğundan, $A = 2 \cdot 0,707 \cdot Z \cdot 1$ olacaktır. Bu değeri formüldeki yerine yazarsak, bilinen değerleri de yerlerine koyarsak

$$\tau_k = \frac{6000}{2 \cdot 0,707 \cdot Z \cdot 15} \text{ elde edilir. } \tau_k = \frac{3000}{6,363} = 471,4 \text{ kg/cm}^2 \text{ bulunur.}$$

b) Güvenlik araştırması :

Çelik malzeme için güvenli kesilme gerilmesi değeri $\tau_{kem} = 960 \text{ kg/cm}^2$ olarak verilmiştir. Bunun yüzde altmış değerinin, kaynak için bulunan kesilme değerinden büyük olması gerekir. Buna göre, $0,60 \cdot 960 = 576 \text{ kg/cm}^2$ dir. Bulunan değer $471,4 \text{ kg/cm}^2$ dir. 576 kg/cm^2 lik kesilme gerilmesi, $471,4 \text{ kg/cm}^2$ lik kesilme gerilmesi değerinden büyük olduğundan Şekil : 170 de gösterilen kaynaklı birleştirme 6 tonluk yükü güvenle taşır.

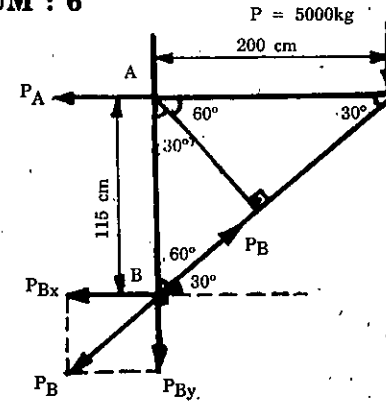


Şekil : 171

Örnek problem : 6

Şekil : 171 de görülen kaynaklı birleştirmenin (A) ve (B) noktalarındaki kaynak dikişlerinde meydana gelecek gerilmelerin türlerini belirliyerek bunların değerlerini hesaplayınız. Çelik levhalara kaynak ağı açılmış olup bütün kesit kaynak yapılmıştır. Her iki noktadaki kaynak dikişlerinin boyu 200 mm dir.

ÇÖZÜM : 6



Şekil : 172

Şekil : 171 deki kaynaklı birleştirmeye etki eden dış kuvvetin (A) ve (B) noktalarında meydana getirdiği tepki kuvvetler şekil : 172 de gösterilmiştir. Buna göre,

- (A) noktasındaki kaynak dikişi çekilmeye zorlanır.
- (B) noktasındaki kaynak dikişi hem basılmaya, hem de kesilmeye zorlanır.

(A) ve (B) noktalarındaki kaynaklarda meydana gelen gerilmelerin hesabı
1 - Çekilme gerilmesi hesabı :

(A) noktasındaki kaynak dikişini çekilmeye zorlayan (P_A) kuvvetini değerini bulabilmek için bütün kuvvetlerin (B) noktasına göre momentlerini alalım. Toplam moment $M_B = 0$ dan, $P \times 200 - P_A \times 115 - P_B \times 0 = 0$ yazılır. Buradan da, $P_A = P \times 200/115 = 5000 \times 200/115 = 8700$ kg (yaklaşık) olur.

(A) noktasındaki kaynakta oluşan çekilme gerilmesi, $\sigma_c = \frac{P_A}{A}$ formülü ile hesaplanır ve $\sigma_c = \frac{8700}{Z.1} = \frac{8700}{1,5.20} = 290$ kg/cm² olarak bulunur.

(B) noktasındaki kaynağı basılmaya ve kesilmeye zorlayan (P_B) kuvvetini bulabilmek için de bütün kuvvetlerin (A) noktasına göre momentlerini alalım.

Toplam $M_A = 0$ dan, $P \cdot 200 - P_B \cdot 200 \cdot \cos 60^\circ = 0$ yazılır. Buradan da (P_B) kuvveti $P_B = \frac{P.200}{200.0,5} = \frac{5000.200}{100} = 10000$ kg olarak bulunur. Bu kuvvetin

(P_{By}) bileşeni kaynak dikişini kesmeye zorlamakta olup değeri, $P_{By} = P_B \cos 60^\circ$ den, $P_{By} = 10000 \cdot 0,5 = 5000$ kg bulunur. Buna göre kaynakta

meydana gelen kesilme gerilmesi. $\tau_k = \frac{P_{By}}{A} = \frac{5000}{1,5.20} = 166,6$ kg/cm² olarak bulunur.

(P_B) kuvvetinin yatay bileşeni olan (P_{Bx}) bileşeni de (B) noktasındaki kaynağı basılmaya zorlamakta olup, değeri $P_{Bx} = P_B \cdot \cos 30^\circ = 10000 \cdot 0,866$ dan, $P_{Bx} = 8660$ kg bulunur. Kaynakta oluşan basılma gerilmesi de

$\tau_b = \frac{P_{Bx}}{A}$ formülü ile hesaplanır. Bilinen değerler formülde yerine yazılırsa, $\tau_b = \frac{8660}{1,5.20}$ olur ve $\tau_b = 288,6$ kg/cm² olarak bulunur.

Kaynak kesit alanı olan (A)'nın hesaplanmasında dikiş yükseklikleri çelik levhaların kalınlığı olan 1,5 cm'ye eşit olarak alınmıştır.

KAYNAKTA BURULMA GERİLMESİ (DAYANIMI) VE HESABI

Dairesel hareket (dönme hareketi) iletmek amacı ile kullanılan makina elamanları (mil, matkap, klavuz, rayba, civata v.b.), kendilerini döndüren dış kuvvet tarafından burulmaya zorlanırlar. Burulmaya zorlanan elamanlarda, burulma momentinin etkisi ile kesme (kayma) gerilmesi oluşur. Bu gerilme bir burulma nedeni ile olduğundan adına burulma gerilmesi de denir ve (τ_b) ile gösterilir. Burulmaya zorlanan elamanlar kaynakla birleştirilmiş iseler, aynı gerilme kendilerini birleştiren kaynak dikişlerinde de meydana gelir.

Burulmaya zorlanan kaynaklı elamanın kendisinde ve kaynak dikişinde olan burulma gerilmesi $\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$ formülü ile hesaplanır. Formüldeki,

τ_b : Burulma gerilmesi (kg/cm²),

M_b : Burulma momenti (kg·cm veya kg·m),

W_p : Polar dayanım momenti (cm³) dir.

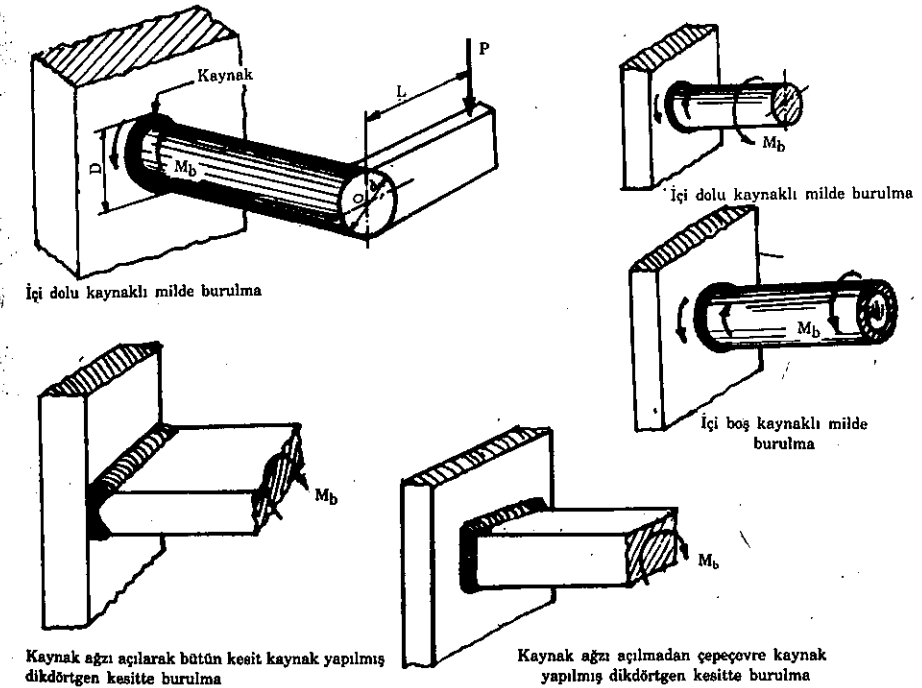
Polar (kutupsal) dayanım momenti, elamandaki kaynak kesit alanının etinin merkezine göre alınmış kutupsal atalet momentinin, merkezden en uzakta bulunan uzaklığa bölünmesi ile elde edilir. Buna göre burulma

gerilmesi formülü, $\tau_b = \frac{M_b}{W_p} = \frac{M_b}{\frac{I_p}{e}}$ veya $\tau_b = \frac{M_b \cdot e}{I_p}$ olarak elde edilir.

I_p : Kaynak kesit alanının kendi merkezine göre kutupsal atalet momenti (cm⁴),

e : Kaynak kesit merkezinden en uzakta bulunan noktanın, bu merkeze olan uzaklığı (cm, mm, m.) dir.

Şekil : 173 de burulmaya zorlanan kaynaklı birleştirmeler gösterilmiştir.



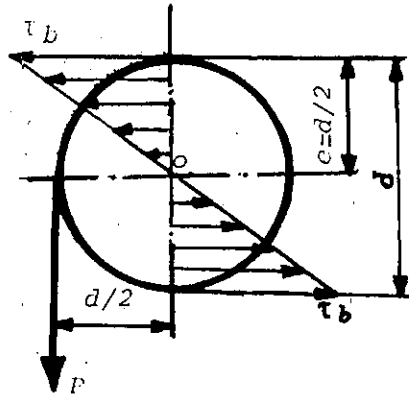
Şekil : 173 Burulmaya zorlanan kaynaklı birleştirmeler.

Millerde Dönme Sayısı, Güç ve Burulma Momenti Arasındaki Bağntı :

Dairesel hareket ileten kaynaksız millerde olduğu gibi, kaynaklı millerde de burulma momenti $M_b = 71620 \frac{N}{n}$ formülü ile hesaplanır.

Mekanik derslerindeki bilgilerimizden yararlanılarak bu formülün nasıl elde edildiğini görelim :

Güç = KUVVET $\times$ HIZ bağıntısında, güce (N), hıza (V) ve kuvvete de (P) dersek, $N = P \times V$ yazılır. Burulmaya çalışan milin veya mildeki kaynak dikisi üzerindeki bir noktanın bir saniyedeki hızının $V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$ formülü ile hesaplandığını biliyoruz. Hızın bu değerini $N = P \times V$ formülünde yerine yazarsak, $N = P \cdot \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$ formülü elde edilir.



Şekil : 174

yazılır. Buradan da, $M_b = \frac{N \cdot d \cdot 60}{\pi \cdot d \cdot n \cdot 2}$ olur ve $M_b = \frac{N \cdot 30}{\pi \cdot n}$ formülü elde

edilir. Bu formüldeki gücün değeri beygir gücü olarak 75 kg. m / saniyedir. Burulma momentinin değeri (kg. cm) olarak elde edebilmek için güc biriminin de (kg. cm) olması gerekir. Bu nedenle son bulunan formülde, gücü gösteren (N)'nin (75 X 100)'le çarpılması gerekir. Bu takdirde,

$M_b = \frac{N \cdot 30}{\pi \cdot n} \cdot 75 \cdot 100$ yazılır ve $M_b = \frac{225000}{3,14} \cdot \frac{N}{n}$ bulunur. Buradan da,

$$M_b = 71620 \frac{N}{n}$$

burulma momentinin hesabında kullanılan formül elde edilir. Formüldeki,

Şekil : 174 de görüldüğü gibi, (P) dış kuvvetinin, milin merkezine olan uzaklığının çarpımı burulma momenti olan $M_b = P \cdot \frac{d}{2}$ 'yi verecektir.

$$N = P \cdot \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \quad \text{dan,} \quad P = \frac{N \cdot 60}{\pi \cdot d \cdot n}$$

formülü ve, $M_b = P \cdot \frac{d}{2}$ den de

$$P = \frac{2 \cdot M_b}{d} \quad \text{formülü elde edilir.}$$

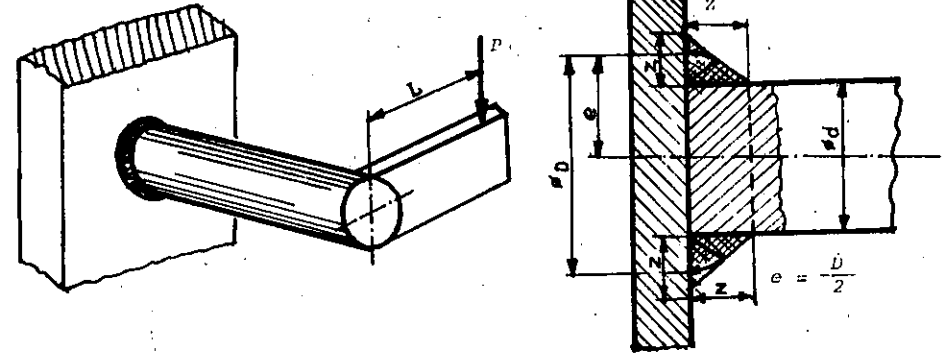
$$P = P \quad \text{olduğundan,} \quad \frac{N \cdot 60}{\pi \cdot d \cdot n} = \frac{2 \cdot M_b}{d}$$

M_b : Burulma momentini (kg.cm)

N : Beygir gücünü (7500 kg.cm/sn.),

n : Milin bir dakikadaki dönme sayısı (devir/dak.),

d : Kaynak yerindeki mil çapını (cm), göstermektedir.



Şekil : 176 Burulmaya çalışan kaynaklı birleştirme $D = d + 2 \cdot a$ ve $a = \cos 45^\circ \cdot Z$
 $a = 0,707 \cdot Z$ olduğundan,
 $D = d + 1,414 \cdot Z$ olur.

ÖRNEK PROBLEM : 7

Aşağıda verilen değerlere göre şekil : 175 deki kaynak yerinde meydana gelen burulma gerilmesini hesaplayınız. Malzemenin çelik olduğu ve emniyetli burulma gerilmesinin $\tau_b = 900 \text{ kg/cm}^2$ olarak bilindiğine, kaynak için burulma gerilme emniyet yüzdesi 0,60 kabul edildiğine göre bulunan sonucu değerlendiriniz.

VERİLENLER :

$$P = 500 \text{ kg.}, \quad L = 60 \text{ cm.}, \quad Z = 0,5 \text{ cm.}, \quad d = 10 \text{ cm.},$$

$$\tau_b = \frac{16 \cdot M_b \cdot (d + 1,414 \cdot Z)}{\pi \cdot (d + 1,414 \cdot Z)^4 - d^4} \quad \text{veya} \quad \tau_b = \frac{5,1 \cdot M_b \cdot D}{D^4 - d^4} \text{ dür.}$$

ÇÖZÜM : 7

$D = d + 1,414 \cdot Z = 10 + 1,414 \cdot 0,5 = 10,7 \text{ cm.}$ bulunur (yaklaşık).

$D^4 = (d + 1,414 \cdot 0,5)^4 = 13108 \text{ cm}^4$ (yaklaşık) olarak bulunur.

$a^4 = 10^4$ ve $D^4 - d^4 = 13108 - 10000 = 3108 \text{ cm}^4$ bulunur.

Burulma momenti $M_b = P \cdot L = 500 \cdot 60 = 30000 \text{ kg.cm.}$ olarak bulunur.

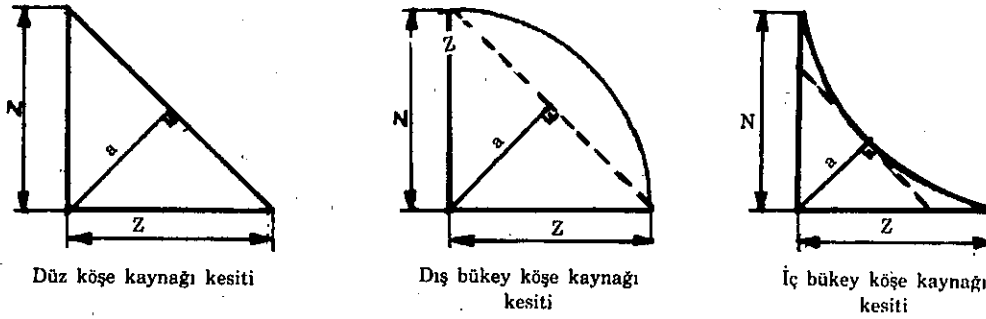
Bulunan bu değerleri verilen burulma gerilmesi formülünde yerine

$$\text{yazarsak,} \quad \tau_b = \frac{5,1 \cdot 30000 \cdot 10,7}{3108} = \frac{1637100}{3108} = 526,7 \text{ kg/cm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Kaynak yapılan çelik malzemenin emniyetli burulma gerilmesi $\tau_b = 900 \text{ kg/cm}^2$ olarak bilindiğine göre, kaynakta oluşan burulma gerilmesinin bu gerilmeden büyük olmaması gerekir. Buna göre, kaynakta olması gereken burulma gerilmesi, $0,60 \cdot 900 = 540 \text{ kg/cm}^2$ dir. Hesapla bulunan burulma gerilmesi ($526,7 \text{ kg/cm}^2$), 540 kg/cm^2 den küçük olduğundan verilen kaynaklı birleştirme (P) dış kuvvetinin meydana getirdiği burulma momentini güvenle taşıyabilir.

Kaynaklı olarak birleştirilmiş ve dairesel hareket ileten millerde güç (N) ve dakikadaki dönme sayısı biliniyorsa (n), burulma momentini $M_b = 71620 \cdot \frac{N}{n}$ formülü ile hesaplamak gerekir.

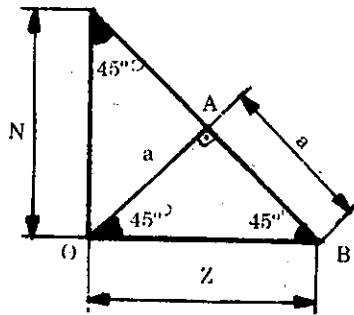
KÖŞE KAYNAKLARINDA KESİT GÖRÜNÜŞLERİ VE ÖLÇÜLENDİRME



z = köşe kaynağı kenar yüksekliği, az kaynak yüksekliği ve $a = z \cdot \cos 45^\circ$ dir.

Şekil : 176 Köşe kaynaklarında kesit görünüşleri ve ölçülendirilmeleri.

Köşe kaynaklarında kenar yükseklikleri ile kaynak yüksekliği arasındaki ilişki :



Şekil : 177

Şekil : 177 deki düz yüzeyli köşe kaynağındaki O A B dik üçgeninden,

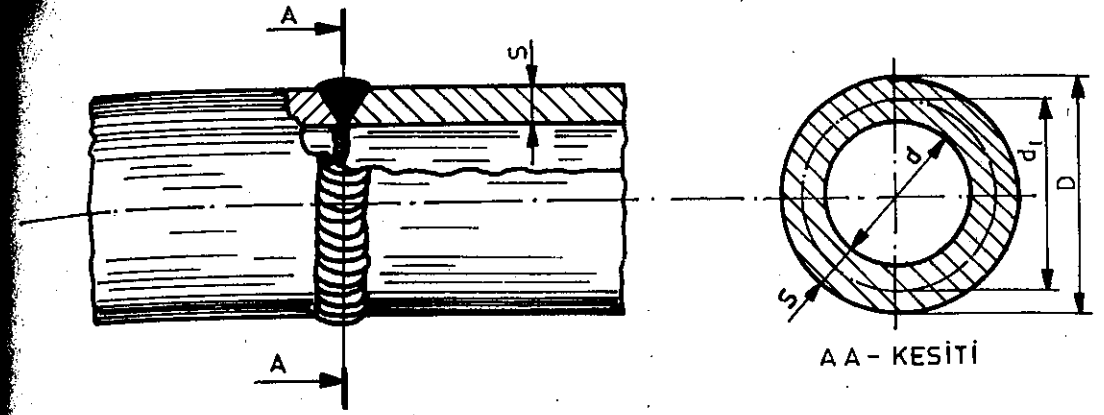
$$Z^2 = a^2 + a^2 \text{ yazılır. Buradan } 2 \cdot a^2 = Z^2$$

olur. $a^2 = \frac{Z^2}{2}$ eşitliğinin her iki tarafın

kare kökü alınırsa, $a = \frac{Z}{\sqrt{2}}$ bulunur.

$a = \cos 45^\circ \cdot Z = 0,707 \cdot Z$ olduğundan,

$a = 0,707 \cdot Z = \frac{Z}{\sqrt{2}}$ yazılabilir.



Şekil : 178 Çekilmeye çalışan kaynak kesit alanı

Örnek problem : 8

Şekil : 178 de (V) kaynak ağı açılarak köklü dış bükey (V) dikişle birleştirilmiş çelik boruların $p = 50 \text{ kg/cm}^2$ lik bir iç basınca dayanmaları istenmektedir. Gerekli ölçüler şekil üzerinde verildiğine, çelik borunun emniyeti çekilme gerilmesi 1200 kg/cm^2 olduğuna ve kaynak emniyet yüzdesi $0,75$ olarak kabul edildiğine göre,

- Çekilme gerilmesinin meydana geldiği kaynak alanını,
- Kaynağı çekmeye zorlayan toplam basıncı,
- Kaynak dikişinde meydana gelen gerilmeyi (kaynak dayanımını), hesaplayınız. Bulunan bu değerle, borunun çekilme gerilmesini karşılaştırarak birleştirmenin güvenli olup olmadığını açıklayınız.

ÇÖZÜM : 8 $D = d + 2 \cdot s = 50 + 2 \cdot 0,5 = 51 \text{ cm.}$ alınır.

a) Kaynak alanı, $A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 51^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 50^2}{4}$ den,

$$A = \frac{8167,14}{4} - \frac{7850}{4} = 2041,78 - 1962,5 = 79,28 \text{ cm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Ayrıca kaynak alanı, $A = \pi \cdot d_1 \cdot s$ formülü ile de hesaplanır. Ancak, d_1 değeri olarak nötür eksenler arası çap alınmalıdır. Buna göre, $A = 3,14 \cdot 50,5 \cdot 0,5 = 79,28 \text{ cm}^2$ olarak bulunur.

b) Toplam basınç, $P = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p = \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} \cdot 50 = 98125 \text{ kg.}$ bulunur.

Basıncılı kaplarda (kazan, boru v.b.) en büyük çekilme gerilmesi borunun iç yüzeylerinde, en küçük çekilme gerilmesi de dış yüzeylerinde oluşacağından toplam basınç boru iç çapına göre hesaplanmıştır.

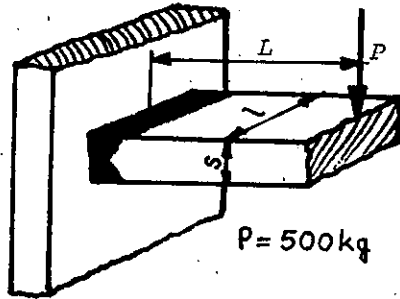
c) Kaynak dayanımı (gerilmesi) ve güvenlik araştırması,

$$\text{Kaynak dikiş alanındaki gerilme } \sigma_{kç} = \frac{P}{A} = \frac{98125}{79,28} = 1237,7 \text{ kg/cm}^2$$

olarak bulunur. Bunun yüzde yetmişbesi, $1237,7 \cdot 0,75 = 928,75 \text{ kg/cm}^2$ dir. $928, < 1200$ olduğundan kaynaklı birleştirme güvenlidir.

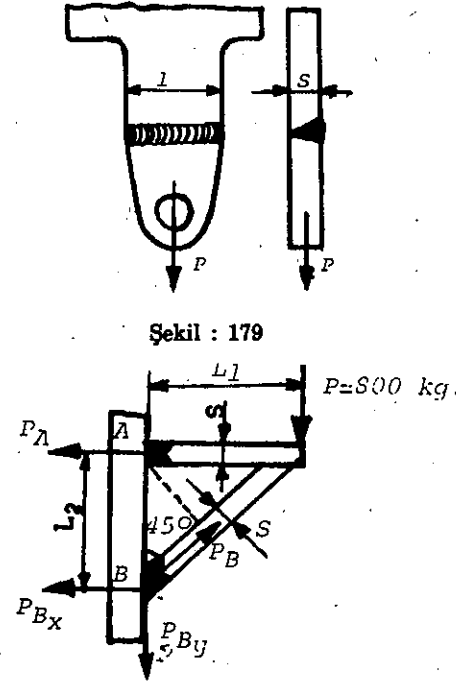
SORULAR :

- 1 - Bilim ve teknolojinin gelişmesine paralel olarak gelişen kaynak teknolojinin en büyük amacı nedir ?
- 2 - Kaynağın etkileyen faktörler nelerdir, açıklayınız.
- 3 - Kaynaklı birleşmelerin dayanım hesabının yapılmasının yararlarını, bu hesabın yapılmamasının zararlarını kısaca açıklayınız.
- 4 - Isı faktörünün kaynak yerinde ve yakın bölgesinde meydana getirdiği mikro yapı ve sertlik değişimini şekil çizerek açıklayınız.
- 5 - Gerilme nedir, ısı faktörünün ve dış kuvvetlerin kaynaklı birleştirmede meydana getirdiği gerilemeler, nelerdir, kısaca açıklayınız.
- 6 - Kaynak edilen esas parçanın emniyetli gerilmesi ile kaynak emniyet gerilmesi arasında ne fark vardır, niçin ?
- 7 - Soğuk kaynak yapılan bir dökme demir parçanın 150°C sıcaklıkta bünyesinde meydana gelen çekilme gerilmesini hesaplayınız. (E) ve (a) değerleri çizelge : 16 dan alınacaktır.
- 8 - Şekil : 179 da görülen kaynak birleştirmede $P = 10 \text{ ton}$, $S = 10 \text{ mm}$, $\sigma = 1500 \text{ kg/cm}^2$ ve kaynak emniyet gerilmesi yüzdesi 0,80 olduğuna göre kaynak dikiş boyu olan (1)'yi hesaplayınız.



