

ÖZLÜ TEL ELEKTRODLA BİRLEŞTİRME VE DOLGU KAYNAKLARI

GİRİŞ VE TANIMLAMA

Her yeni teknik, endüstrinin bir gereksinmesinden doğar. Günümüzde örtülü çubuk elektrodlar, teknolojik gerekleri büyük ölçüde karşılayacak duruma erişmiş olmakla birlikte, üzerlerindeki toz örtü dolayısıyla bobin halinde sarılamadığından otomasyona geçme olanağı vermemektedirler. Esasen büyük ölçüde otomatik kaynak ihtiyacı, gaz altı kaynağının ortaya çıkış nedenlerinin başlıcası olmuştur.

Kaynak sırasında ana metal ve elektrot metalinde mevcut oksitlerle ergime sırasında ortaya çıkanların redüklenmesi, işlemin başarısının birinci koşuludur. Öbür yandan çelik, kitlesi içinde dağılmış ya da belli yerlerde toplanmış, kükürt ve fosfor gibi safiyeti bozan elementler içerir. Mekanik karakteristiklere zarar vermelerini önlemek üzere bunların yok edilmeleri veya dikiş içinde mümkün olduğu kadar homojen şekilde dağıtılmaları gerekir. Bu itibarla kaynak, bir arıtma işlemidir. Gaz koruması altında çıplak telli yarı – otomatik kaynaktaki, arıtıcı elementler sadece telde bulunur. Bu itibarla elektrot teli başlıca rolü oynar. Tel, aşağıdakilerden ibaret olan elementler içerecektir.

- Ana metalinkine mümkün olduğu kadar yakın bileşimde bir terkedilmiş kaynak metali elde etmek;
- Saf durumda bulunan ya da, bu gaz kullanıldığında, CO₂'nin ayrışmasından meydana çıkan oksijenin etkisini bertaraf etmek;
- Kaynak banyosunun desoksidi edilmesini sağlamak, yani sıvı metal içinde muhtemelen mevcut demir oksitlerinin karbon tarafından redüklenmesini önlemek;
- Kükürt ve fosforun toplanmasını önlemek üzere ergimiş metali artırmak.

Herhangi belli elementten yana terkedilmiş metalin nihai bileşimi, ana metal, karışma ve ergime sırasında bu metalden kaybolma miktarına bağlıdır. Böylece telde mevcut karbon, silisyum ve manganez, hiçbir zaman terk edilmiş kaynak metalinde tam olarak bulunmaz.

Oysa ki örtülü çubuk elektrodun örtüsü, bu temel işlevlerin dışında, bunlardan hiç de daha az önemli olmayan, şu işlevleri de yerine getirir:

- Kaynak banyosuna gerekli alaşım elementlerini getirmek;
- Hasıl ettiği cürufun viskozite ve yüzey gerilimi aracılığı ile, çeşitli pozisyonlarda kaynaktaki, kaynak dikişini tanzim etmek.

Kaldı ki bazı çelik türlerinin sertlik ve gevreklikleri dolayısıyla ince tel halinde çekilememesi nedeniyle, bunların MIG yöntemiyle kaynağı mümkün olamamaktadır. Ayrıca, bazı alaşımların tel haline getirilmeleri teknolojik bakımdan mümkünken, kullanılan miktarın azlığı nedeniyle haddelenmeleri ekonomik olmayabilir.

Teknolojinin otomatik kaynakta işte bu “açık”larını karşılamak üzere özlü tel elektrotlar meydana getirilmiştir.

Özlü telle kaynak yöntemi, esas itibariyle, MIG kaynağında olduğu gibi som tel elektrot yerine bir içi oyuk, boş bir tel elektrot kullanmaktan ibarettir. Bu tel, çubuk elektrotların örtüsüyle aynı işi gören bir toz dekapanla doludur; tozun işlevleri kaynak çevresini ionize etmek, kaynak banyosunu deokside etmek, kükürttten temizlemek ve koruyucu gaz ve cüruf hasil etmektir. Bunların dışında, terk edilen kaynak metaline istenilen bileşimi sağlayan toz halinde alaşım elementleri içerir.