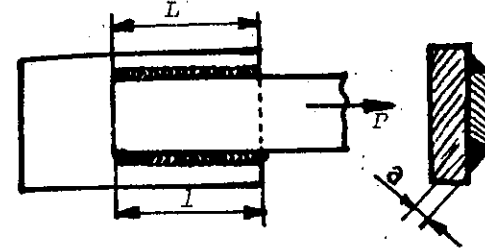
Şekil : 180

- 9 - Şekil : 180 de görülen kaynaklı birleştirmede $L = 1,5 \text{ m}$, $S = 20 \text{ mm}$, $1 = 100 \text{ cm}$ olduğuna göre, P kuvvetinin kaynakta meydana getirdiği eğilme gerilmesini bulunuz.



Şekil : 181

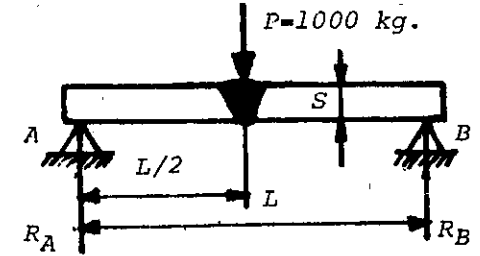
- 10 - Şekil : 181 de kaynaklı birleştirmede $L_1 = L_2 = 100 \text{ cm}$, kaynak dikiş boyu $= 50 \text{ cm}$ $S = 15 \text{ mm}$ olduğuna göre, (A) ve (B) noktalarında meydana gelecek çekilme, basılma ve kesilme gerilmeleri değerlerini bulunuz.



Şekil : 182

- 12 - Şekil : 183 de görülen kaynaklı birleştirmede $S = 30 \text{ mm}$, $L = 100 \text{ cm}$ ve $L = 50 \text{ cm}$ olduğuna göre, kaynak dikişinde meydana gelecek eğilme gerilmesini bulunuz.

- 11 - Şekil : 182 de görülen kaynakla birleştirilmiş çelik malzemenin emniyetli gerilmesi 500 kg/cm^2 , $a = 0,8 \text{ cm}$, kaynak dikiş boyu $1 = 150 \text{ mm}$ olduğuna göre bu kaynağın taşıyabileceği en büyük kuvveti bulunuz.



Şekil : 183

KAYNAK STANDARTLARI

Kaynak standartları ile ilgili olarak, elektrod işaretleri standardı ve kaynak sembolleri standardını inceleyeceğiz.

I - ELEKTROD İŞARETLERİ STANDARDI :

Kaynak elektrodu, kaynak teknolojisinin iş üzerine uygulanmasında en önemli araçlardan biridir. Bu nedenle kaynakçının kaynak yapacağı işin özelliklerine uygun ve kaynaktan beklenen mekanik özellikleri temin edilebilecek elektrodu çok iyi tanınması gerekmektedir. Bu tanıma işlemi, elektrodların genel durumu hakkında özet bilgileri taşıyan bazı işaretler için bu işaretleri kullanmak, katalog ve elektrod paketleri üzerine de yazılmasını sağlaması gerekir. Bu görev ilgili firmalar tarafından yerine getirilmektedir.

Elektrodlar için kullanılan, söz konusu işaretlerin herkes tarafından ayrı ayrı kullanılarak, bu konuda bir karışıklığın ortaya çıkmaması için, bu işaretler standartlaştırılmıştır. Günümüzde, elektrodlarla ilgili geliştirilmiş uluslararası ve diğer yabancı ülkeler tarafından kullanılmakta olan elektrod işaretleri standartları bulunmaktadır. Ülkemizde de, Türk Standartları Enstitüsü (T.S.E.) tarafından TS 563 standart numarası ile kabul edilmiş elektrod standardı bulunmaktadır. Önce elektrod standartlarının sağladığı yararları görelim, daha sonra da TS 563 standartlarını tanıyalım.

Elektrod İşaretleri Standardının Sağladığı Yararlar :

- 1 - Elektrod seçiminde kaynakçıya kolaylık sağlar.
- 2 - Seçilen elektrodun amacına uygun ve rahat kullanılmasını sağlar.
- 3 - Kaynak işleminin teknolojisine uygun yapılmasını ve kaynağın kaliteli olmasını temin eder.
- 4 - Kaynağın daha ucuz olmasını sağlar.
- 5 - Kaynağın güvenlik kurallarına uygun olarak yapılmasına yardımcı olur.

T.S. 563 Standartı :

TS 563'e göre elektrod işaretleri standartları aşağıda görüldüğü gibi altı gruba ayrılabilir.

$$\frac{E}{1. grup} \quad \frac{V_{III}}{2. grup} \quad \frac{k}{3. grup} \quad \frac{332}{4. grup} \quad \frac{T}{5. grup} \quad \frac{22}{6. grup} \text{ gibi.}$$

1. Grup :

Elektrik ark kaynağında kullanılacak elektrodu gösterir.

2. Grup :

Bu gruptaki işaret, elektrodun klas işaretini gösterir. Yani, elektrodun kullanma alanını veya hangi malzemelerin kaynağında kullanılabileceğini gösterir.

3. Grup :

Bu gruptaki işaretler de, örtülü elektrodlar için örtü kalınlığını gösterir. Elektrodların örtü kalınlığı aşağıdaki işaretlerden biri ile gösterilir.

$\dot{I}$ = İnce örtülü elektrod (elektrodun tüm kalınlığı, tel çapının en çok % 20'si kadar olmalıdır).

O = Orta örtülü elektrod (elektrodun tüm kalınlığının, tel çapının % 120 si % 145 i kadar olmalıdır).

k = Kalın örtülü elektrod (elektrodun tüm kalınlığı, elektrod tel çapının % 145'inden fazla olmalıdır).

4. Grup :

Bu gruptaki işaretler, kaynak dikişinin mekanik özelliklerini gösterir. Grupta üç rakam bulunmaktadır. Bunlardan,

1. rakam ; Kg/cm² olarak en az çekme dayanımını,

2. rakam ; Yüzde olarak en küçük kopma uzamasını,

3. rakam ; Kg/cm² en küçük çentik darbe (vurma) dayanımını gösterir.

5. Grup :

Bu grupta elektrodların tiplerini gösteren işaretler bulunmaktadır. Bu işaretler şunlardır :

X = Özsüz elektrod. (çıplak elektrod)

D = Özlü elektrod.

A = Asit tipi elektrod.

B = Bazik tipi elektrod.

C = Selülozik tip elektrod.

O = Oksit tip elektrod.

T = Titandioksit tipi elektrod.

S = Diğer tip veya elektrod örtü karakterini gösterir.

Ar = Asit (Rutil)

R = Rutil (orta kalın örtülü)

RR = Rutil (Kalın örtü)

Derin nüfuziyetli (derince işleyen) elektrodlarda, diğer elektrodlarda olduğu gibi örtü kalınlığını gösteren işaretler kullanılır. Ayrıca, bütün işaretlerin sonuna (P) harfi konulur. Demir tozlu elektrodlarda örtü tipi gösterdikten sonra bütün işaretlerin sonuna (F_e) işareti konur.

6. Grup :

Bu gruptaki rakamlar, kaynak durumlarını (pozisyonlarını) ve kaynak için hangi akımın kullanılması gerektiğini gösterir. Bu kaynak işareti iki rakamlı sayılı ile belirtilir. Bunlarda,

1. Rakam, kaynak durumunu (kaynak pozisyonu),
2. Rakam ise, kaynak için kullanılacak akım cinsini ve doğru akımda kutup durumunu belirtir. 6. grupta ilgili bilgiler çizelge : 19 ve çizelge : 20 de verilmiştir.

Çizelge : 19

Kaynak durumu (pozisyonu) ile ilgili standart işaret ve bilgiler.

İşareti	Kaynak durumu
1	Bütün kaynak durumları için.
2	Yukarıdan aşağıya doğru düşey kaynak durumu hariç, diğer bütün kaynak durumları için.
3	Yatay ve aşağıdan yukarıya doğru düşey kaynak durumları için.
4	Yalnız yatay oluk durumu için

Derin işleyen elektrodlar, genellikle, yalnız yatay oluk durumunda kaynak edilmede kullanıldığından, bu elektrodlar, kaynak durumu işareti gösterilmez.

Çizelge : 20

Akım cinsi ve kutup durumunu gösteren işaretler.

Kutup durumu	Doğru akım gerilimi veya dalgalı akım (kaynak transformatörünün boşta çalışma gerilimi)			Yalnız Doğru akım
	50 volt	70 volt	90 volt	
Elektrod heriki kutuba bağlanabilir.	1	4	7	0
Elektrod eksi kutba bağlanır.	2	5	8	0 -
Elektrod artı kutba bağlanır.	3	6	9	0 +

II - KAYNAK İŞARETLERİ STANDARDI

Kaynaklı birleştirmelerle ilgili olarak çizilmiş teknik resim veya projelerde, kaynak yapılacak yerlerdeki kaynak ölçülerini ve nasıl yapılması gerektiğini hiç bir hesaplama ve araştırmaya gerek duymadan anlayabilmek için, kaynak standartlarının kullanılması önem taşımaktadır. Çizimde, okumada, kalitede, ölçüde ve uygulamada birlik ve bütünlük sağlanabilmesi amacı ile Türk Standardlar Enstitüsü (T S E) tarafından kabul edilen kaynak standartları uygulamaya konulmuş bulunmaktadır. Üç grupta toplayabileceğimiz bu standartlarla ilgili açıklamalar aşağıda gösterilmiştir.

1 - T S 3004/Şubat 1978 KAYNAK STANDARDI VE KAPSADIĞI KONULAR :

- a - Kaynak sembolleri (elementer semboller ve ek sembolleri)
- b - Kaynak sembollerinin uygulaması.
- c - (A) Metoduna göre kaynak sembolünün konumu.
- d - (E) Metoduna göre kaynak sembolünün konumu.
- e - Kaynak sembollerinin ana boyutları.
- f - Kaynak sembollerini gösterme metodu.

2 - T S 3473/Temmuz 1980 KAYNAK STANDARDI VE KAPSADIĞI KONULAR :

- a - Kaynaklı birleşim kalite sınıfı.
- b - Kaynak simgeleri.
- c - Kaynak simgelerinin kaynak işaretlerindeki yerleri.
- d - Kaynak işaretlerinin kullanılmasına ilişkin örnekler.
- e - Sürekli ve süreksiz dikişler.
- f - Birleştirme şekilleri ve paso sayıları.

3 - T S 3473/Temmuz 1980 KAYNAK STANDARDI VE KAPSADIĞI KONULAR :

- a - Kaynak ağız, sembolü ve ölçüleri,
- b - Kaynağın yapılışı ve uygulanacak kaynak yöntemi.
- c - Kaynak yapılacak malzemenin cinsi.
- d - Kaynakta kullanılacak elektrodlar.

Kaynaklı birleştirmelerdeki kaynak dikişlerine ilişkin gerekli açıklamalar, kaynak sembolleri, ek kaynak sembolleri, ölçülendirmeler, kaynak işaretleri, bu konulardaki Türk Standardları esas alınarak çizelgeler halinde ekte verilmiş ve örnek uygulama yapılmıştır. Kaynaklı birleştirmelerin yapım resimlerinde kaynak dikişlerine ilişkin ölçü, dikiş biçimi, kaynak yöntemi, montajın nerede yapılacağı gibi bilgiler kolay anlaşılabilir şekilde belirtilme-

lidir. Bu durum, ya kaynak dikişlerinin ölçekli resimlerinin çizilmesi veya kaynak sembol ve işaretlerin kullanılması diğer açıklayıcı bilgilerin kullanılması ile sağlanır. Sembol ve işaretlerin kullanılması birçok yönlerden yararlı olur.

Çizelge : 21

Kaynaklı birleştirmenin tanımı, resimle gösterilişi ve sembolle gösterilmesi.

Elemanter kaynak sembolleri.

No	Birleştirmenin tanımı	Gösterilişi	Sembol
1	Kıvrık alın kaynağı		√
2	Küt alın kaynağı (1 Birleştirme)		
3	V - alın kaynağı		∇
4	Tek-pahlı alın kaynağı (Yarım "V" alın kaynağı)		∇
5	Köklü-V alın kaynağı (düz kısımlı V alın kaynağı)		Y
6	Köklü yarım V alın kaynağı (düz kısımlı yarım V alın kaynağı)		Y
7	U alın kaynağı		Y
8	J alın kaynağı		P
9	Sırt kaynağı		U
10	Tek taraflı iç köşe kaynağı		△

Çizelge : 21

Elemanter kaynak sembollerinin devamı

No	Birleştirmenin tanımı	Gösterilişi	Sembol
11	Tıpa kaynağı, tıpa veya yarık kaynağı (dolum kaynağı)		□
12	Nokta kaynağı		○
13	Dikiş kaynağı (dikişli kaynak)		⊙

Görüldüğü gibi, elemanter semboller yalnız kaynaklı birleştirmenin şeklini (biçimini) tanımlamaktadır. Kaynak dikişinin yüzey biçimini de gösterebilmek için üç ayrı ek sembol kullanılır. Bunlar çizelge : 22 de gösterilmiştir. Kaynak dikişi yüzey biçiminin tam olarak gösterilmesi bu ek sembollerle tamamlanır. Ek semboller kullanılmadığı takdirde, kaynak yüzey biçimi uygulayıcının (kaynakçının) isteğine bırakılmış demektir.

Çizelge : 22 Ek kaynak sembolleri.

Kaynaklı yüzeyin şekli (biçimi)	Ek sembol
a) Düz (genellikle yapım durumu)	—
b) Dış bükey (Konveks)	()
c) İç bükey (Konkav)	) (

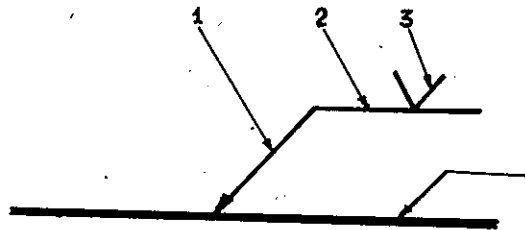
Çizelge : 23 Ek kaynak sembollerinin kullanılmasına ait örnekler.

Birleştirmenin tanımı	Gösterilişi	Sembol
Düz V alın kaynağı		
Dış bükey çift V alın kaynağı (düz kısımsız X alın kaynağı)		
İç bükey köşe kaynağı (tek taraflı iç köşe kaynağı)		
Düz arkalı, düz V alın kaynağı.		

KAYNAK YERİNİN GÖSTERİLMESİ :

Kaynaklı birleştirmelerdeki kaynak yerleri, şekil : 184 de görüldüğü gibi, ucunda ok bulunan ve genellikle yataya paralel bir referans çizgisi ve bunun üzerinde kaynak sembolü bulunan kaynak işareti ile gösterilir. Kaynak sembolleri, tam gösterme metodunun bir kısmıdır. Tam gösterme için, ucunda ok bulunan bir referans çizgisinin de kullanılması gerekir. Kaynak sembolleri, tam gösterme metodunun bir kısmıdır. Tam gösterme için, ucunda ok bulunan bir referans çizgisinin de kullanılması gerekir. Kaynak yerlerinin tam gösterilmesi için,

- Her kaynaklı bağlantı için bir ok çizgisi,
- Her kaynaklı bağlantı için bir referans çizgisi,
- Kaynak dikişi kesit ve boy, aralık ölçüleri ile, birleştirme biçimini ve yüzey biçimini gösteren elemanter ve ek (gerekliyorsa) sembollerin de kullanılması gerekir.



- 1 = Ok çizgisi
2 = Referans çizgisi
3 = Sembol (gerekliğinde ek sembol bunun üzerine konur.)
Kaynaklı birleştirmedeki kaynak yeri.

Şekil : 184 Kaynak yerlerinin tam gösterilme metodu.

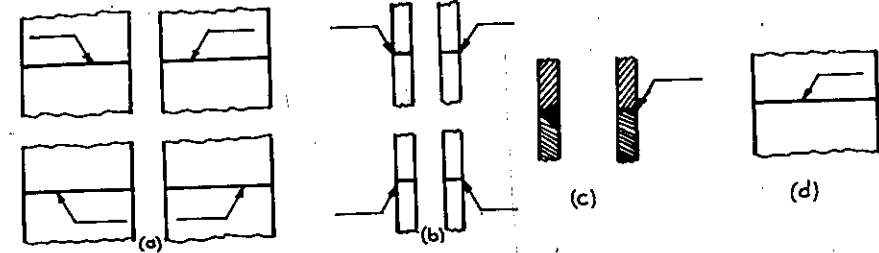
Ok çizgileri, referans çizgisinin bir tarafına, bu çizgi ile bir açı teşkil edecek ve ucunda ok bulunacak şekilde bağlanır.

Referans çizgisi, kaynaklı birleştirme resmini alt kenarına paralel olacak şekilde düz bir çizgi ile gösterilir.

Referans çizgisi, kaynaklı birleştirme resminin alt kenarına paralel olacak şekilde düz bir çizgi ile gösterilir.

Referans çizgisine göre kaynak sembolünün konumu farklı iki kurala göre belirlenmiştir. Referans çizgisinin üzerine konulacak sembolün sol tarafında kaynak dikişinin yüksekliği veya kenar ölçüsü, sağ tarafında ise ; dikiş boyu, aralık, dolu dikiş boyu ölçüleri yazılır.

Şekil : 185 Kaynaklı birleştirmedeki kaynak yerlerine göre ok ve referans çizgilerinin konumları gösterilmiştir.



Şekil : 185 Kaynak yerlerine göre ok ve referans çizgilerinin konumu.

Referans çizgisine göre kaynak sembolünün konumunun farklı iki kurala göre belirlendiğini daha önce belirtmiştik. Buna göre referans çizgisine göre sembolün konumu,

- 1) A metoduna göre sembolün konumu,
- 2) E metoduna göre sembolün konumu olarak kabul edilmiştir. Her iki metoda göre sembollerin konumu çizelge : 24 ve 25 de gösterilmiştir.

Kaynakla birleştirilecek gereçlerin kalınlıklarına göre kaynak ağız açılarının, parçalar arasındaki aralığın, kaynak ağız kök yüksekliği, kaynak işleminin kaç taraftan yapılacağı ve hangi kaynak yönteminin uygulanacağı Çizelge : 27, 28, 29, 30 ve 31 de gösterilmiştir.

ÇİZELGE : 27

belirtilmeyen hususlarda ve biçimlendirmede yapımcı serbesttir.

Kaynak ağızı	Sembol	s mm	α, β o	b mm	c mm	h mm	Kaynak yapılışı 1)	Kaynak yöntemi 1)
		2 (içinde) ye kadar	—	—	—	—	Bir taraftan	G, E, KV, KM
		4 (içinde) e kadar	—	—	—	—	Bir taraftan	G, E, KV, KM
		4 (içinde) e kadar	—	$\approx s$	—	—	Bir taraftan	G, E, KV
			—	0—s	—	—		KM
		8 (içinde) e kadar	—	$\approx \frac{s}{2}$	—	—	İki taraftan	E, KV
			—	0— $\frac{s}{2}$	—	—		KM
		3—10	≈ 60	—	—	—	Bir taraftan	G
		3—40	≈ 60	0—3	—	—	Bir taraftan yada iki taraftan	E, KV
			40—60	—	—	—		KM
		16 dan büyük	5—15	6—10	—	—	Bir taraftan	E, KM
		10 dan büyük	≈ 60	0—3	2—4	—	İki taraftan	E, KV
			40—60	—	—	—		KM
		10 dan büyük	60	0—4	2—6	—	İki taraftan	E, KV
			40—60	—	—	—		KM

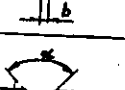
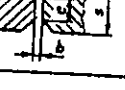
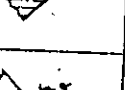
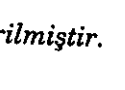
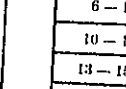
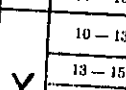
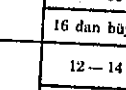
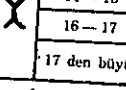
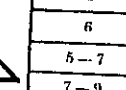
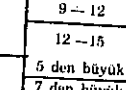
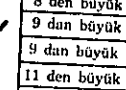
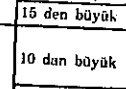
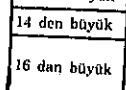
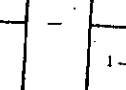
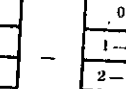
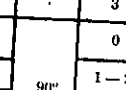
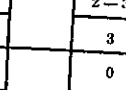
ÇİZELGE : 28

Kaynak ağızı	Sembol	Gereç kalınlığı mm	α, β o	b mm	c mm	h mm	Kaynak yapılışı 1)	Kaynak yöntemi 1)
		10 dan büyük	≈ 60	0—3	—	$\approx \frac{s}{2}$	İki taraftan	E, KV
			40—60	—	—	—		KM
		10 dan büyük	$\alpha_1 = 60$ $\alpha_2 = 60$ $\alpha_1 = 40-60$ $\alpha_2 = 40-60$	0—3	—	$\approx \frac{s}{3}$	İki taraftan	E, KV
				—	—	—		KM
		12 den büyük	$\alpha = 60$ $\beta = 8$	0—3	—	≈ 4	Bir taraftan	E, KV, KM
		12 den büyük	≈ 8	0—3	≈ 3	—	Bir taraftan yada iki taraftan	E, KV, KM
		30 dan büyük	≈ 8	0—3	≈ 3	$\approx \frac{s}{2}$	İki taraftan	E, KV, KM

Açıklamalar :

- 1) Bilgi için gösterilmiştir. Kaynak yöntemi olarak, G = Gaz kaynağını, E = Elektrik kaynağını, KV = Erimeyen elektrodlu koruyucu gazlı kaynağı, KM = Eriyen elektrodlu koruyucu gazlı kaynağı göstermektedir.
- 2) $e = 4,6 + 0,14 \times S$ dir. 3) $e = 5 + 0,1 \times S$ dir. 4) $c = 2$ mm ve $\beta = 10^\circ$ olduğundan, $e = 6,4 + 0,2 \times S$ olur. $\beta = 20^\circ$ olduğunda ise $e = 4,9 + 0,36 \times S$ olur. 5) $c = 2$ mm ve $\beta = 10^\circ$ olduğunda, $e = 6,6 + 0,1 \times S$ ve $c = 2$ mm, $\beta = 20^\circ$ olduğunda ise, $e = 6,7 + 0,2 \times S$ olur.

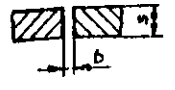
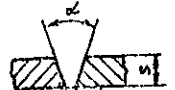
ÇİZELGE : 30
Belirtilmeyen hususlarda ve biçimlendirmede yapımcı serbesttir.

Kaynak ağızı	Sem-bölü	s mm	a o	b mm	c mm	Kaynak yapılışı
	II	5	-	0	-	Bir taraftan
		6		1-2		
		6-10		0		
		10-13		1-2		
		13-15		2-3		
		15-16		3		
	Y	10-13	90°	0	7	İki taraftan
		13-15		1-2	10	
		15-16		2-3	12	
		16 dan büyük		3	13	
	X	12-14	90°	0	4	İki taraftan
		14-16		1-2	7	
		16-17		2-3	9	
		17 den büyük		3	10	
	Δ	5	-	0	-	İki taraftan
		6		1-2		
		5-7		0		
		7-9		1-2		
		9-12		2-3		
		12-15		3		
	Y	5 den büyük	45°	0	2	Bir taraftan
		7 den büyük		1-2	3	
		8 den büyük		2-3	3	
		9 dan büyük		3	4	İki taraftan
		9 dan büyük		0	5	
		11 den büyük		1-2	6	
		13 den büyük		2-3	8	
		15 den büyük		3	10	
	K	10 dan büyük	45°	0	2	İki taraftan
		12 den büyük		1-2	3	
		14 den büyük		2-3	5	
		16 dan büyük		3	7	

1) Bilgi için gösterilmiştir.

ÇİZELGE : 31

Belirtilmeyen hususlarda ve biçimlendirmede yapımcı serbesttir.

Kaynak ağızı	Sem-bölü	s mm	α, β o	b mm	c mm	h mm	R mm	Kaynak yapılışı 1)
	II	1.5 - 8	-	0 - 2	-	-	-	Bir taraftan
		3 - 20		2 - 7				İki taraftan
		4 - 16		4 - 8				Bir taraftan
		12 - 30		4 - 8				İki taraftan
	V	4 - 20	30 - 60	5 e kadar	-	-	-	Bir taraftan
	W	20 den büyük	5 - 10	12 - 20	-	-	-	Bir taraftan
	X	10 - 50	$\alpha_1 = 90-90$ $\alpha_2 = 90-90$	1.5 - 3	-	$\frac{s}{3}$	-	İki taraftan
	Y	14 - 30	30 - 90	1.5 e kadar	6 - 12	-	-	İki taraftan
	X	15 den büyük	45 - 90	1.5 e kadar	5 - 10	$h_1 - h_2$ ya da farklı olabilir.	-	İki taraftan

1) Bilgi için gösterilmiştir.

ÇİZELGE : 32

TİP - A - Eriyen Elektrodlu

Kaynak ağı	Sembolü	S mm	α, β °	b mm	h mm	Kaynak yapılışı
		4-6	—	3'e kadar	—	İki taraftan
	V	5-12	~ 50	3'e kadar	—	İki taraftan
	V	4-20	~ 50	3'e kadar	—	Bir taraftan
	X	10 dan büyük	~ 50	3'e kadar	—	İki taraftan
	U	18 den büyük	~ 15	3'e kadar	~ 3	Bir taraftan

T i p B - Erimeyen Elektrodlu

Kaynak ağı	Sembolü	S mm	a °	b mm	Kaynak yapılışı
	—	2 ye kadar	—	—	Bir taraftan
		3'e kadar	—	3'e kadar	Bir taraftan
		6'e kadar	—	6'e kadar	İki taraftan
	V	12'ye kadar	~ 50	6'ye kadar	Bir taraftan
	X	6-16	~ 50	6'e kadar	İki taraftan

1) Bilgi için gösterilmiştir.

Projelerde, kaynaklı birleştirmelerin yapım resimlerinde, çizelge : 33 de gösterilen sembol ve işaretin dışında başka bir sembol veya işaret kullanılmış ise bu işaret veya sembolün anlamı, uygun bir şekilde hiç bir kuşkuyla yer bırakmayacak açıklıkla belirtilmektedir. Sembol veya işaretle belirtmenin yanlış anlamlara neden olabileceği durumlar söz konusu ise, basit olmayan kaynak ağı hazırlığı gerektiren bütün birleştirmeler için ölçekli detay resimleri hazırlanmalıdır. Çizelge : 33 de kaynaklı birleştirmelerde uygulanan simgeler görülmektedir.

Çizelge : 33

Kaynak simgeleri ve bu simgelerin kaynak işaretindeki yeri.

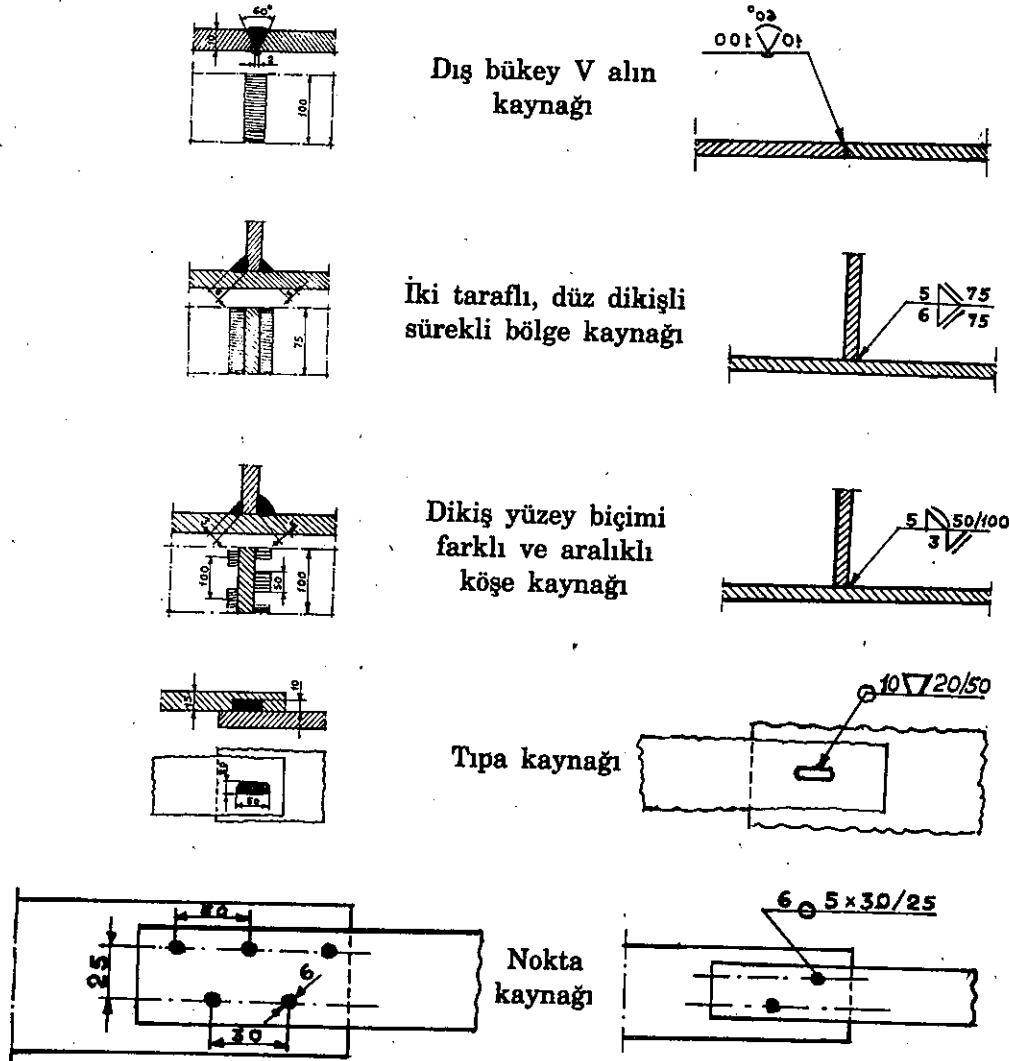
KAYNAK SİMGELERİ									
Dışarı kaynağı	İstirne kök kaynağı	Düz kök kaynağı	Kordon dikliği	Nokta kaynağı	Dolgu dikliği				
						Yarım V dikliği	Yarım V dikliği	Yarım U dikliği	Arkadan yapılmış kök pozosu
EK SİMGELER									
Çepeçevre kaynak	Çözünen la- ratta çepe- çevre kay.	Montaj kaynağı	Dikis yüzü taşlanacak	Dış bukey dikis	İç bukey dikis	Düz dikis	Nokta kaynaklarında iki sıranın sağartılması olarak işlenir	Kaynak yönü ve sırası	
KAYNAK İŞARETİ									

Kaynak standartları ile ilgili şekil ve çizelgeler TS - 563, TS - 3004, TS - 3357 ve TS - 3473 den alınmıştır.

TS 3357/Nisan 1979 esas alınarak, çeşitli kaynaklı birleştirmelerin resim, sembol ve işaretlerle gösterilmelerine ilişkin örnekler şekil : 186 da gösterilmiştir.

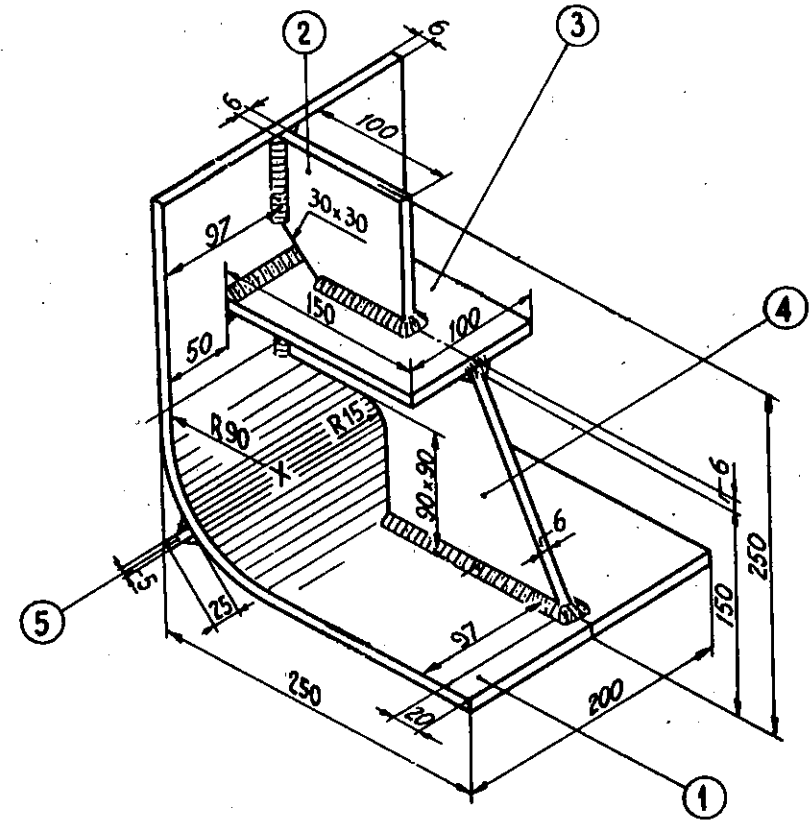
Resimle gösterme

Sembol ve işaretlerle gösterme



Şekil : 186

Değişik kaynaklı birleştirmelerin resim, sembol ve işaretlerle gösterilmesi.



Şekil : 187 Ölçülendirilmiş işde kaynak sembollerine yer verilme problemi.

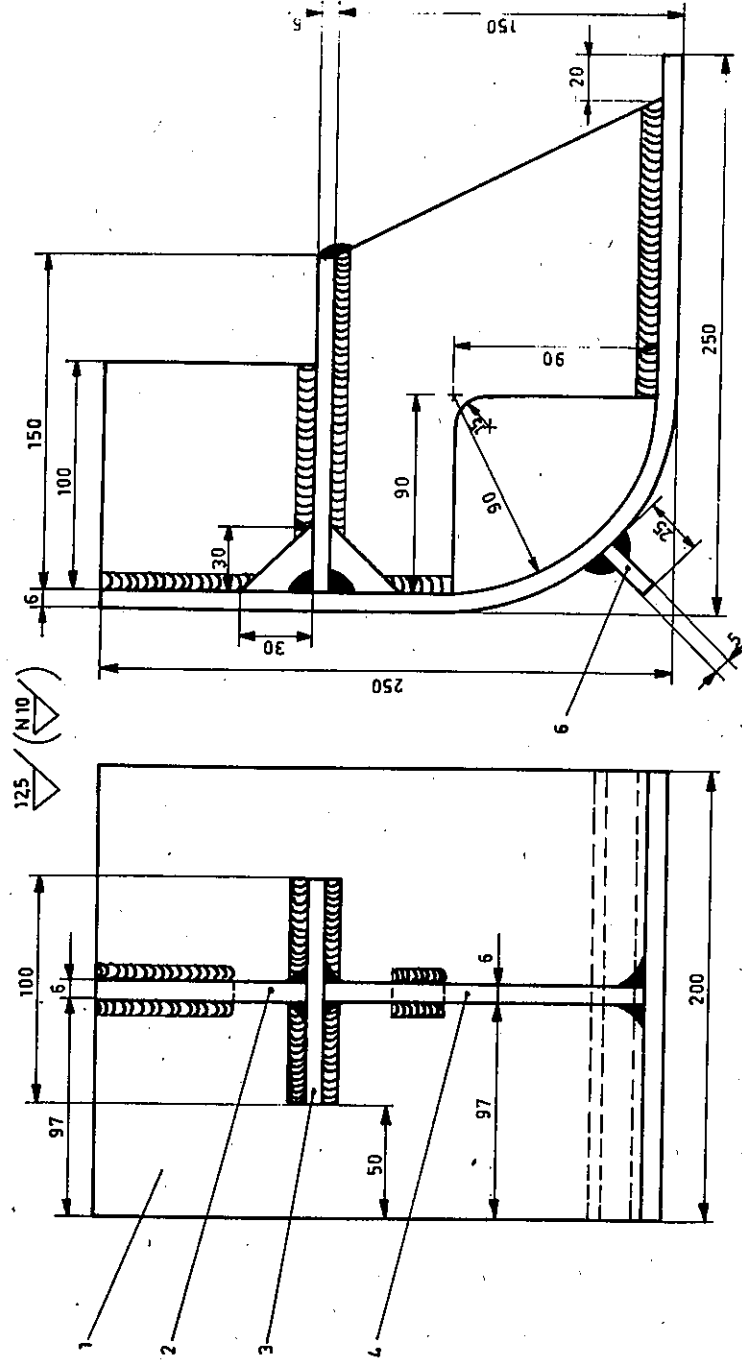
Uygulama :

Şekil : 187 de perspektifi verilmiş bulunan çok parçalı çelik malzemenin elektrik ark kaynağı ile birleştirilmesi, düz, iç bükey ve dış bükey köşe dikişlerinin kaynak sırasında elde edilmesi, ayrıca tesviye işlemi yapılması istenmektedir. Bu kaynaklı birleştirmenin,

- İki görüşlü kroki resmini çizerek kaynak dikişlerini gösteriniz.
- Aynı parçanın kroki resmini çizerek kaynak dikişlerinin yerlerini kaynak işaretleri (kaynak sembolleri ile) ile gösteriniz.

Sorunun (a) şıkkının cevabı Şekil : 188 de, (b) şıkkının cevabı ise Şekil : 189 da verilmiştir.

Türk Standardlar Enstitüsü tarafından kabul edilmiş bulunan kaynak işaretlerinin kullanılmasının öğrenciler tarafından alışkanlık haline getirilmesini sağlamak amacı ile bu konuda yeteri kadar uygulama yaptırılması yararlı olacaktır.

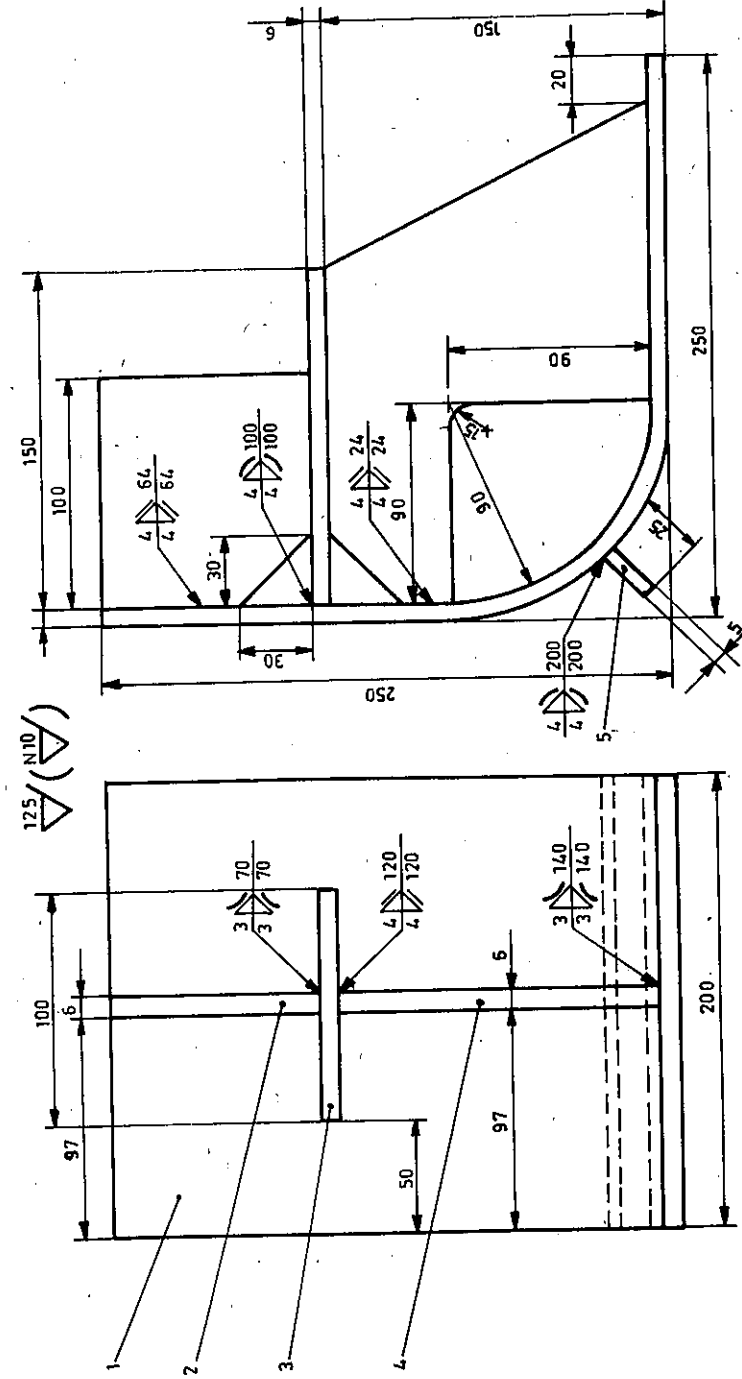


NOT :

Birleştirme elektrik ark kaynağı ile yapılacaktır, dikişler işlenmeyecek, montaj atelyede yapılacaktır.

Şekil : 188

Şekil : 187 deki resmin sembollerle gösterilmesi.



NOT :

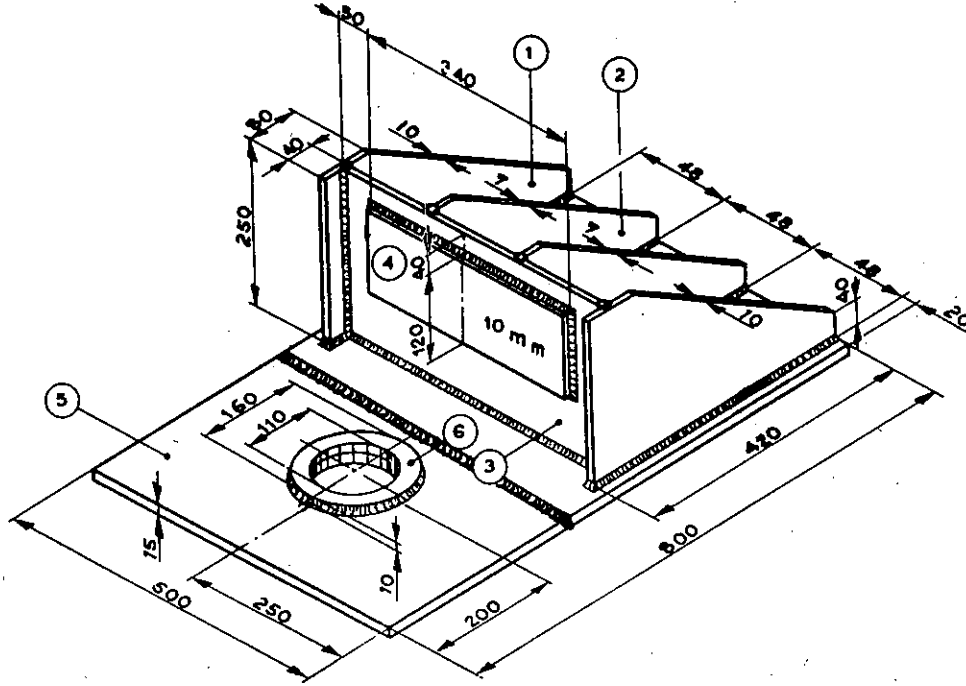
Birleştirme, elektrik ark kaynağı ile yapılacaktır, kaynak dikişleri işlenmeyecek ve montaj atelyede yapılacaktır.

Şekil : 189

Şekil : 187 deki ölçülerin sembollerle kaynak yerlerinin belirlenmesi.

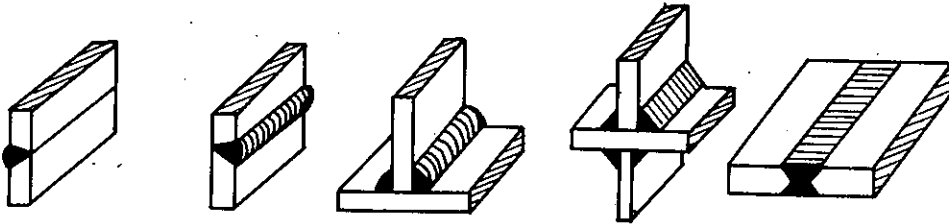
SORULAR :

- 1 - Elektrod, kaynak işareti ve sembollerle ilgili TSE standartları nelerdir ? Açıklayınız.
- 2 - Şekil : 190 da görülen kaynaklı birleştirmenin, yeteri kadar görünüşte kroki resmini çizerek kaynak yerlerini kaynak işareti ve sembollerle gösteriniz. Köşe ve alın kaynağı yapılacak yerlerdeki dikiş kesit ölçüleri ve biçimi, gerekli diğer bilgileri kendiniz belirleyiniz.



Şekil : 190 Kaynak yerleri işaretleri ile kaynak durumlarının gösterilme problemi

- 3 - Şekil : 191 de verilen kaynaklı birleştirmelerin iki görünüşlü kroki resimlerini çizerek kaynak yerlerini, kaynak işaret ve sembollerle gösteriniz.



Şekil : 191 Birleştirme simgelerinin gösterilme problemi

- 4 - Kaynak işaret ve sembollerinin çizen (tasarımcı) ve uygulayıcı (kaynakçı) yönünden sağladığı yararları araştırınız.

5 - Bir kaynak işareti hangi bilgilerin bulunması gerekli ?

6 - Elemanter sembol, ek sembol, kaynak simgesi, ek simge ve kaynak işareti deyimlerini ayrı ayrı açıklayınız. Bunlara ait birer örnek veriniz.

7 - Kaynaklı birleştirmelere ait çizilmiş resim ve projeleri inceleyiniz.

KAYNAK MALİYET HESAPLARI

Kaynak Maliyetinin Tanımı :

Yapılan her işin veya üretimin bir maliyeti olduğu gibi (KÂR karşılığı değer dışındaki tüm değerlerin toplam değeri, maloluş değeridir.) Kaynak işleminin de bir maliyeti vardır. Kaynak maliyeti, aşağıda maddeler halinde belirtilen maliyetler (masraflar) toplamının elde edilmesi ile bulunur.

Kaynak Maliyetine Etki Eden Masraflar :

- 1 - Elektrod masrafı,
- 2 - İşçilik masrafı,
- 3 - Enerji masrafı,
- 4 - Genel masraflar :
 - a) İdari ve işletme masrafları,
 - b) Amortisman,
 - c) Bakım ve onarım masrafları,
 - d) Diğer masraflar.

Yukarıda belirtilen ve kaynak maliyetine etki eden masrafların ayrı ayrı hesabı yapılarak her birinin değeri bulunur. Bu değerlerin toplanması ile de toplam kaynak maliyeti bulunur. Bu maliyete işletme kârının eklenmesi ile kaynak yapılan işin satış bedeli elde edilmiş olur.

1 - Elektrod Masrafının Hesabı :

Kaynak maliyetinin hesaplanmasında elektrod masrafının bilinmesi ve buna dayalı olarak da diğer hesaplamaların yapılması gerekir. Elektrod masrafının hesaplanmasında aşağıdaki işlem sırası takip edilmelidir. Bu işlem sırası,

- a) Kaynak dikişi kesit alanının hesaplanması,
- b) Birim boydaki kaynak dikişi ağırlığının hesabı,
- c) Elektrod veriminin hesabı,
- d) İkinci maddede belirtilen işlemin sonunda bulunan kaynak dikişi ağırlığının elde edebilmek için elektrod sayısının bulunması (adet olarak), gibi işlemlerden oluşmaktadır.

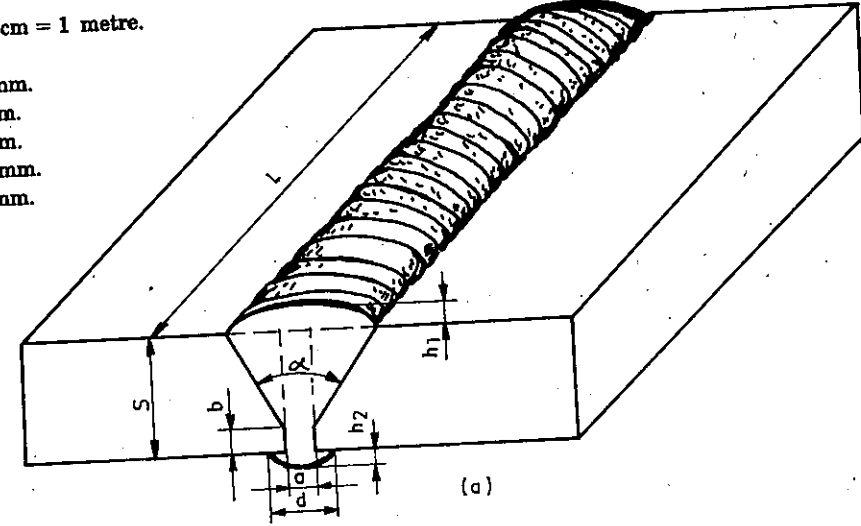
a -) Kaynak Dikişi Kesit Alanı Hesabı :

Kaynak dikişi kesit alanını % 100 doğrulukta hesaplamak mümkün değildir. O halde, kaynağın teknolojik kurallara uygun olarak yapılmasını temin edebilecek ve kaynak maliyetini yükseltmeyecek, doğruluk derecesi % 100 yakın olan yaklaşık değerler bulmak ve buna göre işlem yapmak gerekir.