Telin ergimesinden hasil olan gaz ve cüruf miktarı ergimiş halde ve soğuma sırasında metali çevre atmosferinin etkisine karşı korumasını sağlamada bazen yeterli olur. Bu takdirde, koruyucu gaza başvurmadan doğrudan açıkta çubuk elektrotla elle kaynakta olduğu gibi, kaynak edilir. Mamafih çoğu kez cüruf yetersiz kalır ve argon, karbondioksit veya bunların karışımı gibi bir koruyucu gazın kullanılması gerekli olur. Her iki halde de cüruf bir ısıl ekran rolünü oynayıp, çatlamalara neden olan çok hızlı bir soğumayı önler.

Bunların dışında özlü tel elektrotlarda toz dekapan, rutubete karşı iyi korunur, cüruf içinde aynen kalmayan tozun çok daha iyi kullanımı sağlanır.

ÖZLÜ TEL TIPLERİ

Özlü teller, tozun (ağırlık olarak) oranı ve bu tozun cinsine göre sınıflandırılırlar. Kullanılacakları yerlere ve imal sürecine göre özlü teller % 13 ile 50 toz içerirler. Bu toz genellikle bazik, asit veya rutil tipten olur ve yumuşak, yarı-sert, sert, alçak ve yüksek alaşımlı her tür çeliğin kaynağı için özlü tel mevcuttur; desoksidan elementlerin oranını uygun düzeyde tutarak paslı saclar üzerinde de mükemmel kaynaklar elde etmek mümkündür.

Korozyon ve abrazyon veya sürtünme aşınmasına karşı (sert ve yumuşak) değişik dolgu tipleri için geniş bir çeşit yelpazesi mevcut olup dolgu, yöntemin başlıca alanı olmaktadır.

Bütün bu tel çeşitleri, genellikle CO₂, daha seyrek olarak Ar+CO₂ karışımı bir koruyucu gazla birlikte kullanılır.

DOLGU ORANI

$$\gamma = \frac{m_t}{m_T} \cdot 100 = \frac{m_T - m_z}{m_T} \cdot 100$$

Dolgu oranı, özlü tel elektrot içinde gaz ve cüruf oluşturuçular ve alaşım elementlerinin oranını ifade eder. Çoğu kez de toz yüzey alanı oranı bu anlamda verilmekte ise de bu, özlü tel elektrodu karakterize etmeye yetmeyecek kadar Gram olarak γ dolgu oranı, tozun kitlesinin metalik dış zarf kitlesine oranını ifade eder:

Burada m_t , belli bir özlü tel uzunluğunun dekapan tozunun gr olarak kütlesi; m_T , bu aynı uzunlukta özlü telin ağırlığı; m_z de bunun dış metalik zarfının ağırlığıdır.

$$\gamma = \frac{m_t}{m_T} = \frac{1}{1 + \left(\frac{a_z}{a_t}\right) \cdot \left(\frac{\rho_z}{\rho_t}\right)} \cdot 100 \text{ dir.}$$

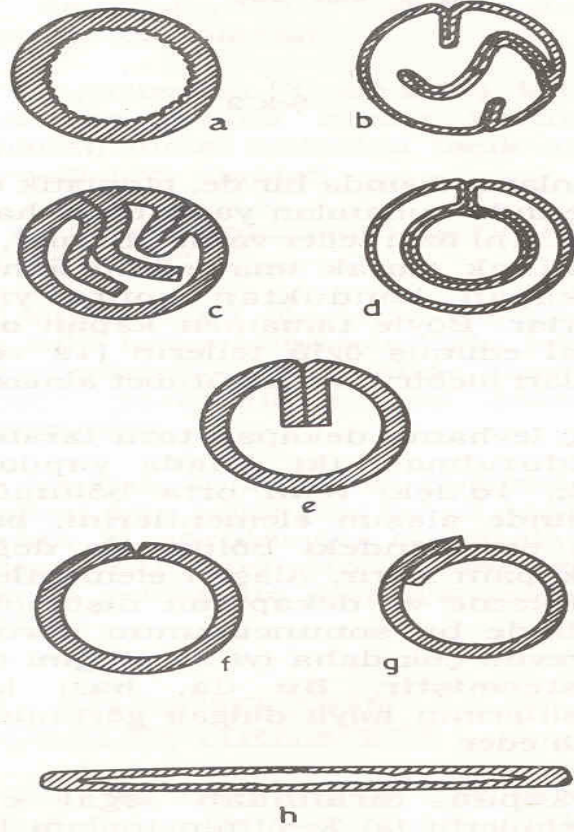
Bunun dışında, yeni alaşımların geliştirilmesinde kullanılacak değişik formüller ortaya atılmış olup bunlardan bir tanesi