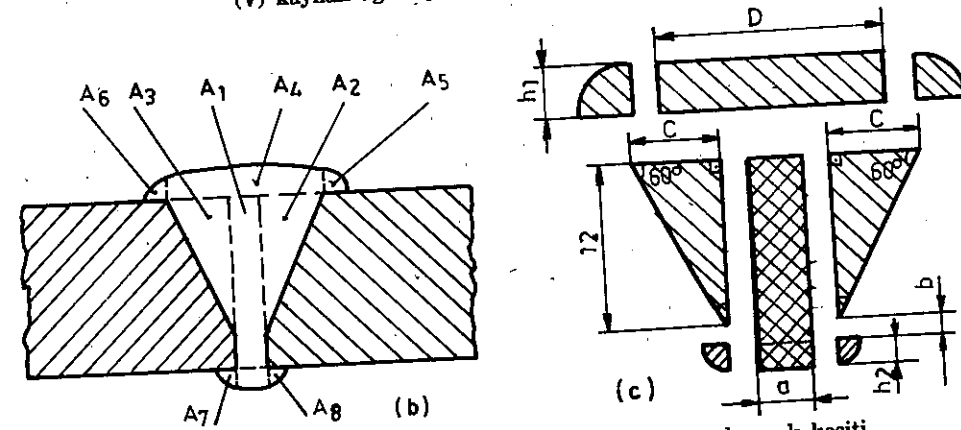
Kaynak dikişi kesit alanı, ait olduğu işin yapım resminde verilen ve kaynakçının uyması gereken ölçüler esas alınarak hesaplanır. Ancak uygulamalar, kaynak öncesi ölçülerle kaynak sonrası ölçülerin birbirine uymadığını ve bu ölçülerde sapmalar olduğunu göstermiştir.

Kaynak dikişinin kesiti, bilim ve alanı kolayca hesaplanabilen geometrik şekillere bölünür. Bu geometrik şekillerin her birinin alanı ayrı ayrı hesaplanır. Hesaplanan bu alanlar toplandığında, kaynak dikişinin toplam kesit alanı bulunmuş olur. Böyle bir hesaplama işlemini, (V) kaynak ağız açıları kullanarak kaynak yapılmış birleştirme için uygulayalım :

$L = 100 \text{ cm} = 1 \text{ metre.}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $S = 12 \text{ mm.}$
 $b = 3 \text{ mm.}$
 $a = 3 \text{ mm.}$
 $d = 1,5 \text{ mm.}$
 $h_2 = 1 \text{ mm.}$



(V) kaynak ağız açıları kullanarak birleştirilmiş iş parçası.



Kaynak kesitinin alanlara bölünmesi

Bölünmüş kaynak kesiti alanları

Şekil : 192 Kaynak dikişi kesitinin geometrik alanlara bölünmesi

Şekil : 192/a da görülen (V) kaynak ağızı açılarak birleştirilmiş iş parçasının kaynak dikişi kesiti, aynı şekildeki (b) ve (c) de olduğu gibi 8 alana bölünmüştür. Şimdi bu alanların değerini ayrı ayrı hesaplayıp toplam kesit alanını bulalım. Bu alanlar ve hesaplanması çizelge : 34 de verilmiştir.

ÇİZELGE : 34 KAYNAK DİKİŞ KESİT ALANININ BULUNMASI

Alan no	Kesit görünüşü	Kesit alanın cm ² olarak hesaplanması
A ₁ Alanı		$A_1 = 16 \cdot 3 \cdot 48 \text{ mm}^2$ $A_1 = \text{cm}^2$ olarak bulunur.
A ₂ ve A ₃ Alanı		$\text{tg } 30^\circ = \frac{c}{12}$ den, $c = \text{tg } 30^\circ \cdot 12$ yazılır. $\text{tg } 30^\circ = 0,577$ olduğundan, c 6,924 olur. $A = \frac{12 \cdot c}{2} = \frac{12 \cdot 6,924}{2} = 41,54 \text{ mm}^2$ $A_2 = A_3 = 0,41 \text{ cm}^2$ olur (yaklaşık olarak).
A ₄ Alanı		$D = 7 + 7 + 3 = 17 \text{ mm}$ dir. $h_1 = 1,5 \text{ mm}$ dir. $A_4 = h_1 \cdot D = 1,5 \cdot 17 = 0,255 \text{ cm}^2$ bulunur.
A ₅ ve A ₆ Alanı		Bu alan yarıçapı 1,5 mm. olan dairenin 1/4 alanı kadar olup, $A_5 = A_6$ dir. $A_5 = A_6 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} : 4 = \frac{3,14 \cdot 1,5^2}{16}$ dan. $A_5 = A_6 = 0,0025 \text{ cm}^2$ olarak bulunur.
A ₇ ve A ₈ Alanı		Bu alanlar da, yarıçapı 1mm. olan dairenin dörtte bir alanına eşittir. Buna göre. $A_7 = A_8 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} : 4 = \frac{3,14 \cdot 1^2}{16}$ olur. Buradan da, $A_7 = A_8 = 0,0019 \text{ cm}^2$ bulunur.

Kaynak dikişinin toplam kesit alanı :

Kaynak toplam kesit alanı, dikiş kesitinin geometrik şekillere bölünmesi sonucu elde edilen alan ölçülerinin toplamına eşittir. Buna göre,

$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8$ yazılır ve sayısal değerler yerlerine konulduğunda,

$A_A = 0,48 + 0,41 + 0,41 + 0,255 + 0,0025 + 0,0025 + 0,0019 + 0,0019 = 1,5638 \text{ cm}^2$ bulunur.

b -) Birim boydaki kaynak dikişi ağırlığı :

Bir cismin ağırlığı, o cismin hacmi ile özgül ağırlığının çarpımına eşit olduğuna göre, bir metre boyundaki kaynak dikişinin ağırlığı, $G = A \cdot L \cdot y$ formülü ile hesaplanır. Kaynağın çelik elektrodla yapıldığını ve özgül ağırlığının $y = 7,8 \text{ gram/cm}^3$ olduğunu kabul edersek örnekteki kaynağın bir metre boyundaki ağırlığı, $G = A \cdot L \cdot y = 1,5638 \cdot 100 \cdot 7,8 = 1219,664 \text{ gram/metre}$ olur.

Ekli çizelgelerde, dikiş kesitleri değişik olan kaynaklı birleştirmelerin kaynak kesit alanlarının ve bir metre boyundaki dikiş ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılan formüller verilmiştir.

Bir metre boyundaki kaynak dikişinin elde edilmesi için gerekli olan elektrod sayısı, $V = \frac{G}{n \cdot g}$ (elektrod verim formülü) formülünden

yararlanılır. Örnekte verilen işin kaynağında kullanılan elektrodun 4 mm. çapında, 350 mm. boyunda ve veriminin de 0,90 olan rutil tip (TiO_2 karakterli elektrod) elektrod olduğunu kabul edelim. Bu çelik elektrodun çekirdek ağırlığını (örtüsü hariç) bulalım : Elektrodun çekirdek ağırlığına (g), kesit alanına (a) ve boyuna da (1) diyelim. Buna göre elektrod çekirdek ağırlığı

$g = a \cdot 1 \cdot y$ veya $g = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 1$ formülü ile hesaplanır. Sayısal değerler

yerlerine yazılırsa, $g = \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} \cdot 35 \cdot 7,8 = 0,1256 \cdot 35 \cdot 7,8 = 34,3 \text{ gram}$

olarak bulunur.

Bir metre kaynak dikişi için elektrod sayısı ve masrafı :

$V = \frac{G}{n \cdot g}$ formülünden, $n = \frac{G}{V \cdot g}$ yazılır ve $n = \frac{1219,664}{90 \cdot 34,3} = 39,5$

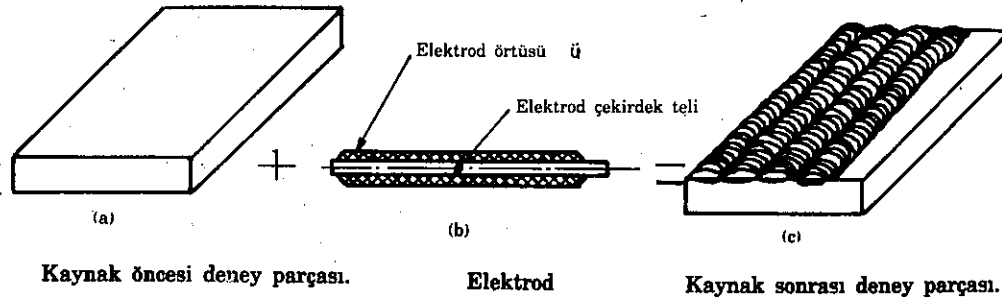
adet elektrod bulunur. Elektrod masrafını (E_m) ve bir adet elektrodun fiyatına (f) dersek, elektrod masrafı $E_m = n \cdot f = 39,5 \cdot 20 = 790 \text{ lira}$ olarak bulunur.

$V =$ Elektrod verimi, $n =$ elektrod sayısı, $g =$ elektrod çekirdek ağırlığı (gram),

G = bir metre boyundaki dikiş ağırlığı (gram/metre) dir.

c -) Elektrod veriminin hesabı :

Çok sayıda elektrodun kullanıldığı veya kullanılması gerektiği kaynaklı birleştirmelerde kaynak maliyeti hesaplanırken, ne kadar elektrod kullanılması gerektiğinin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bu nedenle de kullanılacak elektrod veriminin bilinmesi zorunludur. Tiplerine göre (rutil tip, bazik tip, selülozik tip, asit tip, oksit tip v.b.) elektrod verim değerleri, ya elektrod üreten fabrikaların hazırladıkları (varsa) kataloglardan alınır veya basit bir deney yapılarak o elektrod için verim hesabı yapılır. Bunun için Şekil : 193 de görüldüğü gibi bir deney parçası hazırlanır.



Şekil : 193 deneme yöntemi ile elektrod sarfiyatı

Genel olarak çelik konstrüksiyonlarda teknikte uygulanan pratik yöntemler uygulanmaktadır. Bu uygulama kaynatılan gereçlerin ağırlığı ve türleri ile yakından ilişkilidir.

Yaklaşık olarak alınan bu değerler ise ;

- 1 - Saç konstrüksiyonlar için toplam konstrüksiyon ağırlığının % 1,5 - 2 si kadar 100 kg gereç için 1,5 veya 2 kg elektrod.
- 2 - Profilli gereçlerin kaynatılması halinde (köşebent, NPU, NPI gibi) % 2,5 ~ 3 ü kadar alınır.
- 3 - Kalın platina (saçlar) ve kütleli kaynak işlemleri için % 2,5 % 4,5 arasındaki değerler alınarak gereç maliyetine eklenir.

Bu ağırlık değerleri elektrodun örtülü olarak kullanılması kabul edilir. Elektrod türlerine göre birim ağırlıkları da eserin sonunda verilmiştir.

ÖRNEK OLARAK : 100 ton ağırlığındaki bir çelik konstrüksiyon için gerekli elektrod miktarı kısaca şöyle hesaplanır. 100 ton için elektrod miktarı 2,5 veya 3 ton dur. $\varnothing 3,25$ elektrodun bir tanesi 31 gr. $\varnothing 4$ lük elektrod 40 gr. dir. 100 elektrod ise $\varnothing 3,25$ için 3,1 kg, $\varnothing 4$ lük ise 4 kg dir. Buna göre ; $\varnothing 3,25$ için

$$\frac{3\text{ton}}{3,1\text{kg}} = \frac{3000}{3,1} = 1000 \text{ Paket}$$

$$1000 \times 100 = 100,000 \text{ adet } \varnothing 3,25 \times 350 \text{ rutil elektrod}$$

$$\frac{3\text{ton}}{4\text{kg}} = \frac{3000}{4} = 750 \text{ Paket} = 75000 \text{ adet rutil elektrod}$$

Şekil : 193/a da görülen deney parçası hassas bir terazide tartılarak ağırlığı bulunur. Bu ağırlığa kaynak öncesi ağırlık diyelim ve (G_1) ile gösterelim. Verimi hesaplanacak elektrodu da üzerindeki örtüsü ile birlikte aynı terazide tartarak birim ağırlığını bulalım. Bu ağırlığa da (g) diyelim.

Dikiş üzerindeki curuf ve parça üzerindeki kaynak sıgıramaları temizlendikten sonra kaynaklı deney parçası da sözü edilen terazide tartılır ve ağırlığı bulunur. Bu ağırlığa kaynak sonrası ağırlık diyelim ve (G_2) ile gösterelim. Buna göre elektrod verimi,

$$V = \frac{G_2}{G_1 + g} \text{ formülü ile hesaplanır. Eğer bu verim deneyi için birden}$$

fazla elektrod kullanılmış ise yukarıdaki verim formülü, $V = \frac{G_2}{G_1 + n.g}$ olarak kullanılır. Bu formüldeki,

V : Yüzde olarak elektrod verimini,

G_1 : Kaynak öncesi deney parçası ağırlığını (gram veya kilogram olarak),

G_2 : Kaynak sonrası deney parçası ağırlığını (gram veya kilogram olarak),

g : Bir elektrodun örtülü ağırlığını (gram olarak),

n : Kullanılan elektrod sayısını (adet olarak) göstermektedir.

Elektrod verimini hesaplarken, bu verimi etkileyen faktörlerin de gözden uzak tutulmaması gerekir. Söz konusu faktörler aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir :

- 1 - Elektrod sıgıramaları,
- 2 - Kaynakçının bilgi ve becerisi,
- 3 - Elektrod örtüsü (örtü maddesinin kaynak dikişine geçip geçmeme durumu),
- 4 - Kaynak pozisyonu (yatay, dik, basüstü, yan gibi),
- 5 - Birleştirme şekli (küt, içköşe, dışköşe gibi),
- 6 - Elektrod tipi,
- 7 - Koçan boyu, (örtüsüz kısım)
- 8 - Ark enerjisi ile yanan veya kaybolan elementler,

ÖRNEK : 1

Çelik malzemeden hazırlanmış ve ağırlığı 400 gram olan bir deney parçası üzerine, örtüsü ile birlikte birim ağırlığı 60 gram olan elektroddan 5 adet kullanılarak dikiş çekilmiştir. Deney parçasının kaynak sonrası ağırlığı 650 gr. ise, kullanılan elektrodun verimi nedir ?

ÇÖZÜM : 1

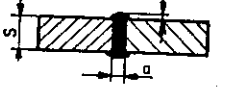
Bilinen değerleri elektrod verim formülünde yerine yazarak elektrod verimini bulalım,

$$V = \frac{G_2}{G_1 + n.g} = \frac{650}{400 + 5.60} = \frac{650}{700} = 0,92 \text{ olarak bulunur.}$$

Tiplerine göre elektrod verimleri de değişik değerler ifade ederler. Bazı elektrodların verimleri % 100 altında olmasına rağmen, bazı elektrodların verimleri de % 100 üstünde olabilmektedir. Elektrod veriminin yüzde yüzün üstünde olmasının nedeni, genellikle elektrod örtüsünün bileşiminde bulunan maddelerin kaynak sırasında eriyerek kaynak dikişine geçmesidir. Demir tozlu elektrodların örtüsünde önemli miktarda demir tozu bulunduğundan bu elektrodların verimi % 160 kadardır.

Kaynak ağız şekillerine göre bir metre boyundaki çelik malzemenin kaynakla birleştirilmesi sonucu elde edilen aynı boydaki kaynak dikişi ile ilgili bazı değerler ekli çizelgede verilmiştir. Kaynak maliyet hesaplarında bu çizelgelerden yararlanılabilir. Çizelge : 35, 36, 37, 38, 39

ÇİZELGE : 35 KÜT BİRLEŞTİRMELERDE KAYNAK DİKİŞ AĞIRLIĞI

Sıra	Birleştirmenin adı ve Gösterilişi	S	a	A	G ₁	I _g	G ₂
1	(1) Alın kaynağı 	1.0	1.0	1.0	7.8	100	15.6
		1.5	1.0	1.5	11.7		23.4
		2.0	1.0	2.0	15.7		31.4
		2.5	1.0	2.5	19.5	75	34.9
		3.0	1.5	4.5	37.0		64.8
		3.5	1.5	5.2	48.0		87.4
		4.0	2.0	8.0	62.4	50	93.6
		4.5	2.0	9.0	70.2		105.3
		5.0	2.0	10.0	78.0		109.2
		5.5	2.0	10.0	85.0	40	120.1
		6.0	2.0	12.0	93.6		131.0

Açıklamalar :

1 - Bu ve bunun devamı olan diğer çizelgeler özgül ağırlığı 7,8 gr/cm³ kabul edilen karbonlu çelikler için hazırlanmıştır. Çizelgelerde değerlerin bir kısmı yaklaşık olarak alınabilmektedir.

S = Parça kalınlığı (mm olarak)

a = Parçalar arasındaki aralık (mm)

A = Kaynak dikişi kesit alanı (mm², ağırlık hesabında cm² alınır.)

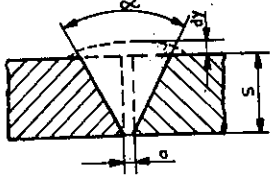
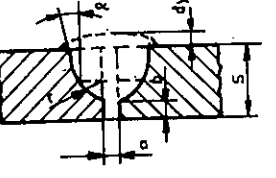
G₁ = Dikiş yüksekliği (d_y) sıfır iken 1 m. dikiş ağırlığı (gram/metre)

G₂ = Dikiş yüksekliği "0" dan büyük, 1 m. dikiş ağırlığı (gram/metre)

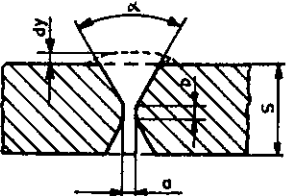
I_g = Dikiş yüksekliği karşılığı ilave edilecek ağırlık yüzdesi (%)

$g = G_1 \times \frac{X}{100}$ ve $G_2 = G_1 + I_g$ olarak hesaplanır. (X) yüzde oranı %5 ile %100 arasında değişir.

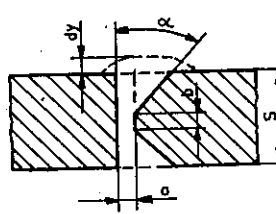
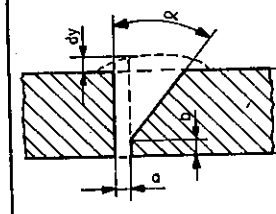
ÇİZELGE : 36 V ve U KAYNAKLI BİRLEŞTİRMELERDE DİKİŞ AĞIRLIĞI

Sıra No	Birleştirmenin adı ve Gösterilişi	K (mm)	a (mm)	A _y (mm)	G ₁ (gr m)	I _g (%)	G ₂ (gr m)
2	Koksüz (V) kaynağı 	5.0	2.0	24.4	190.3	24	235.6
		6.0	2.0	32.7	255.0		316.2
		7.0	2.0	42.2	333.0		412.9
		8.0	2.0	52.9	412.6		511.4
		9.0	2.0	64.7	504.6		625.5
		10.0	2.0	77.7	606.0		751.4
		11.0	2.5	97.3	758.9	20	816.6
		12.0	2.5	113.8	887.6		1065.2
		13.0	2.5	130.0	1014.0		1216.8
		13.0	2.5	148.8	1160.6		1392.0
		14.0	2.5	167.3	1304.9		1564.8
		15.0	2.5				
		16.0	3.0	195.7	1526.4	14	1739.6
		17.0	3.0	217.7	1698.8		1935.7
		18.0	3.0	240.9	1879.8		2142.0
		19.0	3.0	265.2	2068.2		2357.7
		20.0	3.0	290.8	2268.2		2585.5
3	(U) kaynağı 	22.0	3.0	265.1	2067.7	7	2214.4
		24.0	3.0	299.3	2334.5		2497.9
		26.0	3.0	334.9	2612.2		2795.0
		28.0	3.0	371.6	2898.4		3101.2
		30.0	3.0	410.0	3198.0		3421.8
		32.0	3.0	449.6	3506.8	6	3717.2
		34.0	3.0	490.9	3829.0		4058.7
		36.0	3.0	533.6	4162.0		4411.7
		38.0	3.0	577.3	4502.9	5	4728.0
		40.0	3.0	623.0	4859.4		5102.3
		45.0	3.0	743.0	5795.4		6085.1
		50.0	3.0	871.0	6793.8		7133.5

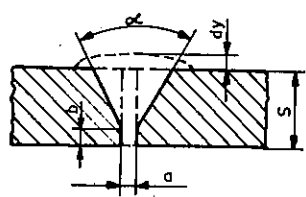
ÇİZELGE : 37 X VEYA ÇİFT BİRLEŞTİRMELERDE DİKİŞ AĞIRLIĞI

Sıra No	Birleştirmenin adı ve Gösterilişi	K (mm)	a (mm)	A ₂ (mm)	G ₁ (gr / m)	I _g (%)	G ₂ (gr / m)
4	X (X veya X) kaynağı  a = 3 mm. b = 2.0 mm.. $\alpha = 60^\circ$ $\alpha/2 = 60^\circ/2 = 30^\circ$ $\text{tg } 30 = 0.577$ y = 7.8 gr / cm²	15	3	93,7	731	13	826
		16	3	104,5	815		921
		17	3	115,1	898		1015
		18	3	127,8	997		1127
		19	3	140,3	1094		1236
		20	3	153,4	1197		1353
		21	3	167,1	1303	12	1459
		22	3	181,4	1415		1585
		23	3	196,2	1530		1714
		24	3	221,6	1728		1935
		25	3	227,6	1775		1988
		26	3	244,1	1904		2132
		27	3	261,3	2038		2283
		28	3	279,0	2176		2437
		29	3	297,3	2319		2597
		30	3	316,1	2466		2762
		31	3	338,6	2641	11	2932
		32	3	355,6	2774		3079
		33	3	376,2	2934		3257
		34	3	393,8	3072		3410
		35	3	419,1	3269		3629
		36	3	441,5	3444		3823
		37	3	464,4	3622		4022
		38	3	487,8	3805		4224
		39	3	511,9	3993		4432
		40	3	536,5	4185		4645
		41	3	565,2	4409	10	4850
		42	3	587,6	4583		5041
		43	3	613,9	4788		5267
		44	3	640,9	4999		5499
		45	3	668,4	5214		5735
		46	3	696,5	5433	8	5868
		47	3	725,2	5651		6110
		48	3	754,4	5884		6355
		49	3	784,2	6117		6606
		50	3	814,7	6355		6863

ÇİZELGE : 38 TEK TARAFLI V BİRLEŞTİRMELERDE DİKİŞ AĞIRLIĞI

Sıra No	Birleştirmenin adı ve Gösterilişi	K (mm)	a (mm)	A ₂ (mm)	G ₁ (gr / m)	I _g (%)	G ₂ (gr / m)
5	K (K veya K) kaynağı  a = 3.0 mm b = 2.0 mm. d_y = 2.0 mm $\alpha = 45^\circ$, $\text{tg } 45^\circ = 1$ y = 7.8 gr / cm²	15	3	87	679	14	774
		16	3	97	757		863
		17	3	107	835		952
		18	3	118	920		1049
		19	3	129	1006		1147
		20	3	141	1100	12	1234
		21	3	153	1193		1336
		22	3	166	1295		1450
		23	3	179	1396		1564
		24	3	193	1505		1686
		25	3	207	1615		1809
		26	3	222	1732		1940
		27	3	231	1802		2127
		28	3	253	1973		2210
		29	3	269	2089		2350
		30	3	286	2231		2499
		31	3	303	2363	11	2623
		32	3	321	2504		2779
		33	3	339	2644		2935
		34	3	358	2792		3099
		35	3	377	2941		3265
6	Yarım (K) veya (V) kaynağı  a = 2.0 mm b = 2.0 mm d_y = 2.0 mm $\alpha = 45^\circ$, $\text{tg } 45^\circ = 1$ y = 7.8 gr / cm²	10	2	43	335	20	402
		11	2	54	421		505
		12	2	74	577		692
		13	2	87	679		815
		14	2	100	780		936
		15	2	114	889	14	1067
		16	2	146	1139		1298
		17	2	164	1279		1459
		18	2	182	1420		1619
		19	2	202	1576		1797
		20	2	222	1732		2034
		21	2	244	1903	12	2131
		22	2	266	2075		2324
		23	2	290	2262		2533
		24	2	314	2449		2743
		25	2	340	2652		2970

ÇİZELGE : 39 DEĞİŞİK V BİRLEŞTİRMEDE DİKİŞ AĞIRLIĞI

Sıra no	Birleştirmenin aldığı gösterilişi	S	a	A	G ₁	I _g	G ₂
7	Köklu (V) Kaynağı  $d_y = 1.5 - 2.0 \text{ mm}$ $b = 2.0 \text{ mm}$ $\alpha = 60^\circ$ Açısal değer $= \alpha / 2 = 60 / 2 = 30^\circ$ $\text{tg } 30^\circ = 0.577$	5.0	2.0	15.2	119	35	161
		6.0	2.0	21.2	165		223
		7.0	2.0	28.4	222		300
		8.0	2.0	36.7	286		386
		9.0	2.0	46.2	360		486
		10.0	2.0	56.9	444		599
		11.0	2.5	74.2	579	25	724
		12.0	2.5	87.7	684		855
		13.0	2.5	102.3	798		989
		14.0	2.5	118.8	927		1159
		15.0	2.5	135.0	1053		1316
		16.0	3.0	161.0	1256	18	1482
		17.0	3.0	180.8	1410		1663
		18.0	3.0	201.7	1573		1856
		19.0	3.0	223.7	1745		2059
		20.0	3.0	246.9	1926		2273

Açıklama :

S = Parça kalınlığı (mm olarak),

G₁ = Dikiş yüksekliği olmayan bir metre boyundaki dikiş ağırlığı (gram/metre)

G₂ = Dikiş yüksekliği olan bir metre dikiş ağırlığı (gram/metre)

a = Birleştirme aralığı (Kaynak ağzı açıklığı mm)

b = Kaynak ağzı kök yüksekliği (mm)

A = Kaynak dikişi kesit alanı (mm²)

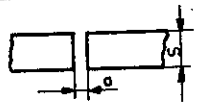
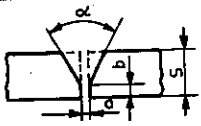
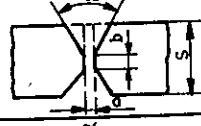
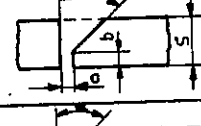
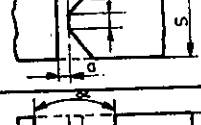
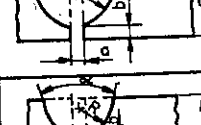
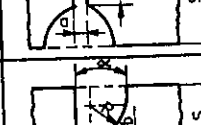
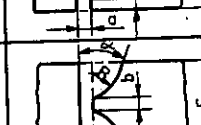
I_g = Dikiş yüksekliği karşılığı ilave edilecek ağırlık yüzde oranı.

(%). $(I_g = G_1 \times \frac{X}{100}$ ve $G_2 = G_1 + I_g$ şeklinde hesaplanır.)

Buraya kadar en çok kullanılan kaynak ağzı şekilleri için gerekli değerler örnek olması amacı ile çıkarılmış ve çizelgelerde gösterilmiştir. Çizelge : 40 ve 41 de kaynak ağzı şekline göre dikiş kesit alanı ve bir metre boyundaki kaynak dikişi ağırlığının hesaplanmasında kullanılan formüller verilmiştir. Bir metre boyundaki dikiş ağırlığını bulmak için dikiş özgül ağırlığı gr/cm³ alınırsa, dikiş boyu 100 cm, dikiş kesit alanı cm² olarak alınır. Bu takdirde ağırlık gr/metre bulunur.

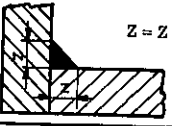
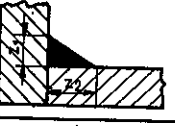
Çizelge : 40

Kaynak ağzı şekillerine göre, kaynak dikişi kesit alanının ve bir metre boyundaki ağırlığının hesabında kullanılan formüller.

Birleştirme	Birleştirmenin gösterilişi	Kesit alanı ve ağırlık hesaplama formüller
(I) Kaynağı		$A = S \times a$ $G = A \times L \times y$
(V) Kaynağı		$A = S \times a + S^2 \times \text{tg } \alpha / 2$ (köksüz) $A = S \times a + (S - b)^2 \times \text{tg } \alpha / 2$ (köklü) $G = A \times L \times y$
(X) Kaynağı		$A = S \times a + S^2 / 2 \times \text{tg } \alpha / 2$ (köksüz) $A = S \times a + (S - b)^2 / 2 \times \text{tg } \alpha / 2$ (köklü) X $G = A \times L \times y$
Yarım (K) Kaynağı		$A = S \times a + S^2 / 2 \times \text{tg } \alpha$ (köksüz) $A = S \times a + (S - b)^2 \times \text{tg } \alpha$ (köklü) X $G = A \times L \times y$
(K) Kaynağı		$A = S \times a + S^2 / 4 \times \text{tg } \alpha$ (köksüz) $A = S \times a + (S - b)^2 \times \text{tg } \alpha$ (köklü) $G = A \times L \times y$
Yarım (U) Kaynağı		$A = S \times a + \pi \times R^2 / 2 + (S - R - b)^2 \times \text{tg } \alpha / 2 + 2R (S - R - b)$ $G = A \times L \times y$
Çift (U) Kaynağı		$A = S \times a + \pi \times R^2 + (S - R - b)^2 \times \text{tg } \alpha + 2R (S - 2R - b)$ $G = A \times L \times y$
Yarım (J) Kaynağı		$A = S \times a + \pi \times R^2 / 4 + (S - R - b) \times R$ (yaklaşık) $G = A \times L \times y$
Çift (J) Kaynağı		$A = S \times a + \pi \times R^2 / 2 + (S - 2R - b) \times R$ (yaklaşık) $G = A \times L \times y$

Çizelge : 41

Birleştirme şekillerine göre kaynak dikişlerinin kesit alanlarının ve dikiş ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılan formüller.

Birleş-tirme	Birleştirmenin gösterilişi	Kesit alanı ve ağırlık hesaplama formülleri
Eşit kenarlı köşe kaynağı		$Z = Z$ $A = Z \times Z / 2, A = Z^2 / 2$ $G = A \times L \times y$
Farklı kenarlı köşe kaynağı		$A = Z_1 \times Z_2 / 2$ $G = A \times L \times y$
Yüzey dolgu kaynağı		$A = l \times d_y$ $G = A \times L \times y$
Ark delik kaynağı		$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$ $G = A \times n \times y \times s$
Ark kanal kaynağı		$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} + L \cdot D$ $G = A \times n \times y \times s$
Ark delik kaynağı		$A = d_y \times (\pi \times D/2)^2 / 2$ $G = A \times L \times y$
Ark dikiş kaynağı		$A = d_y \times D/2$ $G = A \times n \times y$
Ark punta kaynağı		$A = d_y \times D/2$ $G = A \times n \times y$

A = Kaynak kesit alanı
G = Dikiş ağırlığı (gr/metre)
L = Bir metre dikiş boyu
Z = Köşe kaynağı kenar boyu
S = Parça kalınlığı
d_y = Dikiş yüksekliği
D = Delik çapı, punta veya kanal çapı
a = Kaynak aralığı
l = Dolgu boyu

y = Dikiş özgül ağırlığı
= Kaynak ağız açısı
tg = Tanjant
b = Kök yüksekliği
R = Kaynak ağız yarı çapı
n = Delik, kanal veya nokta kaynak sayısı

Kaynak Tekniğinde Kullanılan Örtülü Elektrodların Türlerine göre çapları, boyları ve 100 adedinin ağırlığı aşağıdaki cetvelde görülmektedir.

E L E K T R O D U N

Türü	Çapı Ø mm.	Boy mm.	100 Adedin Ağırlığı Kg.
Rutil	2.0	300	1.0
	2.5	350	2.0
	3.25	350	3.1
	4.0	350	4.0
	4.0	450	6.3
	5.0	450	9.8
	6.0	450	12.5
Bazik	2.0	300	1.3
	2.5	350	2.3
	3.25	350	3.6
	4.0	450	7.0
	5.0	450	10.8
	6.0	450	14.4
Selülozik	2.5	350	1.4
	3.25	350	2.8
	4.0	350	4.4
	5.0	350	6.5
Paslanmaz Çelik	2.0	250	1.5
	2.5	250	1.7
	3.25	300	2.9
	4.5	350	5.1
	5.0	350	8.0
Sert Dolgu	2.5	350	2.6
	3.25	350	4.3
	4.0	450	7.8
	5.0	450	12.0

Not : Bu değerler ortalama olarak alınmıştır.

2 - İşçilik Masrafının Hesabı :

Kaynak işçilik masrafı, toplam kaynak zamanı ile kaynakçının saat ücretinin çarpımı sonunda elde edilir. Burada, kaynak zamanının tesbit edilmesi önemli bir konudur.

Birim uzunluktaki bir kaynak dikişini elde edebilmek için gerekli olan zaman, kaynakta kullanılacak elektrodlerden bir tanesinin hazırlanması ve normal koçan kalıncaya kadar geçen erime zamanı ile istenilen boydaki dikiş elde edinceye kadar kullanılan elektrod sayısının çarpılması ile elde edilir.

Kaynak Zamanları :

a - Hazırlık Zamanı : Bu zaman, elektrod kutusundan elektrodun alınarak kaynak pensine takılması ve aynı elektrodla ark yaparak kaynağa başlayıncaya kadar geçen zamanı kapsar. Hazırlık zamanının uzun veya kısa olmasına aşağıdaki faktörler etki eder :

- 1 - Kaynakçının yetiştirilmesi,
- 2 - Kaynakçının alışkanlığı,
- 3 - Kaynak yapılacak işin konumu ve özelliği,
- 4 - Kaynak pozisyonu,
- 5 - Kaynak makinasının çalıştırılması ve ayarlanması,
- 6 - Kaynakla ilgili olarak sipariş işlemleri karşılığında harcanan zaman,

b - Erime Zamanı : Kaynak pensine takılmış bulunan elektrodun, ark oluşturduğu andan normal koçan uzunluğu kalıncaya kadar erimesi sonucu geçen zamana bir elektrod için erime zamanı denir. Erime zamanı, elektrodun tipine ve akım şiddetinin değerine bağlı olarak değişir. Bu zaman, suretiyle ayrı ayrı belirlenebilir. Elektrod üreten fabrikalar, kendi ürettikleri her elektrod tipinin,

- 1 - Düşük akım şiddetine,
- 2 - Normal akım şiddetine,
- 3 - Yüksek akım şiddetinde olmak üzere yakılması sonucunda elde ettikleri erime zamanlarını kataloglar halinde ilgililerin hizmetine sunmaktadırlar.

Herhangi bir elektrod tipi, yukarıda belirtilen üç değişik akım şiddetinde yakılır ise de, hesaplamalarda normal akım şiddetinde yakılan elektrod için belirlenen erime zamanı kullanılmalıdır. Çizelge : 43 de en çok kullanılan elektrod tipleri için belirlenen erime zamanları verilmiştir.

Çizelge : 43

Rutil ve bazik tip elektrodlar için erime zamanı değerleri.

Elektrod Tipi	Elektrod Çapı (mm)	Elektrod Boyu (mm)	Normal Akım Şiddeti Amper (A)	Erime Zamanı Saniye	Koçan Boyu (mm)
Rutil Tip	2.0	300	60	40	25 - 40
	2.5	350	85	52	
	3.25	350	125	56	
	4.0	350	160	68	
	4.0	450	160	76	
	5.0	350	200	75	
	5.0	450	200	96	
	6.0	350	250	86	
	6.0	450	250	110	
Bazik Tip	2.0	300	65	40	25 - 40
	2.5	350	85	56	
	3.25	350	130	60	
	4.0	450	175	95	
	5.0	450	235	108	
	6.0	450	300	102	

AÇIKLAMALAR :

- 1 - Her elektrod tipinin birden fazla türü bulunduğuna göre, kullanılan elektrodun kataloglarda belirtilen erime zamanı değerleri esas alınmalıdır.
- 2 - Çizelgedeki değerler öğretim amacı ile belirlenmiş genel anlamdaki yaklaşık değerlerdir. Diğer elektrod tipleri ile bunlara ait elektrod türleri ve özel elektrodlerden fazla kullanılması gerektiği hallerde, erime zamanı yukarıda belirtildiği gibi ya kataloglardan alınır, veya yakılacağı akım şiddetinde yakılmak ve saat tutmak suretiyle tesbit edilir.

Kullanılacak elektrod için seçilecek akım şiddetinin kaynak pozisyonuna göre değişmesi gerektiği kaynak teknolojisinin bir kuralıdır. Bu nedenle elektrod için erime zamanı tesbit edilirken, aynı elektrodun dik kaynaktaki erime zamanı ile yatay kaynaktaki erime zamanının farklı olacağı unutulmamalıdır.

c - Net Kaynak Zamanı :

İstenilen kaynak dikişi tamamlanıncaya kadar, kullanılan elektrod sayısı ile bir elektrod için belirlenmiş erime zamanının çarpımı sonucunda elde edilen zamana net kaynak zamanı denir.

d - Toplam Kaynak Zamanı :

Net kaynak zamanının, deneyler sonucunda elde edilen kaynak zaman faktörü (Z_f) ile çarpımı sonucunda elde edilen zaman toplam kaynak zamanıdır. Kaynak cinsine ve yapıldığı yere göre deneyler ve tecrübeler sonucu elde edilmiş zaman faktörü değerleri Çizelge : 44 de verilmiştir.

Çizelge : 44

Kaynak zamanı faktörleri

Kaynak Yapılan İşin Cinsi		Kaynak Zaman Faktörü (Z_f)
Gemi gövdesi ve büyük depolar	Yatay Kaynak	1.8
	Dik Kaynak	2.0
	Başüstü Kaynak	2.6
Makina gövdesi	Tek Üretim	3.3
	Seri Üretim	1.8
İnşaat yerinde kaynak		4.0
Araba şasisi	Profil Kiriş	3.3
		2.5
Mimarî - Kafes yapı - Atelyede Kaynak		3.3

Çizelge : 44 deki kaynak zamanı faktörleri, kaynağın yapıldığı yer, kaynatılan gerecin nerede kullanılacağı ve kaynak pozisyonu dikkate alınarak belirlenmiş ve kabul edilmiştir.

Kaynak pozisyonu ve kaynak hızı, kullanılan kaynak teli veya elektrodu için ayarlanacak akım şiddeti değerinin de değişmesini gerektirir. Akım şiddetinin yüksek değerde olması erime zamanını azaltır, akım şiddetinin düşük değerde olması ise erime zamanını çoğaltır. Aşağıda kaynak pozisyonu ve kaynak hızına göre, seçilen kaynak teli veya elektrodu için ayarlanacak akım şiddeti durumu açıklanmıştır.

- 1 - Dik ve başüstü kaynaklarda normalin az altında akım şiddeti,
- 2 - Yatay veya düz kaynaklarda normal akım şiddeti,
- 3 - Üretimde hızlılık istenilen durumlarda normalin az üstünde akım şiddeti kullanılması gerekir.

Bu açıklamalara göre net erime zamanına (t_n), kullanılan elektrod sayısına (n) ve bir elektrod için belirlenmiş erime zamanına da (t_e) dersek, net zamanı ile kaynak zaman faktörünün çarpımı olan $T = t_n \times Z_f$ formülü ile hesaplanır. Bulunacak saniye cinsinden zaman değeri saate çevrilerek kullanılır. Formüllerdeki sembollerle ilgili açıklama,

T = Toplam kaynak zamanı (saniye olarak bulunur, saate çevrilir.)

t_n = Kaynak teli veya elektrodu için toplam net erime zamanı (saniye)

t_e = Bir elektrod veya birim boydaki tel için erime zamanı (saniye)

Z_f = Kaynak zaman faktörü veya kaynakçı faktörü (katsayı olarak alınır.)

Deneyler sonucunda belirlenerek kabul edilen zaman faktörleri çizelge 45 de verilmiş ise de, birden fazla kaynak pozisyonunun bulunduğu, kaynak işleminin değişik iş ve yerlerde uygulanması halinde, yani karışık işlerin kaynağında kaynak zaman faktörü $Z_f = 2,5$ olarak alınabilmektedir. Toplam kaynak zamanı süresince sarfedilen işçilik maliyetine (1_m), kaynakçı saat ücretine (S_u) ve toplam kaynak zamanına (T) dersek, tüm kaynak için işçilik meliyeti $1_m = T \times S_u$ formülü ile hesaplanır.

3 - Enerji Maliyeti Hesabı :

Sürekli kaynak işlerinde, kaynak makinasının kaynağa başlarken çalıştırıldığı zamanla, kaynağın bitirildiği ve kaynak makinasının durdurulduğu zaman arasında sarfedilen elektrik akım miktarı birim elektrik ücreti ile çarpılarak kaynak için harcanan enerji maliyeti veya akım sarfiyatı bulunmuş olur. Toplam kaynak maliyeti içerisindeki enerji maliyetini hesaplayabilmek için önce toplam kaynak süresince harcanan akım sarfiyatını bulmak gerekir. Bunun için net kaynak zamanı süresince harcanan akım miktarı ile kaynak makinasının boşta çalıştığı sürece harcanan akım miktarını ayrı ayrı hesaplayıp toplamak gerekir. Buna, toplam akım sarfiyatı da diyebiliriz. Net kaynak zamanı süresince harcanan akım miktarı, akım gücünün, kaynak

makinasının verimi ve net kaynak zamanı ile çarpılması sonucu bulunur. Yaklaşık olarak, toplam kaynak zamanından net kaynak zamanının çıkarılması sonucu elde edilen süreyi, kaynak makinasının boşta çalışma süresi kabul edilir. Bunu makinanın bir saatte boşta çalışarak harcadığı akım miktarı ile çarparsak toplam boşta çalışma süresince harcanan akım miktarı bulunur. Bu açıklamalarımızı formül haline getirerek yazarsak,

$$A_s = \frac{N}{V} \times t_n + B_{cs} (T - t_n) \text{ veya } A_s = \frac{I \times U}{1000 \times V} \times t_n + B_{cs} (T - t_n)$$

formülleri elde edilir. Formülde kullanılan sembollerin açıklanması :

A_s = Toplam akım sarfiyatı miktarı (kilovat - saat olarak),

N = Kaynak için kullanılan akım gücü (kilovat olarak),

V = Kaynakta kullanılan kaynak makinasının verimi (%50, %70, %80 gibi)

a) Kaynak jeneratörü için verim, $V = \%50$,

b) Kaynak redresörü için verim, $V = \%70$,

c) Kaynak transformotörü için verim, $V = \%80$ alınır.

t_n = Kaynağın yapıldığı toplam net kaynak zamanı (saat olarak),

B_{cs} = Kaynak makinasının boşta çalıştığı bir saatteki akım miktarı (kilowatt olarak)

a) Kaynak jeneratörleri için boşta çalışma sarfiyatı $B_{cs} = 1,2 \text{ KW}$.

b) Kaynak redresörleri için boşta çalışma sarfiyatı $B_{cs} = 1,0 \text{ KW}$.

c) Kaynak transformotörleri için ise bu değer $B_{cs} = 0,3$ kilovattır.

I = Kaynak akım şiddeti olup, birimi amperdir. Elektrod veya kaynak telinin çapına, elektrodun tipine, kaynak pozisyonuna, tozaltı kaynağında kullanılan kaynak tozunun karakterine (bazik, rutil v.b.) ve bu tozlarının tane büyüklüğüne, kaynak hızına, kaynatılacak malzemenin cinsine göre seçilmelidir. Bunun için kaynak teli, elektrod ve kaynak tozu üreten firmaların hazırladıkları kataloglar esas alınmalıdır.

U = Kaynak arkı gerilimi olup, birimi volt'tur. Elektrod tiplerine göre gerilim değerleri şöyledir :

a) Rutil tip elektrodlar için ark gerilimsi $U = 20 - 26$ volt,

b) Bazik tip elektrodlar için ark gerilimi $U = 25$ volt,

c) Derin nüfuziyetli elektrodlar için ark gerilimi $U = 45$ volt,

d) Yüksek verimli elektrodlar için ark gerilimi $U = 30$ volt olarak alınabilir.

1000 : Katsayı. Ark gerilimi ile akım şiddeti çarpımı sonucunda elde edilen vat cinsinden akım gücünü kilovata çevirmek için kullanılır.

Kaynakta değişik çapta ve tipte elektrod kullanılıyorsa, her elektrod için ayrı ayrı akım sarfiyatı hesaplanmalıdır. Yapılan hesaplar sonucu elde edilen

akım sarfiyatı, elektriğin bir kilovat - saat ücreti ile çarpılarak kaynak süresince harcanan enerji maliyeti bulunur. Enerji maliyetine (E_m), elektriğin bir kilovat - saat ücretine de (bu ücret kullanıldığı yere göre değişik değerlerde olabilir) birim fiyatını gösteren (f) dersek, enerji maliyeti $E_m = A_s \times f$ formülü ile hesaplanır.

4 - Genel Masraflar Hesabı :

Kaynak maliyetindeki genel masraflar, idari ve işletme masraflarıdır. Amortisman, bakım ve onarım masrafları, diğer masraflar gibi faktörleri kapsamaktadır. Bu nedenle uygulamada, genel masraflar kaynak için hesaplanmış işçilik maliyetinin iki katı olarak hesaplanmaktadır. Buna göre genel masraflar, $G_m = I_m \times 2$ formülü ile hesaplanır.

Genel masraflar formülündeki semboller,

G_m = Lira olarak genel masrafları,

I_m = Lira olarak işçilik masraflarını,

2 = Katsayıyı göstermektedir.

ÖRNEK PROBLEM : 1

Aşağıda verilen bilinenlere göre, 2 metre boyunda ve 20 mm kalınlığındaki iki çelik malzemenin dik pozisyonundaki elektrik ark kaynağı için gerekli olan kaynak maliyetini hesaplayınız.

Bilinenler

1 - Kaynak makinası	: Transformotör
2 - Kaynak ağız açısı ve şekli	: 60° lik düz (X) kaynak ağızı
3 - Elektrod çapı ve boyu	: 3,25 × 350 mm.
4 - Akım şiddeti ve gerilimi	: $I = 125$ amper, $U = 26$ volt
5 - Kaynak aralığı ve kök yüksekliği:	$a = 3$ mm, $b = 2$ mm.
6 - Kaynakçı saat ücreti	: 100 T.L.
7 - Bir kilovat elektrik ücreti	: 10 T.L.
8 - Kaynak makinasının verimi	: $V = 0,80$
9 - Elektrod tipi ve elektrod verimi	: Elektrod tipi = rutil, verimi = 0,90 dır

ÇÖZÜM : 1

Problemin çözümü için gerekli olan bazı değerler çizelgeler kullanılarak bulunur ve daha kısa zamanda istenilen maliyet hesabı yapılabilir. Ancak konunun daha iyi anlaşılmasını sağlamak ve elde hazır çizelgelerin olmadığı zamanlarda çizelge değerlerinin nasıl hesaplandığını göstermek amacı ile açıklamalı olarak yapacağız.

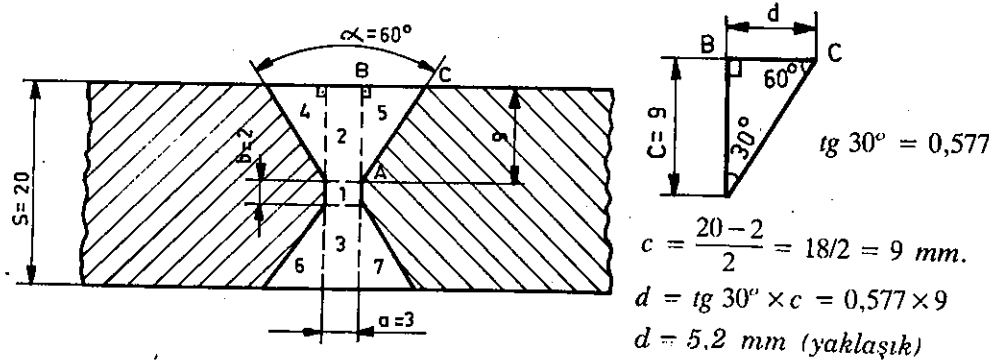
1 - Elektrod Maliyet Hesabı :

Problemde verilen kaynak için gerekli olan elektrod maliyetini hesaplamasında kullanılacak aşağıdaki değerlerin bilinmesi gerekmektedir.

- Kaynak kesit alanı değeri,
- Toplam kaynak dikişi ağırlığının değeri,
- Kaynak için gerekli olan elektrod sayısı.

a) Kaynak dikişi kesit alanı hesabı :

Verilen ölçülere göre kaynak dikişi kesiti şekil : 194 de görüldüğü gibi 7 geometrik parçaya bölünür. Bu parçaların her birinin alanı ayrı ayrı hesaplanır ve tümü toplanırsa toplam dikiş kesit alanı bulunur.



Şekil : 194 Kaynak dikişinin bölgeleri

Şekil : 194 deki,

- numaralı alan, $A_1 = a \times b = 0,2 \times 0,3 = 0,06 \text{ cm}^2$,
- numaralı alan, $A_2 = a \times c = 0,3 \times 0,9 = 0,27 \text{ cm}^2$,
- numaralı alan, $A_3 = A_2 = 0,27 \text{ cm}^2$,
- numaralı alan, $A_4 = c \times d/2 = 0,9 \times 0,52/2 = 0,234 \text{ cm}^2$,
- numaralı alan, $A_5 = A_4 = 0,234 \text{ cm}^2$,
- numaralı alan, $A_6 = A_5 = 0,234 \text{ cm}^2$,
- numaralı alan, $A_7 = A_6 = 0,234 \text{ cm}^2$ olarak bulunur. Bu 7 alanın değeri toplandığı zaman toplam dikiş kesiti alanı $A_T = 1,536 \text{ cm}^2$ olarak bulunur. Çizelge : 41 de verilen ve köklü (X) kaynağının kesit alanı hesabında kullanılan $A = S \times a + \frac{1}{2}(S - b)^2 \times \tan \frac{\alpha}{2}$ formülünde verilen değerler yerleri-

ne yazıldığında, $A = 2 \times 0,3 + (2 - 0,2)^2/2 \times \tan \frac{60^\circ}{2}$ olur. Buradan da

$A = 0,6 + 1,62 \times \tan 30^\circ = 0,6 + 0,93474 = 1,534 \text{ cm}^2$ olur (yaklaşık). Aynı değer çizelge: 38 den de dikiş kesit alanı $A = 1,534 \text{ cm}^2$ bulunur.

b) Toplam kaynak dikiş ağırlığı :

Problemde verilen 2 metre boyundaki dikiş ağırlığı $G_1 = A \times L \times y$

formülü ile hesaplanır. Buna göre, $G_1 = 1,534 \times 200 \times 7,8 = 2393$ gram olarak bulunur.