Burada a_z , cm^2 olarak, zarfın kesit alanı; a_t , tozun kesit alanı; ρ_z gr/cm^3 olarak zarfın yoğunluğu; ρ_t tozun yoğunluğudur. Dekapan tozunun yoğunluğu Scotts volümetresiyle saptanır. Tane boyutu, yoğunluğu etkiler.

ÖZLÜ TELLERİN İMALİ

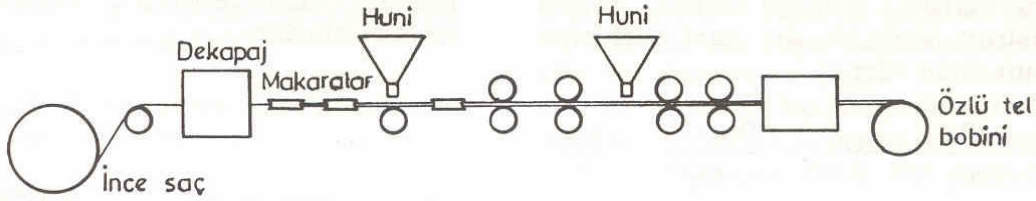
Özlü tellerin iki tür imal yöntemi vardır: Haddeden çekme ve art arda dizilmiş makaralar takımıyla şekillendirme.

Çekme teller, içi dekapan tozu ve/veya toz halinde alaşım elementi dolu bir silindirik taslaktan itibaren, birbiri ardından çekme işlemleriyle imal edilir. Nihai standard çapları (dış) $\phi 1,0/1,2/1,4/1,6/1,8/2,0/2,4/2,8/3,2/4,0/5,0$ mm dır. Oldukça yüksek bir ergime hızı tutturarak nispeten ince parçaları kaynak etmek için $\phi 1,0$ mm'ye kadar inilir. Otomatik makineler dışında $\phi 2,4$ den büyük çaplar az kullanılır. Kesitte çekme teller şek 1a'daki görünümde olurlar.



Şek 1

Kıvrık adı verilen bütün öbür teller, Şek-2'de şematik olarak görülen bir şekillendirme tesisinde bir saç levhadan itibaren imal edilir. İmalatçının tasarımına göre saçın kıvrılma şekilleri az veya çok çarpışık olup şek. 1b ile 1g'de görülen kesitlerde teller elde edilir.



Şek. 2

Bunların dışında bir de, otomatik dolgu işlerinde kullanılan yassı bant halinde (şek. 1h) özlü teller vardır. Bunlar, önce yuvarlak olarak imal edilip içine toz dekapan konduktan sonra yassıdır. Böyle tamamen kapalı olarak imal edilmiş özlü tellerin (1a ve 1h) tozları hiçbir surette rutubet almaz.

Saç levhanın dekapan tozu tarafından doldurulması iki defada yapılabilir: Şek. 1d'deki telin orta bölümü toz halinde alaşım elementlerini, bunun dış çevresindeki bölüm de doğruca dekapanı içerir. Alaşım elementlerinin merkezde ve dekapanın dışta olması halinde bu

sonucusunun koruyucu görevini çok daha iyi ifa ettiğini deney göstermiştir. Bu da, bazı kıvrık kesitlerinin hayli dalgalı görünümünü izah eder.

Dekapan tarafından işgal edilen hacimlerin (a) kesitinin toplam kesite oranı genellikle %13 ile %50 arasında değişir; bu sonuncu değere, kendi kendini koruyan, yani gaz korumasına gerek göstermeyen tellerde varılır. Öbür tellerde iyi bir ortalama %38 olup çekme teller nadiren, bu rakama varırlar.