Kaynak dikişinin düz değil de parça yüzeyinden itibaren 2 mm kadar yüksek olması istenseydi, bu takdirde bulunan $G_1 = 2393$ gram ağırlığın, çizelge : 38 belirtildiği gibi %13' kadarının bu ağırlığa ilave edilmesi gerekecekti. Yani 2 metre kaynak dikişi için bu ağırlık $G_2 = G_1 + \frac{G_1 \times 13}{100}$

den, $G_2 = 2393 + \frac{2393 \times 13}{100} = 2704$ gram (yaklaşık) olacaktı. Problemde kaynak

dikişinin düz olması istendiği, yani dikiş yüksekliği olmadığı için el - elektrod sayısına esas ağırlık olarak $G_1 =$ gramı alacağız.

c) Kaynak için gerekli olan elektrod sayısı :

3,25 mm çapında ve 350 mm boyundaki elektrodun örtü ağırlığı dışındaki (rutil tip olduğu için örtü ağırlığı ihmal edilmiştir.) Ağırlığı, çekirdek telinin kesit alanı ile tel boyunun ve özgül ağırlığının çarpımına eşit olacaktır. Buna göre, elektrod telinin kesit alanı $a = 3,14 \times (3,25)^2/4$ den $a = 0,083 \text{ cm}^2$ olarak bulunur. Elektrod telinin ağırlığı ise, $g = a \times 1 \times y$ formülünden $g = 0,083 \times 35 \times 7,8 = 22,62$ gram olarak bulunur. Elektrod verimi 0,90 olduğuna göre bir elektrodun kaynak dikişine geçen ağırlığı, toplam ağırlığının yüzde doksan kadarı olacağından yararlanılan elektrod ağırlığı $= g \times 0,90 = 22,62 \times 0,90 = 20,35$ gram olur. İki metre boyundaki kaynak dikişi ağırlığını, kullanılan bir elektrodun kaynak dikişine geçen ağırlığına bölünürse bu kaynak için kaç adet elektrod kullanılması gerektiği bulunur. Elektrod sayısına (E_s), toplam dikiş ağırlığına (G_1) ve dikişe geçen

elektrod ağırlığına da (g) dersek, $E_s = \frac{G_1}{g} = \frac{2393}{20,35} = 118$ adet (yaklaşık)

olarak bulunur.

Kullanılan veya kullanılması gereken elektrod sayısı bu şekilde bulunduktan sonra kaynak için elektrod maliyeti kolaylıkla hesaplanabilir. Buna göre elektrod maliyeti, bir elektrodun fiyatı ile toplam elektrod sayısını çarpımına eşit olacaktır. Bir elektrod fiyatını (e_f), elektrod maliyetini de (E_m) ile gösterirsek, $E_m = E_s \times e_f = 118 \times 10 = 1180$ lira olur.

2 - İşçilik maliyet hesabı :

İşçilik maliyetini hesaplayabilmek için, kaynağın yapımına başlanılmasından bitirilmesine kadar geçen zamanın ve bu kaynağı yapan kaynakçının saat ücretinin bilinmesi gerekir. Bu nedenle önce toplam kaynak zamanını bulalım. Çizelge : 43 den kullanılan elektrod için erime zamanı olarak $t_e = 70$ saniye bulunur. Buna göre net kaynak zamanı $t_n = E_s \times t_e = 118 \times 70$ den $t_n = 8260$ saniye bulunur. Çizelge : 44 den kaynak zaman faktörünü $Z_f = 2$ olarak kabul edersek toplam kaynak zamanı $T = t_n \times Z_f = 8260 \times 2 = 16520$

edilmesi gerekir. Buna göre, $G_2 = G_1 + \frac{G_1 \times 24}{100} = 181,8 + 181,8 \times 24/100$ yazılarak $G_2 = 181,8 + 43,6 = 225,4$ gram bulunur. Köşe ve (V) kaynak dikişlerinin toplam ağırlığı, $G_T = G + G_2 = 729,3 + 225,6 = 955$ gram (yaklaşık) olur. Çizelge : 42 den kullanılacak elektrodun ağırlığı $g = 22,63$ gram olarak alınır. Bu elektrod için verim % 85 kabul edildiğine göre, kaynak dikişine geçen elektrod ağırlığı $g_2 = g_1 \times 0,85 = 22,63 \times 0,85 = 19,23$ gramdır. $E_s = \frac{G_T}{g_2} = \frac{955}{19,23} = 49,6$ adet veya yaklaşık 50 adet bulunur.

Buna göre elektrod maliyeti, $E_m = E_s \times 10 = 50 \times 10 = 500$ lira olur.

2) İşçilik Maliyeti :

$3,25 \times 350$ mm rutil tip elektrodun erime zamanı $t_e = 70$ saniyedir. Net kaynak zamanı, $t_n = E_s \times t_e = 50 \times 70 = 3500$ saniye veya $t_t = 3500/3600$ den, $t_n = 0,9$ saat bulunur. Yaklaşık $t_n = 1$ saat olarak ta kabul edilir. Karışık kaynak işlemi uygulanacağından zaman faktörü $Z_f = 2,5$ alınabilir. Buna göre toplam kaynak zamanı, $T = t_n \times Z_f = 1 \times 2,5$ saat olur. İşçilik maliyeti, $I_m = T \times S_u = 2,5 \times 150 = 375$ lira bulunur.

3) Enerji Maliyeti :

$A_s = N/V \times t_n + B_{es}(T - t_n) = (140 \times 22/1000 \times 0,70) \times 1 + 1 (2,5 - 1)$ yazarak, $A_s = 4,4 + 1,5 = 5,9$ kilovat olarak akım sarfıyatı bulunmuş olur. Bir kilovat elektriğin ücreti 15 lira kabul edildiğine göre kaynak süresince tüketilen enerji maliyeti, $E_{em} = A_s \times e_u = 5,9 \times 15 = 88,5$ lira olur. Bulunan bu değer yüzde kısmı bire tamamlanarak $E_{em} = 89$ lira kabul edilebilir.

4) Genel Masrafları :

$G_m = I_m \times 2 = 375 \times 2 = 750$ lira olarak hesaplanır.

5) Toplam Kaynak Maliyeti :

$T_m = E_m + I_m + E_{em} + G_m = 500 + 375 + 89 + 750 = 1704$ lira olur.

Diğer maliyet hesaplarında olduğu gibi, kaynak maliyet hesaplarında da, kaynak maliyetini etkileyen her maliyet faktörü değeri tam rakamlarla ifade edilmeyebilir. Bu durumlarda virgülden sonra gelen 5 ve 5 ten büyük rakamlar bire tamamlanmalı ve en son kaynak maliyeti tam rakamlarla ifade edilebilmelidir.

Problemin enerji maliyetini hesaplarken kullanılan kaynak makinası verim değeri ve boşta çalışma enerji değeri daha önce verilen bilgiler dikkate alınarak formülde kullanılmıştır. Enerji maliyet hesabı için gerekli olan akım şiddeti ve gerilim değerleri kaynak teli ve elektrod üreten fabrikaların hazırladıkları çizelgelerden de alınabilir.

Otomatik Kaynaklarda Maliyet Hesapları

Bütün kaynak yöntemleri elle, yarı otomatik veya tam otomatik olarak yapılmaktadır. Kaynak yöntemleri içerisinde, elle yapılan örtülü elektrodlardan sonra en yaygın kullanılan kaynak yöntemleri içerisinde, elle yapılan örtülü elektrodlerden sonra en yaygın kullanılan kaynak yöntemleri TİG, MİG, TOZALTI ve CURUFALTI kaynak yöntemleridir. Bu nedenle, bu bölümde daha çok bunların maliyet hesapları üzerinde duracağız. Bu kaynak yöntemlerinde ark ve kaynak bölgesi ya koruyucu bir gaz tarafından veya önceden hazırlanmış kaynak tozları tarafından korunur. Kaynak yönteminin uygulanış durumuna göre (elle, yarı otomatik veya tam otomatik) yüzde oranlarla ifade edilebilen kaynakçı faktörleri belirlenmiştir. Kaynağın uygulanış durumuna göre belirlenmiş kaynakçı faktörleri aşağıda gösterilmiştir :

- 1 - Elle yapılan kaynaklarda kaynakçı faktörü $k_f = \%30$ a kadar,
- 2 - Yarı otomatik kaynaklarda kaynakçı faktörü $k_f = \%60$ a kadar,
- 3 - Tam otomatik kaynaklarda kaynakçı faktörü $k_f = \%100$ e kadar.

Kaynak yönteminin otomatik çalışma derecesine ve kaynakçının bilgi beceri durumuna göre bu oranlar değişik uygulanabilir. Kaynakçı yüzde oranı yükseldikçe, kaynakçı tarafından yapılması gereken birçok işlemler kaynak yöntemi üniteleri tarafından yapıyor demektir.

Bu kaynak yöntemlerinde kullanılan ekteli için bir verim yüzdesi kullanılır. Kaynak pozisyonu, kaynakçının bilgi ve becerisi, kaynak teli bileşim elamanları, sıçramalar, tel bileşimindeki elamanlardan bir kısmının curuf haline gelmesi tel verimini etkileyen önemli faktörlerdir. Buna göre genellikle, gazaltı (TİG, MİG) kaynaklarında tel verimi %80 - 85, tozaltı kaynaklarda ie tel verimi %90 - 95 oranında alınabilmektedir. Ancak çok miktarda yapılacak kaynaklarda kullanılacak kaynak teli verimlerinin örtülü elektrodlarda olduğu gibi bir deneyle belirlenmesi yararlı olur. Bunun için kaynak yapılacak malzemeden küçük bir deney parçası alınır. Kullanılacak kaynak telinin belirli uzunluktaki kısma bu deney parçası üzerinde eritilir. Deney parçasının kaynak öncesi ağırlığı tartılarak belli edilmiş olmalıdır. Verim deneyi için kullanılan tel ağırlığı da hesapla veya çizelgelerden alınarak belirlenmelidir. Ayrıca eriyen tel sonucu üzerinde kaynak dikişi bulunan deney parçası bu durumu ile tartılır ve ağırlığı belirlenir. Bu işlemlerden sonra kaynak telinin verimi şu formülle hesaplanır :

$$\text{Tel verimi} = \frac{\text{Deney parçası ağırlığı (gr)} + \text{Eriyen tel ağırlığı (gr)}}{\text{Deney parçası ağırlığı (gr)} + \text{Erimemiş tel ağırlığı (gr)}}$$

Bu formülü semboller kullanarak düzenlersek, $t_v = \frac{G_2}{n \times g + G_1}$ olur. Formüldeki semboller,

G_2 = Kaynak sonrası deney parçası ağırlığı,
 n = Deney için kullanılan telin metre olarak boyu,
 g = Bir metre kaynak telinin erimemiş ağırlığı,
 G_1 = Üzerinde dikiş bulunmayan deney parçasının kaynak öncesi ağırlığı.

Tel verim veya kaynak maliyet hesaplarında kullanılmak üzere değişik özellikteki kaynak tellerinin bir metre boyundaki ağırlıkları hesaplanarak çizelge : 45 de verilmiştir.

ÇİZELGE : 45 ÇEŞİTLİ METALLERDE TEL AĞIRLIĞI

d (mm)	A (mm ²)	L (m)	Bir metre boyundaki tel ağırlığı (gram olarak) -							
			C	Al	Cu	Mg	Ni	Monel	SS	AL - Br
0.5	0.196	1	1.52	1.52	1.74	0.33	1.72	1.74	1.47	1.53
0.6	0.282	1	2.19	0.76	2.50	0.47	2.48	2.50	2.11	2.44
0.8	0.582	1	3.91	1.35	4.46	0.85	4.41	4.46	3.76	3.46
0.9	0.635	1	4.95	1.71	5.65	1.07	5.58	5.65	4.76	4.71
1.0	0.785	1	6.12	2.11	6.98	1.33	6.90	6.98	5.58	6.15
1.2	1.130	1	8.81	3.05	10.05	1.92	9.94	10.05	8.47	7.91
1.6	2.009	1	15.67	5.42	17.88	3.41	17.67	17.88	15.06	15.95
2.0	3.140	1	24.49	8.47	27.94	5.33	27.63	27.94	23.55	23.84
2.4	4.521	1	35.26	12.20	40.23	7.68	39.78	40.23	33.90	33.30
3.0	7.065	1	55.10	19.07	62.87	12.01	62.17	62.87	52.98	61.21
4.0	12.560	1	97.96	33.91	111.78	21.55	110.52	111.78	94.20	94.37
5.0	19.625	1	153.07	52.98	174.66	33.36	172.70	174.60	147.18	133.20
6.4	32.153	1	250.79	86.81	286.16	54.66	282.94	286.16	241.14	251.66

Çizelge : 45 deki sembollerin açıklaması :

d = Kaynak teli çapı, A = Kaynak teli kesit alanı, $L = 1$ m tel boyu
 C = Çelik kaynak teli, yoğunluğu = 7,8 gr/cm³
 Al = Alüminyum kaynak teli, yoğunluğu = 2,7 gr/cm³
 Cu = Bakır kaynak teli, yoğunluğu = 8,9 gr/cm³
 Mg = Magnezyum kaynak teli, yoğunluğu = 1,7 gr/cm³
 Ni = Nikel kaynak teli, yoğunluğu = 8,8 - 8,9 gr/cm³
 Ss = Paslanmaz çelik kaynak teli, yoğunluğu = 7,5 - 7,8 gr/cm³
 $Monel$ = Bakır - nikel alaşımı kaynak teli, yoğunluğu = 8,9 gr/cm³
 $Al - Br$ = Alüminyum bronzu kaynak teli, yoğunluğu = 7,5 - 8,2 gr/cm³

ÖRNEK PROBLEM : 3

1 mm çapında paslanmaz çelik elektrodla ve MİG kaynak yöntemi ile çok miktarda paslanmaz çelik kaynağı yapılacaktır. Kaynak maliyetinde kullanılmak üzere tel veriminin belirlenmesi istenmektedir. Bunun için 200 gram ağırlığında paslanmaz çelik parça ile 1,0 mm çapında paslanmaz çelik tel kullanılmıştır. 2 m boyundaki tel eritilerek 200 gramlık deney parçası üzerine kaynak yapılmış ve tartıldığında ağırlığının 208 gr geldiği görülmüştür. Buna göre tel verimini hesaplayınız.

ÇÖZÜM : 3

Çizelge : 46 dan, verilen telin 1 metresinin ağırlığı $g = 5,58$ gr bulunur.

Buna göre, $t_v = \frac{208}{2 \times 5,58 + 200} = 208/211,16 = 0,98$ olarak bulunur.

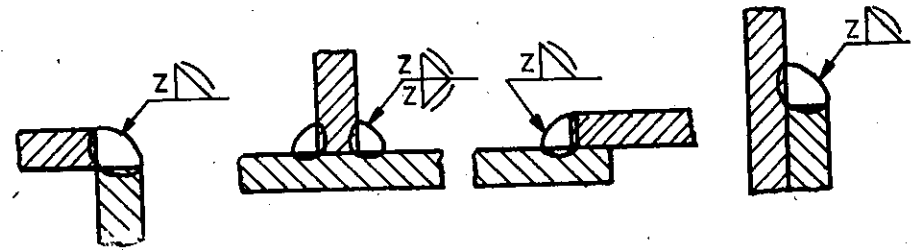
Otomatik kaynaklarda, gerek kaynağın uygulanmasında gerekse bu kaynakların maliyet hesaplarında kullanılmak üzere hazırlanmış çizelgeler bulunmaktadır. Bu çizelgelerde, kaynak edilecek parçanın kalınlığı, kullanılacak tel çapı, bir saatteki gaz sarfıyatı, akım şiddeti, ark gerilimi, tel sürme hızı, kaynak ilerleme hızı, birim zamandaki tel veya kaynak dikişi ağırlığı gibi bilgiler bulunmaktadır. Bu çizelgeler, otomatik kaynak yöntemleri ile kaynak yapılabilen bütün gereçler için hazırlanmış veya hazırlanabilir. Bunların tamamına yer vermek yerine en yaygın olarak otomatik kaynaklarla kaynaklanan gereçlere ilişkin olanlarını örnek olarak vereceğiz. Bunlar, çizelge : 46, 47, 48 ve 49 da örnek amacı ile gösterilmiştir.

Çizelge : 46

Karbonlu çeliklerin CO₂ gazı ile yapılan MİG kaynağı.

Kaynak pozisyonu : YATAY (DÜZ)

Birleştirme şekli :



S (mm)	d (mm)	t _h (cm / dak)	g _s (m ² / sa)	I (amper)	U (volt)	t _a (kg / sa.)	k _h (m . dak.)
1,3	1,2	850	0,98	270	26	4,5	4,75
1,6	1,2	880	0,98	300	26	4,6	3,75
2,0	1,2	900	0,98	325	27	4,7	3,25
3,0	1,6	550	0,98	380	28	5,2	2,25
5,0	1,6	650	0,98	425	30	6,1	1,75
6,0	2,0	450	0,98	500	32	6,6	1,00
10,0	2,0	450	0,98	525	33	9,5	50

AÇIKLAMALAR :

- 1) Çizelgedeki değerler kaynak telinin artı kutuptaki kaynağı içindir.
S = Kaynak yapılan parçanın kalınlığı,
d = Kaynak teli çapı, t_h = Tel sürme hızı, g_s = Koruyucu gaz miktarı
I = Kaynak akım şiddeti, U = Ark gerilimi, t_a = Eriyen tel miktarı
k_h = Kaynak ilerleme hızı (parça kalınlığı arttıkça bu hız azalır.)

Çizelge : 47

Değişik özellikteki gereçlerin elle yapılan TIG kaynağında bir saatte yapılan gaz sarfiyatı. (m₃/saat)

Gerecin adı :	Gerecin kalınlığı (mm)	Argon (m ³ / sa) Helyum (m ³ / sa)
1) Çelik	0,8 - 2,4	0,22 - 0,28 0,56 - 0,84
2) Dökme demir	1,5 - 6,0	0,44 1,12
3) Paslanmaz çelik	5,0 - 6,0	0,30 0,84
4) Bakır	1,5 - 6,0	0,36 0,89
5) Magnezyum	1,5 - 3,0	0,28 0,70

Çizelge : 48

MİG kaynak yöntemi ile alüminyumun dolgu ve aralıksız alın (küt) kaynağı

Gereç Kalınlığı (mm)	Tel Çapı (mm)	Argon Gazı (lit / saat)	Akım Şiddeti (amper)	Ark Gerilimi (volt)	Tel Hızı (cm / dakika)
1	0,8	840	40	15	600
1,25	0,8	420	50	15	725
1,6	0,8	420	60	15	850
2,4	0,8	420	90	15	1025

Not : Değerler doğru akım pozitif kutup içindir.

Çizelge : 49

Gri dökme demirin TIG kaynak yöntemi ile kaynağı

Gereç Kalınlığı (mm)	Birleşme Türü	Kaynak akımı		Tel çapı (mm)	Argon (lit / dk.)	Kaynak Konumu
		Türü	Amper			
6,5	Alın (küt)	AAYF - DANK	160	5 - 6,5	8	Yatay
6,5	Alın (küt)	AAYF	150	5	8	Yatay
6,5	Alın (küt)	ACYF	150	5	8	Tavan
25,0	Alın (küt)	DANK	300 - 350	5	12	Yatay

AAYF = Alternatif akım yüksek frekans, ACYF = Alternatif akım frekans
DANK = Doğru akım negatif kutup, Argon basıncı P = 2 kg/cm²

Çizelge : 50

TIG kaynağında elektrod çapına göre doğru ve dalgalı akım değerleri

Tungsten elektrod çapı (mm)	Akım şiddeti değerleri	
	Doğru akım	Dalgalı akım
1,6	70 - 120	60,90
2,4	200 - 275	115 - 160
3,0	275 - 375	180 - 210
4,0	375 - 450	210 - 240
5,0	450 - 525	240 - 270

- Not : 1) Doğru akım değerleri (-) kutup için
2) Kaynak edilen gereç çelik olup, kaynak konumu (pozisyonu) düz (yatay)

Yarım ve tam otomatik kaynakların maliyet hesaplarında kullanılan formüller

Kaynak için gerekli tel ağırlığı (kilogram olarak),

$$(1) \text{ Toplam tel ağırlığı} = \frac{\text{Dikiş ağırlığı}}{\text{Tel verimi}} \text{ veya } T_a = \frac{G_T}{t_v} \text{ dir.}$$

Bir saat kaynak süresince gerekli tel boyu (metre/saat),

$$(2) \text{ Tel boyu} = \frac{\text{Tel hızı} \times 60}{100} \text{ veya } t_b = t_h \times 0,6 \text{ dir.}$$

Bir saat kaynak süresince tüketilen tel ağırlığı (kilogram/saat),

$$(3) 1 \text{ saatteki tel ağırlığı} = \frac{\text{Tel hızı} \times 60 \times 1 \text{ metre tel ağırlığı}}{100 \times \text{Kaynakçı faktörü}} \text{ Veya, } t_a = \frac{t_h \times 60 \times g}{1000 \times k_f} \text{ olarak da yazılabilir.}$$

Bir saat kaynak süresince elde edilen kaynak dikişi ağırlığı (kg/saat),

$$(4) \text{ Dikiş ağırlığı} = \frac{\text{Bir saatteki tel ağırlığı}}{\text{Tel verimi}} \text{ veya } g_a = t_a \times t_v \text{ dir.}$$

Toplam kaynak zamanı süresince elde edilen toplam kaynak dikişi ağırlığı, (5) Toplam dikiş ağırlığı Dikiş kesit alanı $\times$ tel yoğunluğu $\times$ tel boyu veya, $G_T = A \times y \times L$ yazılır. Toplam kaynak dikişinin ağırlık değeri bu formülle hesaplanabileceği gibi, ilgili çizelgelerden de bulunabilir.

Bir metre boyundaki kaynak teli için koruyucu gaz maliyeti (lira/metre)

$$(6) \text{ Gaz maliyeti} = \frac{\text{Gaz fiyatı} \times \text{gaz sarfıyatı}}{\text{Tel hızı} \times 0,6} \text{ veya } g_m = \frac{g_f \times g_s}{t_b} \text{ dir.}$$

Tüm kaynak süresince tüketilen koruyucu gaz maliyeti (lira olarak),

$$(7) \text{ Gaz maliyeti} = \text{Gaz fiyatı} \times \text{Toplam gaz sarfıyatı} \times \frac{\text{Kaynak zamanı}}{60}$$

veya, $G_m = g_f \times g_s \times \frac{Z_T}{60}$ yazılır. Burada kaynak zamanı birimi dakikadır.

Bir saatlik kaynak zamanı için işçilik ve diğer masraflar maliyeti,

$$(8) \text{ İşçilik ve diğer masraflar maliyeti} = \frac{\text{Kaynakçı ücreti} + \text{Diğer mas.}}{\text{Tel hızı} \times 0,6 \times \text{kaynakçı fak.}}$$

veya, $I_m = \frac{K_u + d_m}{t_b \times k_f}$ yazılır. Bu formülle, bir saatte tüketilen kaynak teli için sarfedilen işçilik ve diğer masrafların toplam maliyeti bulunur.

Bir saatlik kaynak zamanı süresince tüketilen enerji maliyeti,

$$(9) \text{ Enerji maliyeti} = \frac{\text{Elektrik fiyatı} \times \text{Amper} \times \text{Volt} \times \text{Toplam dikiş ağ.}}{1000 \times 1 \text{ saatteki dik. ağ} \times \text{kay.fak.} \times \text{kaynak mak.ver.}}$$

veya, $E_m = \frac{e_f \times I \times U \times G_T}{1000 \times g_a \times k_f \times V}$ olarak da yazılır. Kaynak süresince tüketilen enerji miktarının bilinmemesi durumunda bu formül kullanılmalıdır.

Kaynak teli maliyeti :

(10) Kaynak teli maliyeti = Toplam tel ağırlığı $\times$ Kaynak teli birim fiatı veya, $T_m = T_a \times t_f$ olarak da yazılır.