Özlu tellerin yüzeyleri bakırlanmamış olup bunların muhafazası dolu tellerinkine göre çok daha büyük önlemleri gerektirir. Mamafih son yıllarda, özellikle penşelerin çıkış memelerini korumak amacıyla teller dekape edilip bakırlanmaktadır.

Özetleyecek olursak denebilir ki özlu tel, birbirini tamamlayan iki gereksinmenin baskısından doğmuştur:

- a- Kaynak yöntemlerini otomatikleştirmek
- b- Otomatik ya da yarı-otomatik kaynak yöntemlerini, terk edilmiş kaynak metallerinin bileşim ve karakteristiklerini, çeşitleme olanağını sağlayan basit ve emin araçlarla donatmak.

Bir kaynak yönteminin otomatikleştirilmesine bağlı prodüktivite artışı başlıca iki etmenin sonucudur:

- Bir sürekli telin açılmasıyla metal bağlanması
- Yüksek kaynak akım şiddetlerinin kullanılması; bu da ancak akımın tele ark'a yakın mesafede getirilmesiyle mümkündür.

Gerçekten çubuk elektrodun sınırlamalarından biri, pense içinde elektriksel temas noktasıyla elektrodun ucu arasındaki uzun ve değişken mesafedir. Elektriksel temas noktasıyla elektrodun ucu arasındaki uzun ve değişken mesafedir. Elektriksel direnç ısınması dolayısıyla kullanılabilir akım şiddeti ister istemez sınırlanmaktadır. Yüksek kaynak metali terk etme hızlarına götürebilecek yüksek akım şiddetleri, uzunca bir telden geçerken, örtüyü bozabilecek ısınmalar hasıl eder. Buna karşılık, özlu tellerde olduğu gibi elektriksel temasın arka yakın olması halinde, küçük çaplı elektrot telleriyle bile göreceli olarak yüksek akım şiddetleri kullanılabilir (şek. 35'e bkz).

Elle örtülü çubuk elektrotla kaynağın yerini yarı-otomatik süreçlerin alması durumunda, daha yüksek metal terk etme miktarı, otomatik tel beslenmesi ve elektrot değiştirmenin ortadan kalkmasıyla süreden kazanç (kocanların atılması ayrıca bir kayıptır), %50'ye yakın bir kaynak maliyeti azalmasına götürür.

Tozatlı kaynağı, ve haydi haydi gaz altı kaynağı, sadece dolu tellerle kullanıldıkları sürece bir “genellik eksikliği” diye nitelenebilecek bir durum arz ederler şöyle ki:

Sadece haddeden çekilebilen dolu tellerin bulunabilmesi, terk edilmesi mümkün metal birleşimlerine sınırlamalar getirmektedir.

Özlu telin ortaya çıkışı soruna, birleştirme kaynağında olduğu kadar dolgu kaynağında da sade, basit bir çözüm getirmiştir.

Bu ikinci alanda, “açık ark” varyantında kullanılan özlu tel ayrıca yeni ufuklar açmıştır. Göreceğiz bunları aşağıda.

ÖZLÜ TELİN PRENSİBİ

Telin ortasındaki toz madeni elementlerle metalik elementlerden oluşmuştur.

- Madeni elementler, ergitici – cüruf oluşturucu, ark düzenleyici (stabilizatörü) ve teknolojik ve bazen de metalürjik roller gibi değişik işlevler yüklenmişlerdir.
- Metalik elementler, durumlara göre, oksitten temizleme, azotun tespiti (stabilizasyonu) ve çoğu kez de çeşitli alaşım elementinin ithaline yöneliktirler.

Döneceğiz bu konuya.

Özlu teller üç büyük sınıfa ayrılabilir:

- a- “S” ile gösterilen (“Submerged”), toz altı arkı için olanlar.
- b- “G” ile gösterilen (“Gas”), gaz altı kaynağı için olanlar.
- c- “O” ile gösterilen (“Open ark”), kendi tozundan başka hiçbir koruma olmadan metal terk eden “açık ark” kaynağı için olanlar.

AWS sınıflandırmalarının ayrıntıları sonda verilecektir.

Hangi sınıfa dahil olurlarsa olsunlar, bütün özlu teller tamamen dolu teller gibi görünürler. Aynı şekilde taşınıp işlenirler, yani hiçbir özel önlemi gerektirmezler.

Klasik kaynak donanım ve makineleri özlu telleri dolu teller gibi kabul ederler şu farkla ki sürükleyici makaraların profilleri, özlu tellerin ezilmelerini önleyecek şekildedir. Konuya aşağıda döneceğiz.

ÖZEL BİLEŞİMLERİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Belli bir tel bileşiminin gerçekleştirilmesi için üç değişken dikkat nazara alınacaktır:

- a- Saç bandın cinsi.
- b- Dolgu tozunun cinsi.
- c- Bitmiş tele göre dolgu oranı.

Bu üç değişken üzerinde oynayarak çok değişik birleşimler gerçekleştirilebilir:

- Prensipten itibaren herhangi haddelenebilir bir metal banddan hareket edilebilir ancak bunun yoğurulma ile aşırı ölçüde sertleşmeyen cinsten olması şarttır.
- Pratik olarak dolgu tozu herhangi bir türlü terkip edilebilir.
- Saç bandın ölçüleri ve tozların izafi yoğunluğu ile oynayarak doldurma katsayısı geniş sınırlar içinde değiştirilebilir.

Açıklayıcı iki örnek olarak, özlü tele başvurularak elde edilmiş iki uç bileşimi verelim:

- bir yumuşak çelik bant levhadan hareketle 4,0C – 4,0Mn – 30Cr.
- bir nikel bant levhadan hareketle 0,5C-3Si-3B-15Cr-75Ni

Terk edilen kaynak metalinin bileşimi tellerle dekapanlar, tellerle koruyucu gaz veya yine “açık ark” tipindeki tellerde bunlarla atmosfer arasındaki muhtemel reaksiyonların bir fonksiyonu olmaktadır.

BİLEŞİMLERİN TEKRARLANABİLİRLİĞİ

Kesin olarak değerlendirebilmek için teller, aynı bir imalat çerçevesi içinde ve bir imalattan öbürüne mükemmelen sabit (değişmez) bir bileşim arz etmelidirler.

Mükemmel bir bileşim tekrarlanabilirliği, ancak aşağıdaki önlemlerin alınmasıyla mümkün olabilir:

- a- Ham maddelerin cins ve yapısal ve granülometrik karakteristiklerinin özenle seçimi.
- b- Saç bantların ölçülerinin sürekli sıkı denetimi.
- c- İşlenme koşullarının sürekli sıkı denetimi : tartılar, karışımların homojenleştirilmeleri, saç bandın tamburdan açılma ve tozların akma hızı vb. ...

Deneyin doğruladığı gibi, sıradan imalatta, bileşimi aşağıdaki toleranslar içinde kalan teller elde edilmektedir:

doldurmada +,- %1 ile 2

bitmiş telde +,- %3 ile 5

Kullanıcı için bu sonuncu sınırlar anlam taşır. Örneğin bir ortalama 5Cr ve 0,5 Mo tel bileşimi için %3 alt sınır, %4,85 ile 5,15 Cr ve %0,485 ile 0,515 Mo bileşim sapmalarına; %5 üst sınır ise %4,75 ile 5,25 Cr ve 0,475 ile 0,525 Mo bileşim sapmalarına tekabül eder.

ÖZLÜ TELLERİN BAŞLICA AVANTAJLARI

1. EKONOMİK DÜZEYDE

Özlu telin avantajı, tekabül eden dolu telin bulunmadığı hallerde hemen belirir ki bu, özellikle dolgu alanında, çok sık görülür.

Bu avantaj, tekabül eden telin haddeden çekilmesinin zor olduğu bileşimlerde de yine çok belirgindir. Örneğin bakırlı çeliklerde ya da istenilen bileşimin çok kullanılan bir bileşim olmayıp buna az miktarlarda ihtiyaç duyulması ve dolayısıyla çelikhanede imalının rantabl olmadığı teller için yine özlu tel rakipsiz olarak ortaya çıkar.