Toplam maliyet, tüm maliyet değerlerinin toplanması ile elde edilir. Buna göre, $T_{pm} = T_m + G_m + E_m + I_m$ formülü yazılabilir. (II)

Formüllerde kullanılan sembollerin açıklanması :

G_T = Toplam kaynak dikişi ağırlığı (kg.),

T_a = Tüketilen toplam kaynak teli ağırlığı (kg.),

t_v = Kaynak teli verimi (% olarak),

t_b = Bir saatte tüketilen tel boyu (metre/saat),

t_h = Kaynak torçundan çıkan tel ilerleme hızı (cm/dakika),

60 = Bir saatte tüketilen tel boyunu bulmak için kullanılır. (1 saat = 60 dak.),

100 = Santimetre cinsinden bulunan tel boyunu metreye çevirmek için kullanılır.

t_a = Bir saatteki tel ağırlığı (kg/saat),

g = Bir metre tel ağırlığı (gram/metre),

1000 = Gram cinsinden bulunan tel ağırlığını kilograma çevirmek için kullanılır.

k_f = Kaynağın yapılışına göre (elle, yarı veya tam otomatik) alınan kaynakçı faktörü (% olarak),

g_a = Bir saatte elde edilen kaynak dikişi ağırlığı (kg/saat),

A = Kaynak dikişi kesit alanı (cm²),

L = Toplam kaynak dikişi boyu (cm. olarak),

y = İş parçasına göre seçilen kaynak telinin yoğunluğu (gr/cm³),

g_m = Bir metre tel için gaz maliyeti (lira/metre),

g_f = Koruyucu gazın birim fiyatı (lira/m³),

g_s = Bir saatte tüketilen koruyucu gaz miktarı (m³ olarak),

G_m = Toplam kaynak zamanı süresince tüketilen gaz maliyeti (lira),

g_s = Tüm kaynak için tüketilen gaz miktarı (m³),

Z_T = Toplam kaynak zamanı (dakika olarak),

K_u = Kaynakçı ücreti (lira/saat),

d_m = Diğer masraflar (genel masraflar). Birimi lira/saat'tir.

I_m = İşçilik ve diğer masraflar maliyeti.

E_m = Elektrik enerjisi maliyeti.

e_f = Bir kilovat elektrik fiyatı (lira/kilovat-saat),

I = Akım şiddeti (amper), U = Ark gerilimi (volt),

V = Kaynak makinası verimi (% olarak),

T_m = Kullanılan toplam tel maliyeti, T_{pm} = Toplam kaynak maliyeti.

Örnek problem :

MİG kaynak yöntemi kullanılarak yatay pozisyonda, bir kenar ölçüsü 6 mm olan 100 m boyunda düz köşe kaynağı yapılacaktır. Kaynak yapılacak malzeme çelik olup, koruyucu gaz olarak da CO₂ gazı kullanılmaktadır. Aşağıda verilen diğer bilgi ve değerlere göre bu kaynak için gerekli maliyet hesabını yapınız.

Verilenler :

- 1) Kullanılacak kaynak teli çapı = 1,6 mm. çelik tel.
- 2) Kaynak makinası ve verimi : Redresör, verimi = 0,70
- 3) Akım şiddeti = 525 amper, ark gerilimi = 33 volt.
- 4) Kaynağın yapılışı : Tam otomatik, kaynak faktörü = 0,95
- 5) Kaynak teli fiyatı = 500 lira / kilogram.
- 6) Elektrik ücreti = 20 lira / kilovat-saat.
- 7) Tel sürme hızı = 75 cm / dakika, tel verimi = 0,90
- 8) Bir saatte tüketilen gaz miktarı = 0,85 m³, gaz fiyatı = 200 lira / m³
- 9) Kaynakçı ücreti = 200 lira / saat, bir saat için diğer masraflar = 600 lira

ÇÖZÜM : 1

1) Tel maliyeti :

100 metre boyundaki, kenar ölçüsü 6 mm ve eşit kenarlı köşe kaynağının toplam ağırlığı (çizelge 42'ye bak) $G_T = A \times L \times y$ formülü ile hesaplanır. Buna göre, $G_T = Z^2/2 \times L \times y = 0,6^2/2 \times 100,00 \times 7,8$ yazılır, ve $G_T = 7020$ gram veya $G_T = 7,020$ kg. bulunur. Kaynak teli verimi 0,90

olduğuna göre gerekli kaynak teli ağırlığı, $T_a = \frac{G_T}{t_v} = \frac{7,020}{0,90}$ $T_a = 7,8$ kg bulunur. $T_m = 7,8 \times 500 = 3900$ lira olur.

2) Gaz maliyeti :

Bir dakikadaki tel ağırlığı $= \frac{3,14 \times 1,6^2}{4} \times 75 \times 7,8 = 11,7$ gram dır.

Tel verimi 0,90 olduğuna göre bu ağırlığın yüzde doksanı ancak kaynak dikişine geçer. Buna göre bir dakikadaki kaynak dikiş ağırlığı $= 0,90 \times 11,7 = 10,5$ gram olur. 7,020 kg lık kaynak dikiş ağırlığını elde edebilmek için geçen zaman, $Z_r = \frac{7,020}{10,5} = 668,5$ dakika veya 11,1 saat bulunur. $G_m = 200 \times 0,85 \times 11,1 = 1887$ lira olarak bulunur.

3) İşçilik ve diğer masraflar maliyeti :

Bir saat için işçilik maliyeti, $I_m = \frac{200 + 600}{75 \times 0,6 \times 0,90} = 19,75$ lira olur. 11,1 saat

için, $\dot{I}_m = 19,75 \times 11,1 = 219,2$ lira veya $\dot{I}_m = 220$ lira olur. Görüldüğü gibi, elle yapılan kaynaklardaki işçiliğe göre otomatik kaynaklardaki işçilik önemli derecede azalmaktadır.

4) Enerji maliyeti :

Bir saatte tüketilen tel ağırlığı, $t_v = \frac{t_v \times 60 \times g}{100 \times k}$ formülündeki (g)

değeri çizelge : 45 den 15,67 gram olarak bulunur. Formülde yerine

yazılırsa, $t_v = \frac{75 \times 60 \times 15,67}{100 \times 0,95} = 742,2$ gram veya $t_a = 0,742$ kg bulunur.

Bir saatte elde edilen kaynak dikiş ağırlığı, $g_a = t_a \times t_v$ den, $g_a = 0,742 \times 0,90 = 0,667$ kg/saat bulunur. Bu ve diğer bilinenleri enerji

maliyet formülünde yerine yazarsak, $E_m = \frac{10 \times 525 \times 33 \times 7,020}{1000 \times 0,667 \times 0,95 \times 0,070}$

$E_m = \frac{1216215}{443,5} = 2742,3$ lira bulunur.

5) Toplam maliyet :

$T_{pm} = T_m + G_m + \dot{I}_m + E_m = 3900 + 1887 + 220 + 2742,3 = 8749,3$ lira veya 8750 lira olarak toplam maliyet bulunmuş olur.

Tozaltı Kaynak Yönteminde Maliyet Hesabı :

Tozaltı kaynağı, yarı veya tam otomatik olarak yapılmaktadır. Bu kaynak yönteminde 1,2 ile 13 mm çapında kaynak teli, 200 - 4000 amperlik akım şiddeti kullanılarak 18 - 534 cm / dakika değerinde kaynak teli erime hızı elde edilebilmektedir. Tozaltı kaynak yönteminde kaynak dikişine düzgün bir şekil veren ve koruma görevini yapan kaynak tozu, 5 kg eriyen kaynak teli için yaklaşık 1 kg olarak kullanılmaktadır. Tozaltı kaynağı maliyet hesapları, kaynak tozu maliyeti dışında TİG ve MİG kaynak yöntemlerindeki maliyet hesapları gibi yapılmaktadır. Kaynak tozu maliyeti, kaynak süresince kullanılan toz miktarı gibi yapılmaktadır. Kaynak tozu maliyeti, kaynak süresince kullanılan toz miktarı ile 1 kg kaynak tozu fiyatının çarpılması sonucu elde edilir. Ancak bu sonuç veya daha önce kaynak tozunun erime yahut da kullanılma yüzdesi ile de çarpılması gerekir. Bunun bir formülle gösterirsek, kaynak tozu maliyeti = Toz fiyatı (lira/kg) $\times$ Toz miktarı (kg) $\times$ Toz erime (%) si veya, $K_{tm} = t_z \times e_y$ olarak da yazılabilir. Formüldeki erime yüzdesi, yeniden kullanılmayacak derecede özelliği bozulmuş birim ağırlıktaki curuf haline gelmiş ise, bu tozun erime yüzdesi $e_y = 200/1000 = 0,20$ olur. Bu oran her kaynak tozu için ayrı ayrı değerlerdedir. Çizelge : 51 de en yüksek akım şiddeti kullanılarak (doğru akımda) tel çapına göre elde edilen yaklaşık erime hızları ve bir saatteki eriyen tel miktarları örnek olarak verilmiştir.

Tel çapı (mm)	Akım (amper)	Erime mik. (kg / sa)	Toz ih. (kg / sa)	Tel hızı
1.2	200	2.7	0,135	320 m / saat
2.0	400	3.6	0,180	148 m / saat
3.0	600	11.3	0,565	205 m / saat
4.3	800	20.8	1,040	212 m / saat
5.0	1100	28.3	1,400	164 m / saat
6.0	1400	36.2	1,810	136 m / saat
7.0	1700	40.7	2,035	116 m / saat
8.0	2000	45.3	2,265	109 m / saat
9.0	2300	54.3	2,715	98 m / saat
10.0	3000	59.7	2,985	94 m / saat
11.0	3600	67.9	3,395	92 m / saat
12.0	4000	72.4	3,620	82 m / saat

Çizelge : 51

Oksi - Gaz Kaynağı Maliyet Hesapları

Bilindiği gibi oksi-gaz kaynak yönteminde yanıcı gaz olarak en çok asetilen gazı kullanılmaktadır. Asetilen gazı, tüplere doldurulmuş olarak hazır veya iş yerinde kalsiyum karpitle (CaC_2) suyun birleştirilmesi sonucu elde edilerek kullanılır. Oksi-gaz kaynağında, asetilenin dışında yanıcı gaz olarak az da olsa başka gazlar da kullanılır. Bu kaynak yönteminin maliyet hesabında daha çok oksijenle asetileni dikkate alacağız. Az farklılıkla, oksi-gaz kaynak maliyet faktörleri de diğer kaynak maliyet faktörlerinin aynısıdır. Bu maliyet faktörlerini şöyle sıralayabiliriz. :

- 1) Kaynak ekteli maliyeti,
- 2) Kaynak süresince tüketilen gaz maliyeti,
 - a) Oksijen maliyeti
 - b) Asetilen maliyeti
- 3) Genel masraflar maliyeti
 - a) Amortisman
 - b) İdari ve işletme masrafları
 - c) Onarım masrafları
 - d) Diğer masraflar (elektrik, kırtasiye, ağırlama v.b. gibi)
- 4) İşçilik maliyeti

1 - Ekteli Maliyeti :

Ekteli maliyetini hesaplayabilmek için, istenilen kaynak dikişi ağırlığını elde edebilmek için gerekli olan ekteli ağırlığının bilinmesi gerekir. Bu da ya varsa çizelgelerden veya hesapla bulunur. Bulunan tel miktarı birim tel fiyatı ile çarpılarak ekteli maliyeti elde edilir. Bunu bir formülle gösterirsek,

$$\text{Ekteli maliyeti} = \frac{\text{Toplam dikiş ağırlığı (kg)}}{1000 \times \text{1m tel ağırlığı (gr/m)} \times \text{tel verimi}} \times \text{Tel fiyatı (kg/lira)}$$

2 - Oksi - Asetilen Maliyeti :

Kaynak süresince tüketilen oksijen ve asetilen maliyeti,

$O_{gm} = (O_f \times O_s + A_f \times A_s) \times Z_T$ formülü ile hesaplanır. Formüldeki toplam zamanı gösteren (Z_T) ise, $Z_T = t_n \times z_f$ formülü ile hesaplanır.

Formüllerdeki sembollerin açıklanması :

O_{gm} = Kaynak süresince tüketilen oksi-gaz maliyeti (lira/kaynak),

O_f = Oksijen gazı birim fiyatı (lira/m³ veya lira/litre),

O_s = Bir saatte tüketilen oksijen miktarı (m³/saat veya litre/saat)

A_f = Asetilen gazı birim fiyatı (lira/m³ veya lira/litre),

A_s = Bir saatte tüketilen asetilen miktarı (m³/saat veya litre/saat),

Z_T = Toplam kaynak zamanı (saat veya dakika olarak),

t_n = Net kaynak zamanı (saat veya dakika olarak),

n = Tüm kaynak için kullanılan ekteli boyu (metre olarak).

z_f = Zaman faktörü ($z_f = 2$ veya $z_f = 2,5$ olarak alınabilir).

Çizelge : 52 de çelik malzemenin elle yapılan oksi-gaz kaynağı için bazı değerler, Çizelge : 53 de ise koruyucu, yanıcı ve yakıcı olarak kaynağa kullanılan çeşitli gazların özellikleri verilmiştir.

ÇİZELGE : 52 ÇELİKLERİN KAYNAĞI İÇİN TEL VE GAZ SARFIYATI

Gereç Kalınlığı	Birleştirme Şekli	Tel Çapı	Gaz sarfiyatı (lit / sa)		Tel erimesi (gr / dak.)	Kaynak Hızı (cm / dak.)
			O ₂	C ₂ H ₂		
0,4 mm	Kenetli (1)	—	20	20	—	16,5
0,8 mm	Kenetli (1)	—	28	28	—	14,0
1,5 mm	Alın (küt) (2)	1,5 mm	68	65	1,78	13,0
2,5 mm	Alın (küt) (2)	2,5 mm	143	138	3,87	11,0
3-0 mm	Alın (küt) (2)	3,0 mm	248	294	1,46	8,0
5,0 mm	90° (V) kaynağı	5,0 mm	500	480	9,17	6,0
6,0 mm	90° (V) kaynağı	5,0 mm	761	733	7,64	5,0
8,0 mm	90° (V) kaynağı	6,0 mm	931	902	8,92	4,0
10,0 mm	90° (V) kaynağı	6,0 mm	1290	1241	10,03	4,5
13,0 mm	60° (V) kaynağı	6,0 mm	1641	1580	8,79	4,0
16,0 mm	60° (V) kaynağı	8,0 mm	2081	2002	13,70	3,5
19,0 mm	60° (V) kaynağı	8,0 mm	2580	2482	11,74	3,0

Not : Çizelge örnek olması amacı ile yaklaşık değerler kabul edilerek hazırlanmıştır. 1 kg kalsiyum karbürden (karpitten) teorik olarak 340 litre asetilen elde edilir. Bazı kayıplar dikkate alınarak hesaplamalarda bu miktar 250 ile 280 litre kabul edilebilir.

Çizelge : 52 ile ilgili açıklama :

- (1) = Parçalar arasında aralık bırakılmadan kenet kaynağı yapılır.
- (2) = Kaynak ağzı açılmaz. Parçalar arasında kaynatılacak parça kalınlığı kadar parçalar arasında aralık bırakılır. Yani iki parça arasında kare bir boşluk oluşturulur. Dikiş ağırlığı hesaplanırken birim zamanda eriyen tel miktarı ile ekteli veriminin (ekteli verimi = % 90, % 95 alınabilir) çarpılması gerekir.

Çizelge : 53

Kaynakta kullanılan çeşitli gazların özellikleri

Gazın Özelliği	Gazın Adı									
	N ₂	A	He	H ₂	CO ₂	O ₂	C ₂ H ₂	CH ₄	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Yoğunluk	1,25	1,78	0,18	0,09	1,96	1,43	1,18	0,72	2,02	2,7
Erime Noktası	- 195	- 185	- 268	- 252	- 57	- 219	98,6	- 184	- 190	- 135
Kayn. Noktası	- 159	- 186	- 272	- 247	- 78,4	- 183	- 81	- 164	- 45	- 1
Özgül Isısı	0248	0125	1,25	3,41	0,20	0,22	-	0,53	-	-
Mol. Ağırlığı	28	39,5	4	2	44	32	26	16	44	58

Açıklama:

- 1) Çizelge değerleri, 20° C sıcaklıkta ve 1 atmosfer basınç altındaki değerlerdir.
- 2) Yoğunluk = Bir maddenin birim hacimdeki ağırlığı (gr/cm³, kg/m³)
- 3) N₂ = Azot, A = Argon, He = Helyum, H₂ = Hidrojen, CO₂ = karbondioksit, O₂ = Oksijen, C₂H₂ = Asetilen, CH₄ = Metan, C₃H₈ = Propan, C₄H₁₀ = Bütan. Metal gazına, bataklik gazı, propan gazına da hava gazı denilmektedir.

3 - İşçilik Maliyeti :

Diğer kaynak yöntemlerinin işçilik maliyetinde olduğu gibi, bu kaynak yönteminde işçilik maliyeti kaynakçının bir saatteki ücreti ile toplam kaynak zamanının çarpımına eşittir. $I_m = S_u \times Z_T$ gibi.

4 - Genel Masraflar :

İşçilik maliyetinin iki katı genel masraf maliyeti olacağından, $G_m = I_m \times 2$ olur.

5 - Toplam Maliyet :

$T_{pm} = T_m + O_{gm} + I_m + G_m$ formülü ile hesaplanır.

ÖRNEK PROBLEM : 4

16 mm kalınlığında ve iki metre boyundaki çelik malzeme oksii-asetilen

kaynağı ile birleştirilecektir. Birleştirme, 60° lik köksüz (V) şeklinde olacaktır. Bu bilinenlere ve aşağıda verilen diğer bilgilere göre kaynak maliyetini hesaplayınız.

Verilenler :

- 1) Kaynak aralığı : 2 mm
- 2) Oksijen fiyatı : 75 lira/m³
- 3) Asetilen fiyatı : 60 lira/m³
- 4) Ekteli çapı : 8 mm
- 5) Ekteli verimi : % 90
- 6) Ekteli fiyatı : 150 lira/kg
- 7) Kaynakçı ücreti : 150 lira
- 8) Zaman faktörü : 2

ÇÖZÜM : 4

1 - Ekteli maliyeti :

Çizelge : 41 deki $A = S \times a + S^2 \times \text{tg} / 2$ formülünü kullanarak, kaynak dikiş kesit alanı, $A = 1,6 \times 0,2 + 1,6^2 \times \text{tg} 60^\circ / 2$ yazılır. Buradan da $A = 0,32 + 2,56 \times 0,577 = 1,79 \text{ cm}^2$ bulunur. Kaynak dikiş boyu iki metre olacağı için bunun ağırlığı, $G_1 = A \times L \times y = 1,79 \times 200 \times 7,8 = 2792,4$ gram veya $G_1 = 2,8 \text{ kg}$ (yaklaşık) bulunur. Kaynak için gerekli ekteli ağırlığı da, $t_a = \frac{G_1}{t_v} = \frac{2,8}{0,90} = 3,11 \text{ kg}$ bulunur. $T_m = 150 \times 3,11 = 466,5$ lira olur.

2 - Oksi - Asetilen Maliyeti :

Çizelge : 52 den, 8 mm çapındaki ekteli için erime değeri 13,7 gr/dak. bulunur. Aynı telin 1 m boyundaki ağırlığı, $g = 3,14 \times 0,8^2 / 4 \times 100 \times 7,8$ den $g = 391,8$ gram bulunur. Bir metre telin erime zamanı $t_e = 391,8 / 13,7$ den $t_e = 28,5$ dakika bulunur. Toplam ekteli boyu $t_b = G_1 / g = 3110 / 391,8 = 7,9$ metre olarak bulunur. Net kaynak zamanı, $t_n = t_e \times t_b = 28,5 \times 7,9 = 225,1$ dak. olur. Toplam kaynak zamanı, $Z_T = t_n \times 2 = 225,1 \times 2 = 450 \text{ dak.} = 7,5$ saat. Çizelge : 52 den, $O_s = 2081 \text{ lit.} = 2,081 \text{ m}^3$, $A_s = 2002 \text{ lit.} = 2,002 \text{ m}^3$ bulunur. Buna göre, $O_{gm} = (2,081 \times 75 + 2,002 \times 60) \times 7,5 = 2070$ lira (yaklaşık) olur.

3 - İşçilik maliyeti : $I_m = 7,5 \times 150 = 1125$ lira.

4 - Genel masraflar : $G_m = 1125 \times 2 = 2250$ lira.

5 - Toplam maliyet : $T_{pm} = 466,5 + 2070 + 1125 + 2250 = 5911,5$ lira bulunur.

Çizelge : 54

Genel kaynak işaretleri ve adlandırılması

Sıra No	GÖSTERİLİŞİ	İŞARETİ	ADLANDIRILMASI
1		⌋	Kıvrık Alın Kaynağı
2			Kare Alın Kaynağı (I - Alın Kaynağı)
3		V	V - Alın Kaynağı
4		√	Tek Pahlı Alın Kaynağı (Yarım V - Alın Kaynağı)
5		Y	Kökü - V - Alın Kaynağı (Düz Kısımlı - V - Alın Kaynağı)
6		Y	Kökü - Tek Pahlı Alın Kaynağı (Düz Kısımlı Yarım V Kaynağı)
7		Y	Tek taraflı - U - Alın Kaynağı Kökü veya Düz Kısımlı U Alın Kaynağı (Y Alın Kaynağı)
8		J	Tek Taraflı - J - Alın Kaynağı
9		⌋	Sırt Kaynağı

Çizelge : 54'ün devamı

Genel kaynak işaretleri ve adlandırılmaları

Sıra No	GÖSTERİLİŞİ	İŞARETİ	ADLANDIRILMASI
10		△	Tek taraflı köşe kaynağı (Tek taraflı iç köşe kaynağı)
11		X	X - Alın kaynağı (Çift - V Alın kaynağı)
12		∞	Çift - U - Alın kaynağı
13		⌋	Tıra kaynağı (Tıra veya yarık kaynağı)
14		○	Nok (direnc) kaynağı
15		⊕	Dikiş (direnc) kaynağı
16		▷	İki taraflı köşe kaynağı (İki taraflı iç köşe kaynağı)
17			
18			

Çizelge : 55

Genel ve Özel Kaynak İşaretlerinin Birlikte gösterilmesi

Sıra No	K KAYNAKLI BİRLEŞTİRMENİN KESİT GÖRÜNÜŞÜ	İŞARETİ	AÇIKLAMA
1			İki taraflı dış bükey 1 — Alın Kaynağı Dikişler temizlenmeyecek.
2			Dış bükeyli V alın, Arka tarafı temizlenerek sırt kaynağı yapılacak, dikişler temizlenmeyecektir.
3			(V) ve sırt () alın kaynağının birlikte yapılması dikişler tesviye edilmediği halde düzgün ve görünür veya tesviye edilerek düz yüzey elde edilir.
4			İki taraflı yapılmış (X) alın kaynağı. Dikişler dış bükey olup, tesviye edilmez.
5			Tek taraflı ve düz, iç köşe kaynağı. Dikişin düzgün yüzeyi, yapım sırasında elde edilmelidir.
6			Tek taraflı ve iç bükey iç köşe kaynağı. bükeylik yapım sırasında elde edilir.
7			Tek taraflı ve dış bükey iç köşe kaynağı. Dış bükeylik yapım sırasında elde edilir.
8			Kıvrık alın kaynağı. Üst tarafı düz dikişle, alt tarafı da sırt kaynağı yapılacak tesviye edilmeyecektir.

Not :

Düzgünlük anlamında kullanılan (-) işaretinin gösterdiği dikişin yapım sırasında mı, yoksa yapımından sonra tesviye edilerek mi düzgün kazanacağı yapım resminde açıklanmalıdır.

Referans Çizgisi Üzerindeki Kaynak İşaretinin Konumuna Göre İfade Ettiği Anlam

Kaynak işaretinin referans çizgisinin üstüne, altına ve bu çizgiyi keserek kabul edecek şekilde yazılması kaynak dikişinin yeri ve yapımı bakımından değişik anlamlar ifade eder. Buna ilişkin örnekler Çizelge : 56 de gösterilmiştir.

Çizelge : 56

KAYNAK İŞARETİNİN KONUMUNA GÖRE İFADE ETTİĞİ ANLAM

Sıra No	PERSPEKTİF GÖSTERME	Resimle Gösterme		İşaretle Gösterme		AÇIKLAMA
		GÖRÜNÜŞ	KESİT	GÖRÜNÜŞ	KESİT	
1						Kaynak Dikişi ok tarafında
2						Kaynak Dikişi diğer tarafta ve düz
3						Kaynak dikişi iki tarafta (Hem ok, hem diğer tarafta)
4						Kaynak dikişi iki tarafta (Hem ok, hem diğer tarafta iç köşe kay.)
5						Kaynak dikişi çepçevre iç bükey köşe kaynağı biçiminde yapılacak,

**Kaynak Dikişlerinin Ölçülendirilmesine
İlişkin Örnekler**

Değişik kaynak yöntemleri uygulanarak değişik dikiş elde edilmesi ile ilgili örnekler Çizelge : 57 de gösterilmiştir.

Çizelge : 57

Kaynak Dikişlerine ait ölçülendirme örnekleri.

Sıra No	Kaynağın Adı	Resimle Gösterilişi	Ölçülendirme	Açıklama
	Alın Kaynağı		$10 \nabla 100$	100 = Dikiş boyu.
	Alın Kaynağı		$5 \sqcap 75$	75 = Dikiş boyu Dikiş tesviye edilecektir.
	Kıvrak Alın Kaynağı		$3 \sqcup 40$	40 = Dikiş boyu
	Arikli Köşe Kaynağı		$\begin{matrix} (a) & (n) & (L) & (e) \\ 5 & 2 & 40 & 30 \end{matrix}$	5 = Dikiş yüksekliği 2 = Dolu dikiş sayısı 40 = Dolu dikiş boyu 30 = Dikiş aralığı
	Sürekli Köşe Kaynağı		$\begin{matrix} (a) & (L) \\ 5 & 80 \end{matrix}$	5 = Dikiş yüksekliği 80 = Dikiş boyu $L = L^T - 2 \times a$ $t = 90 - 2 = 5 = 80$
	Zikzaklı Köşe Kaynağı		$\begin{matrix} (a) & (n) & (L) & (e) \\ 5 & 2 & 40 & 30 \\ 5 & 3 & 40 & 30 \end{matrix}$	5 = Dikiş yüksekliği 2 = 40 = 30 = 3 =

* Başlama bitiş noktalarında tam kesit meydana gelmez. Bu nedenle dikiş boyu, parça tam boyundan 2 x dikiş yüksekliği kadar az olmalıdır.