2. TEKNİK DÜZEYDE

Özlu teller aşağıdaki işlemlere kolaylıkla yatkınlık gösterirler.

- a- Bileşimleri, tek bir dekapanla terk etmenin mümkün olacağı şekilde etüt edilmiş tam bir tel yelpazesinin meydana getirilmesi
- b- Çeşitli alaşım elementleri oranının tekabül eden dolu tellerde, genellikle kabul edilenlerden daha dar sınırlar içinde tutulan tellerin meydana getirilmesi. Özlu tellerin bileşim sapma sınırları yukarıda verilmişti.

3. TEKNOLOJİK DÜZEYDE

a. Karışma Düzeyi

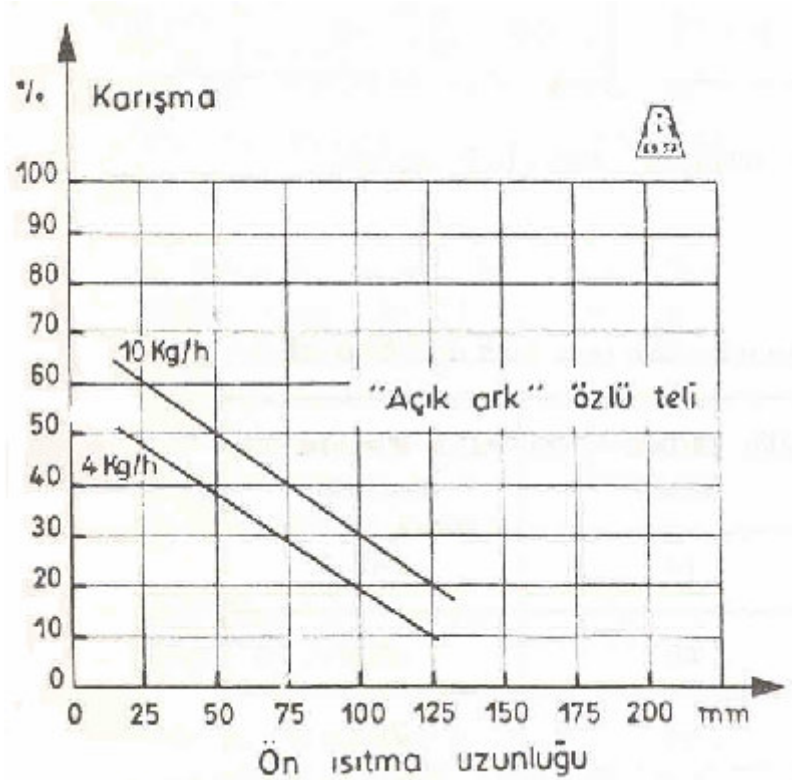
Aynı çalışma koşulları altında ve özellikle toz altı kaynağında özlu, aynı çapta bir dolu tele göre daha az nüfuziyet arz eder. Bu, Joule etkisiyle özlu telin göbeği ısıtılmayıp soğuk

kalmayısıyla, ergime banyosunun sıcaklık azalmasıyla izah edilir. Bunun dolguda kesin bir yarar sağladığı açıktır.

Ergime banyosunun nüfuziyeti (penetrasyonu), ayrıca, telin “serbest uzunluğu”, başka deyimle “ön ısıtılma uzunluğu” tarafından etkilenmektedir. Keyfiyet şek. 3’de görülür.

b. Metal Terketme Hızı

Aşağıdaki tablo “S”, “G” ve “O” tiplerinden özlü tellerin kaynak metali terk etme