Çizelge : 58

Kaynak ağzı açılarak veya açılmadan birleştirilmiş T kaynakları			
Kuvvet çizgileri durumu			
Statik yükler için çekilme dayanımı yüzde	% 100	% 80	% 30
Yorulma dayanımı yüzdesi	% 40	% 25	% 10
Çarpma kuvvetlerine karşı dayanım yüzdesi	% 85	% 75	% 10

Kaynak ağzı açılarak veya kaynak ağzı açılmadan birleştirilmiş (T) kaynaklarında kuvvet çizgileri ve dayanım (gerilme) % oranları

Kaynak ağzı açılarak veya açılmadan birleştirilmiş alın kaynakları				
Kuvvet çizgileri durumu				
Statik yükler için çekilme dayanımı yüzde	% 160	% 85	% 70	% 60
Yorulma dayanımı yüzdesi	% 100	% 35	% 15	% 10
Çarpma kuvvetlerine karşı dayanım yüzdesi	% 100	% 80	% 65	% 40

Kaynak ağzı açılarak veya kaynak ağzı açılmadan birleştirilmiş alın kaynaklarında kuvvet çizgileri ve dayanım (gerilme) % oranları

Ülkemizde, Dünya ve TSE Standardlarına göre imal edilen üç tür elektrod markası bulunmaktadır. Üretilen elektrodların markası ve türleri aşağıdaki cetvelde karşılaştırmalı olarak görülmektedir.

Çizelge : 59

ELEKTRODLARIN TURLERİ

TURLERİ	MARKALARI		
	AS	OERLIKON	BÖHLER
Rutil	AS 43.33	Overcord - S	Fox Sümer
	AS 43.23	-	-
	AS 43.32	Y - 151	Fox TIS
	AS 46.00	Overcord - N	Fox Ege
	AS 46.16	-	-
	AS 46.44	Overcord - Z	Fox OHV
Rutil - Asit	AS 50.00	Virtiscord	Fox Umz
Demir Tozlu	AS 33.65	Ferrocito	Fox Cem
	AS 33.80	Gravitycord	-
Bazik	AS 48.00	Süpercito	Fox Ev 47
	AS 48.04	Süpercito	-
	AS 53.35	-	-
	AS 55.00	Ünivers	Fox Ev 63
Selülozik	AS 22.23	Cellocord - W	Fox CEL W
	AS 22.45	Cellocord - P1	Fox CEL
	AS 22.46	Cellocord - 70	Fox CEL Mo
	AS 22.47	Cellocord - 85	-
Paslanmaz Çelik	AS 61.30	Inox - Aw1	-
	AS 61.81	Inox Aw + cb	Fox Sas - 2A
	AS 63.30	Inox Bw1	-
	AS 63.32	Ferinox	Fox KN 18 / 8
	AS 63.80	Inox Bw - Cb	Fox Sas - 4A
	AS 67.13	Inox C	Fox FFB - A
	AS 67.15	Inox c	Fox FFB
	AS 67.45	Citochromax	Fox A7
	AS 68.81	E 106	Fox CN 29 / 9A
Hafif Alaşımli Bazik	AS 74.41	Molycord Ti	-
	AS 74.46	Molycord Kb	Fox DMO Kb
	AS 74.78	Tenacito - 65	-
	AS 75.75	Tenacito - 75	-
	AS 76.12	Cromocord Ti	-
	AS 76.18	Cromocord Kb	-
	AS 76.28	OE - N - 117	-

Çizelge : 59'un devamı

Turleri	MARKALARI		
	AS	OERLIKON	BÖHLER
Sert Dolgu	AS 83.23	Citorail	Fox Dur 250
	AS 83.50	Citodur 600	Fox Dur 300
	AS 83.65	Citodur 600 B	Fox Dur 600 A
	AS 84.40	-	-
	AS 84.42	-	-
	AS 84.58	Citodur - V 1000	Fox Dur 600 A
	AS 85.65	Toolcord	-
	AS 86.28	Citomangan	Fox Kronos
Dökme Demir	AS 92.18	Citofonte - Ni	Fox GNI
	AS 92.58	E 116	-
	AS 92.78	Citofonte - Mo	Fox GFW
Bakır - Bronz	AS 94.25	Citobronz	-
Oluk - Açma	AS 21.03	E 900	Fox NUT
Kesme - Delme	AS 21.04	Citocut	Fox Kes

Kaynak Tekniğinde kullanılan bazı element ve bileşiklerine ait ergime dereceleri ve sembolleri.

Sıra No : Gereç	: Sembol	: Ergime Derecesi :
1 - Alüminyum	Al	659
2 - Döküm Alüminyum	Al.Cu % 8	690
3 - Silisli Alüminyum	Al Si % 5	602
4 - Pirinç	—	905
5 - Manganezli Bronz	—	870
6 - Fosforlu Bronz	—	1050
7 - Carbon	C	3828
8 - Crom	Cr	1528
9 - Kobalt	Co	1480
10 - Oksitsiz Bakır	Cu	1083
11 - Elektrolitik Bakır	Cu	1083
12 - Demir	Fe	1530
13 - Dökme Demir	—	1260
14 - Dövülebilir Demir	Fe	1260
15 - Kurşun	Pb	327
16 - Mağnezyum	Mg	651
17 - Manganez	Mn	1260
18 - Molibden	Mo	2610
19 - Monel Metal	—	1316
20 - Nikel	Ni	1480
21 - Gümüşlü Nikel	Ni % 18 Ag	1068
22 - Fosfor	P	44
23 - Platin	Pt	1755
24 - Silisyum	Si	1420
25 - Gümüş	Ag	960
26 - Sert Çelik	(% 0,4 - % 0,7 C)	1371
27 - Çelik	(Karbonu % 0,15 az)	1482
28 - Çelik	(Orta karbon % 0,15- % 0,4 C)	1427
29 - Manganlı Çelik	—	1343
30 - Nikel - Manganlı Çelik	—	1343
31 - Nikelli (% 3 1/2 Çelik	—	1427
32 - Çelik Döküm	—	1427
33 - Paslanmaz Çelik (18 - 8)	—	1399
34 - Paslanmaz Çelik (18 - 8 az karbonlu)	—	893

Sıra No : Gereç	: Sembol	: Ergime Derecesi :
35 - Kükürt	S	113
36 - Kolombiyum (Niobrium)Cb		2468
37 - Toriyum	Th	1750
38 - Titanyum	Ti	1668
39 - Kalay	Sn	450
40 - Tungsten	W	3410
41 - Uranyum	U	1132
42 - Vanadyum	V	1900
43 - Çinko	Zn	419
44 - Zirkonyum	Zr	1852
45 - Bizmut	Bi	271
46 - Kalsiyum	Ca	810
47 - Kadmiyum	Cd	321
48 - Hidrojen	H ₂	-259
49 - Azot	N ₂	-210
50 - Sodyum	Na	97
51 - Oksijen	O ₂	-218

TERİMLER

TİG : Tungsten ile yapılan koruyucu gaz kaynağı.
 MİG : Kangal tel ile yapılan koruyucu gaz kaynağı.
 Mag : CO₂ ile yapılan koruyucu gaz kaynağı.
 Elektron Kaynağı : Elektron Işın Kaynağı.
 Koruyucu Gaz : Argon, Helyum, CO₂
 Plazma Kaynağı : Ayrışan gazların kaynağı.
 Torç : Pens (Kaynak pensi)
 Toprak : Negatif kaynak kutbu.
 Alternatif : Dalgali.
 Nozul : Gaz başlığı.
 Dikiş : Kaynak.
 Ergiyik : Kaynak bonyosu.
 CO₂ : Karbondioksit.
 Ar : Argon
 He : Helyum
 Toz : Arkın gizlenmesinde kullanılan kum.
 Traktör : Yatay konumda kendiliğinden yürüyen tozaltı kaynak makinası.
 Redresör : Doğru kaynak akım üreticisi.
 Elektro curuf : Curufaltı kaynağı.
 Curuf : Ergiyik toz.
 Operatör : Kaynakçı.
 Flux : Toz.
 Ultrasonik : Yüksek frekanslı ses dalgası.
 Tabanca : Pens, torç.
 Lazer : Yüksek hızlı ışık.
 Saplama : Başsız perçin veya vida.
 Fotosel : İzleme ışığı.
 Master : Kontrol şablonu.
 Mikroyapı : Kristal.
 Yetenek : Beceri.
 Hook : Huk.
 Nötr : Tarafsız (Sıfır).
 Rutil : Titandioksit karakterli.
 Bazik : Az hidrojenli.
 Yan : Düşeye dik.
 Tavan : Başüstü.
 Ekteli : Çıplak kaynak teli.
 Kök paso : İlk sıra kaynak dikişi.

ISO STANDART KLAUVUZU

Mekanik Özellikler				Örtü tipi
Elektrodun İşareti	Çekme (°) Mukavemeti	Minimum Uzama	Min 35 julluk darbe değerinin elde edildiği sıcaklık (°C)	
	N/mm ²	%	C°	
E 43 1	430 - 510	-	+ 20	A = Asit (Demir oksit)
E 43 1	430 - 510	20	0	Ar = Asit (Rutil)
E 43 2	430 - 510	22	- 20	B = Bazik
E 43 3	430 - 510	24	- 30	C = Selülozik
E 43 4	430 - 510	24	- 40	O = Oksit
E 43 5	430 - 510	-	-	R = Rutil
E 51 0	510 - 610	-	-	(Orta kalın örtülü)
E 51 1	510 - 610	18	+ 20	RR = Rutil
E 51 2	510 - 610	18	0	(Kalın örtülü)
E 51 3	510 - 610	20	- 20	S = Diğer tipler
E 51 4	510 - 610	20	- 30	
E 51 5	510 - 610	-	- 40	

o) Üst limit toleransı : 40 N/mm²

oo) 1 j = 0,102 kgfm.

1 N = 0,102 kgf.

Örnek : E 51 3 B 160 29 H—

Düşük hidrojenli elektrod

Kaynak metali verimi (%)
% 110 dan fazla ise yazılır.)

Kaynak Pozisyonları

1. Bütün pozisyonlar
2. Yukardan aşağı hariç bütün pozisyonlar
3. Düz alın kaynağı
Düz köşe kaynağı
Dik/Yatay köşe kaynağı
4. Düz alın kaynağı
Düz köşe kaynağı
5. 3 gibi ve dik yukardan aşağı pozisyonlar için tavsiye edilir.

Akım Şekli

Sembol	Doğru akım tavsiye edilen kutup	Alternatif akım Minimum boşta çalışma gerilimi V
0 ¹⁾	+	-
1	+ veya -	50
2	-	50
3	+	50
4	+ veya -	70
5	-	70
6	+	70
7	+ veya -	90
8	-	90
9	+	90

1) Bu elektrodlar sadece doğru akımda kullanılmaktadır.

ELEKTRODLARIN ISO, AWS ve DIN STANDARTLARINA GÖRE KLASİFİKASYONU
Orta çekme mukavemetli, yumuşak çelik elektrodları

ISO TS/563	AWS	Yeni	DIN (Eski)
AS 22.23 E 433 C 13	E 6011	E 43.33 C 4	E Ze VII m
AS 22.45 E 43 4C 10	E 6010	E 43.33 C 4	E Ze VII m
AS 22.46 E 51 4C 10	E 7010-AI	E 51.32 C 4	E Ze VII m
AS 22.47 E 51 4C 10	E 8010-G	E 51.33 C 4	E Ze VII m
AS 33.65 E 51 3 RR 170 32.	E 7024	E 51.22 RR 11 170	E Fe Ti VIII
AS 33.80 E 5 12 RR 190 31	E 7024	E 51.22 RR 11 190	E Fe Ti VIII
AS 43.23 E 43 2 R 11E 6013	E 6013	E 43.21 R 3	E Ti VII d
AS 43.32 E 51 2 RR 32	E 6013	E 51.33 RR 6	E Ti VII s
AS 43.33 E 51 3 RR 11	E 6013	E 51.32 RR 8	Ti VII s
AS 46.00 E 43 3 R 12	E 6013	E 43.32 R (C) 3	Ti VII m
AS 46.16 E 43 3 RR 12	E 7014	E 43.32 RR (C) 6	Ti VII m
AS 46.44 E 43 3 R 12	E 6013	E 43.21 R (C) 3	Ti VII m
AS 48.00 E 51 5 B 120 20 H	E 7018	E 51 53 B 10	Kb IX s/ (XII S)
AS 48.04 E 51 5 B 120 26 H	E 7018	E 51 53 B 10	Kb IX s/ (XII S)
AS 50.00 E 43 4 AR 24	E 6013 (E6020)	E 43 42 AR 7	Ti VII s
AS 53.35 E 51 4 B 56 H	E 7048	E 51 43 B 9	Kb IX s
AS 55.00 E 51 5 B 120 H	E 701G (E8018G)	E 51 55 B 10	Kb XIX/ (XIII s)

Düşük alaşımlı çelik elektrodları

AWS	DIN (Eski)
AS 74.41 E 7013-AI	E Ti Mo 26
AS 74.46 E 7018-AI	E Kb Mo 26
AS 74.78 E 9018-DI	E Kb XIV s
AS 75.75 E 11018	E Kb Cr Mo 126
AS 76.12 (E 8013-B 2)	E Ti Cr Mo 126
AS 76.18 E 8018-B 2)	E Kb Cr Mo 226
AS 76.28 E 9018-B 3)	—

(E Kb Mo 26)

Paslanmaz çelik elektrodları

AWS	DIN	BS
AS 61.30 E 308L-16	E 199 n Cr 23	19.9.L.R
AS 61.81 E 347-16	E 199 Nb R 23	19.9 Nb.R
AS 63.30 E 316-16	E 199 3 nCr 23	19.12.3.L.R
AS 63.32 E 316-16	E 19 123 r CMPR 33	19.12..2.R.MP
AS 63.80 E 318-16	E 19 123 Nb R 26	19.12.3.Nb.R
AS 67.13 E 310-16	E 2420 R 26	25.20.R
AS 67.15 E 310-15	E 25 20 B 20 +	25.20.B
AS 67.45 —	E 18 8 Mn 6 B 20 +	—
AS 68.81 E 312-16	E 9-200 ckz	—

Sert dolgu elektrodları

AS 83.28	—	E 1.300
AS 83.50	—	E 6.60 (65W) t
AS 83.65	—	E 2.55
AS 84.40	—	E 5.45 r
AS 84.42	—	E 5.45 t
AS 84.58	—	E 6.55
AS 85.65	Efe 5-B	E 4-60 (65W)S
AS 86.28	Efe Mn-A	E 7-200 k

Dökme demir, bakır ve
Alaşımları için elektrodlar

AS 92.18 E Ni-Cl E Ni G
AS 92.58 E Ni Fe-Cl E Ni Fe G
AS 94.78 E Ni Cu-B E Ni Cu-G2
AS 94.25 E Cu Sn-C —

YARARLANILAN ESERLER

- 1 - Kaynak Teknolojisi (J.W.Giachino, W.Weeks, G.S.Johnson - Çeviren : Kasım Adsan)
- 2 - Kaynak Laboratuvarı Ders Notları (Mehmet Temel)
- 3 - Makina Sanayinde Kaynak Konstrüksiyonu (yaz. F.Koenigsberger - Çev : Doç. Mehmet Nimet Özdaş - 1956)
- 4 - Teknik Fizik - Schmidel - Süss - Çev : Prof.Dr.Mustafa Santur - Bedi Ilgım - 1958
- 5 - Welding Procedure Laboratory (Hobart Brothers Technical Center)
- 6 - Metal Handbook - Welding and Brazing vol. 6
- 7 - Modern Welding Technology (Howard B.Cary - 1979)
- 8 - Welding Handbook (The Welding Handbook Committee - Sixth Edition - Section one 1968)
- 9 - The Welding Encyclopedia (Sixteenth Edition - 1968 - T.B.Jefferson)
- 10 - Procedure Handbook of Arc Welding, Design and Practice (Eleventh Edition - The Lincoln Electric Company - 1964)
- 11 - Modern Welding (Andrew D.Althouse - Carl H.Turnouist - William A.Bowditch - 1980)
- 12 - Kaynak Teknikleri Notları Kasım Adsan (Segem)
- 13 - Oerlikon 1977 Kaynak Semineri notları.
- 14 - Böhler 1973 Kaynak Semineri notları.
- 15 - SEGEM 1979 Kaynak Semineri notları.
- 16 - Makina Elemanları (Şefik Okday - 1959)
- 17 - Grafostatik ve Mukavemet - Ord.Prof.Dr.Hilmi İleri - 1964)
- 18 - Cisimlerin Mukavemeti - M. İnan
- 19 - Statik - II - Yaz. Müh. Mehmet Ünal
- 20 - Kaynak Sanatı - Oerlikon - Yıl : 1977 Sayı : 6
- 21 - The CO₂ - Welding Process (Nils Erik Adersen - ESAB - 1977)
- 22 - Elektrik Kaynağı Kasım Adsan M.E.B. Yayını
- 23 - Hobart Yayınları
- 24 - TIG, MIG ve TOZALTI Kaynakları Kasım Adsan, As Elektrodları Yayınları
- 25 - Messer Griseim Yayınları
- 26 - As Elektrodları Kataloğu
- 27 - Elektrod Sarfiyat Çizelgeleri - Oerlikon - 1973
- 28 - M.E.B. Mesleki ve Teknik Öğretim Dergisi Sayı : 1978/306 - (Kaynak Teknolojisi - Mehmet Temel)
- 29 - Welding Equipment ESAB

Oksijen (19)
Oksijenle kesme (145 - 155)
Oksi - arkla kesme (158 - 159)
Oksi - gaz kaynak maliyeti (282)
Otomatik dairesel kesme (152)
Otomatik kesme (150 - 152)
Otomatik ateşleyici (153)
Ön ısıtma alevi (154)

Ok ve referans çizgilerinin konumu (232 - 234)
Otomatik karbondioksit kaynağı (57)
Otomatik toz altı kaynağı (70)
Otomatik toz toplayıcısı (73)
Ön ısıtma sıcaklığı (154)
Örtülü elektrodla kesme (157 - 158)
Örtü kalınlığı işareti (227)

— P, R, S, Ş —

Plazma (96)
Plazma akı (96 - 97)
Plazma kaynak üniteleri (100)
Plastik şekil değişikliği (107)
Plazma arkı ile kesme (160)
Plazma torçları (160)
Pozisyon işaretleri (232 - 233)
Püskürtme geçişi (51 - 52)
Referans çizgisi (232 - 234)
Röntgen kontrolü (169 - 173)
Saplama kaynağı (135 - 140)
Sabun köpüğü ile kontrol (174)

Sembolleri gösterme metodu (232)
Sembollerin konumu (A ve E metodu) (233 - 235)
Sembol ve işaretlerin uygulaması (242 - 243)
Sertlik kontrolü (179 - 180)
Ses hızları (168 - 169)
Soğuk kaynak (141 - 142)
Soğuk tel kaynağı (142)
Su soğutmalı torç (54)
Sürtünme kaynağı (127 - 135)

— T —

TİG kaynak üniteleri (23)
TİG kaynak elektrodları (25)
TİG kaynak torçu (28)
TİG kaynağında akım başlatma (30)
TİG kaynağında kutup seçimi (30 - 31)
TİG kaynağı elektrod ve telleri (31)
TİG kaynak pensleri (35 - 36)
TİG ile kesme (159)

Tel besleme (49)
Tel ağırlıkları (273 - 274)
Toplam kaynak zamanı (264)
Toz altı kaynağı (66 - 83)
Toz bileşim elemanları
Toz altı kaynak maliyeti (75 - 76)

— U, Ü —

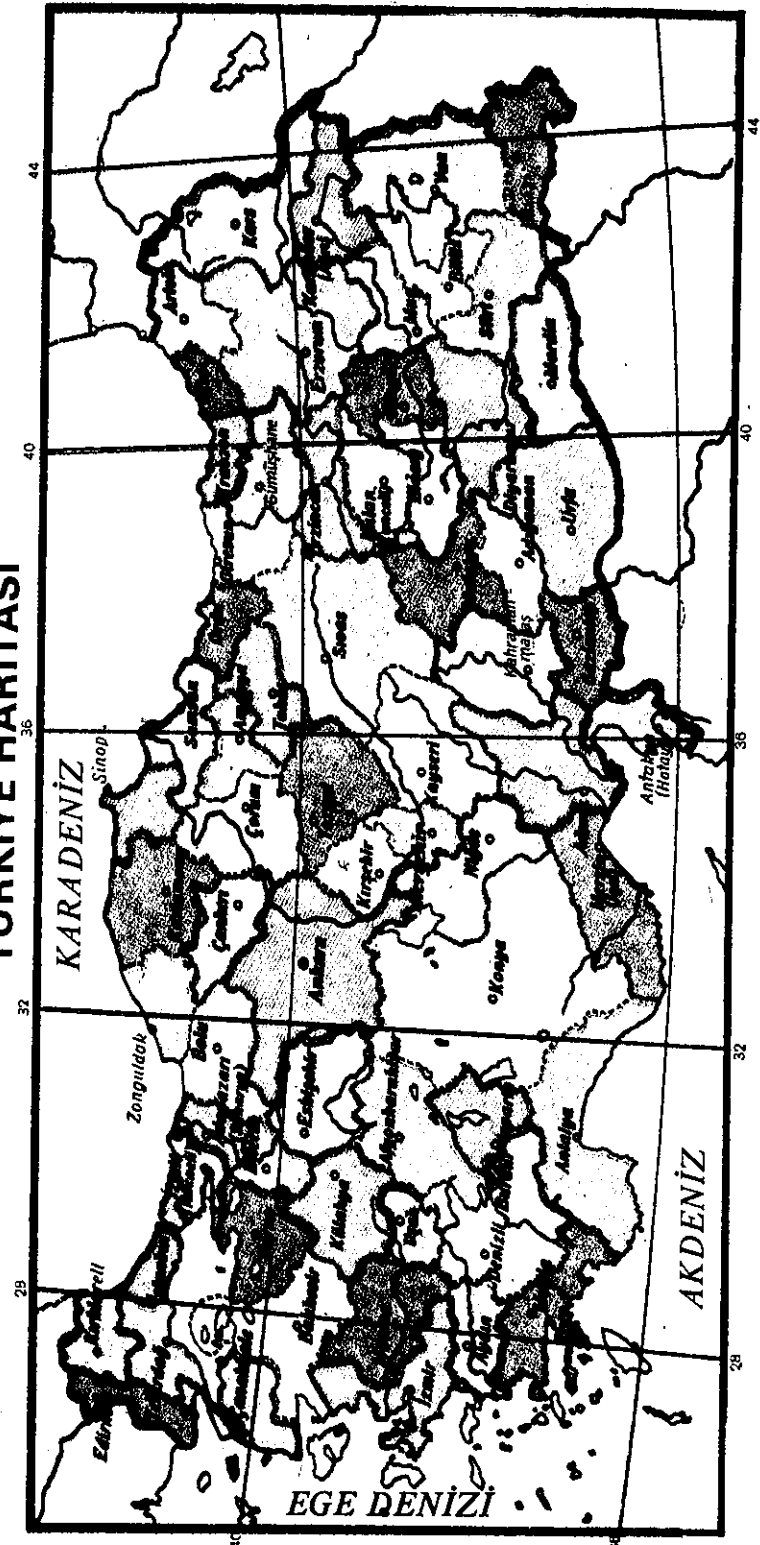
Ultrasonik kaynak (105 - 113)
Ultrasonik kaynak elemanları (110)
Ultrasonik kaynak makineleri (112)
Ultrasonik kontrol (167 - 168)

Uzama miktarı (190 - 192)
Üfleç kesitleri (146)
Üfleç memesi (146)

— V, Y, Z —

Otomatik kaynaklarda maliyet hesapları (273)
Yüksek frekans akımı (105 - 107)
Yükleme durumları (198 - 199)
Yüzey dolgu (102 - 103)
Yüzeyde oluşan kesme pürüzleri (150)
Zaman faktörleri (262)

TÜRKİYE HARİTASI



ÖĞRETMEN MARŞI

Alnımızda bilgilerden bir çelenk,
Nura doğru can atan Türk genciyiz.
Yeryüzünde yoktur, olmaz Türk'e denk;
Korku bilmez soyumuz.

Şanlı yurdum, her bucağın şanla dolsun;
Yurdum, seni yüceltmeye andlar olsun.

Candan açtık cehle karşı bir savaş,
Ey bu yolda and içen genç arkadaş!
Öğren, öğret halka hakkı, gürle coş;
Durma durma koş.

Şanlı yurdum, her bucağın şanla dolsun;
Yurdum, seni yüceltmeye andlar olsun.

İsmail Hikmet ERTAYLAN