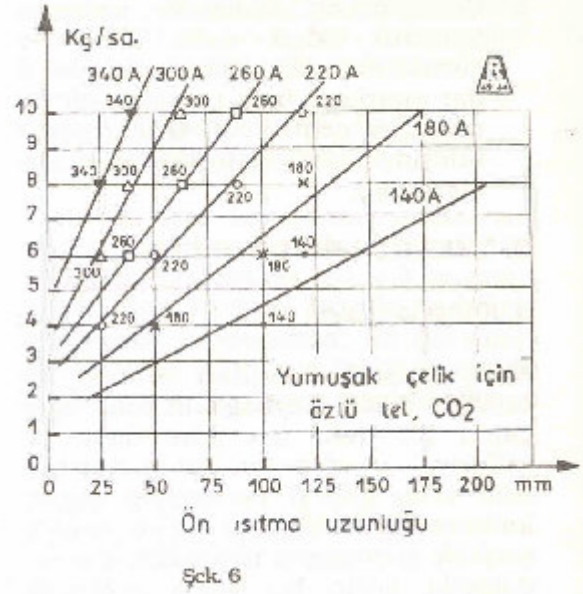
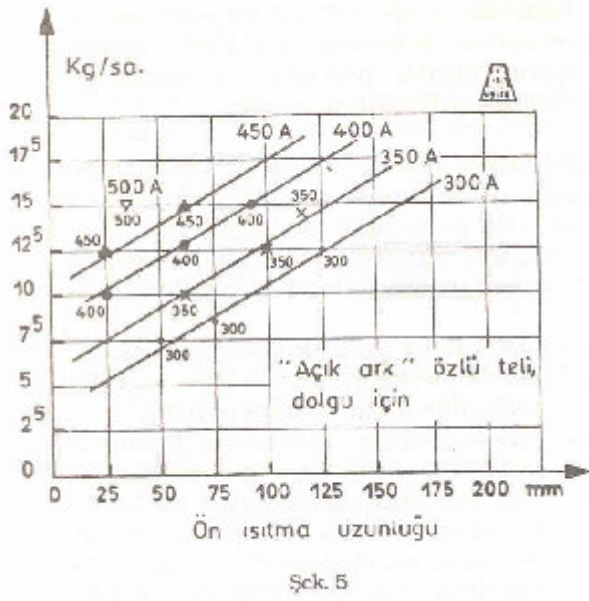
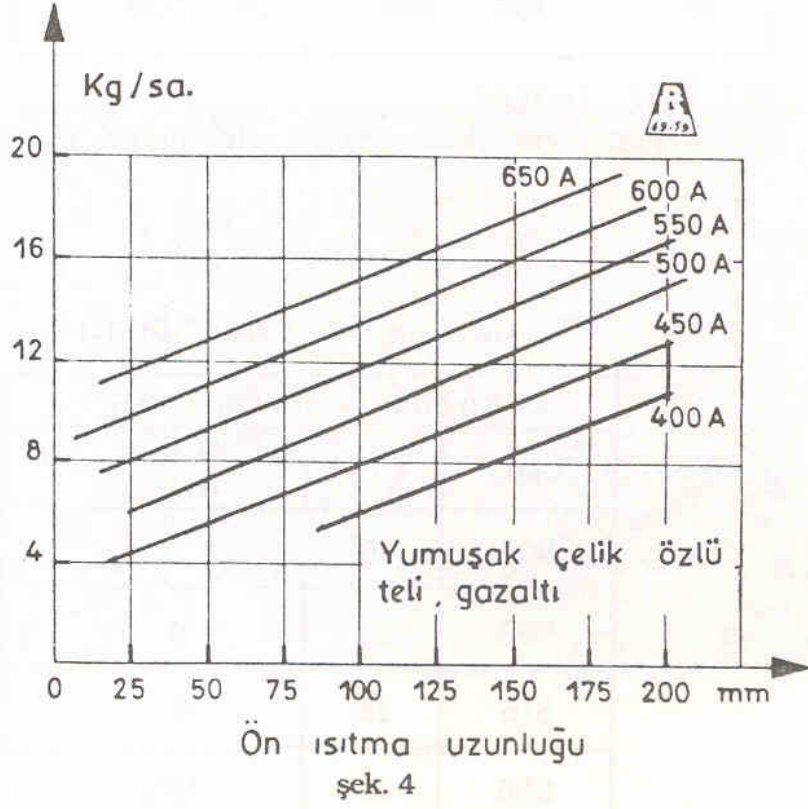
Şek. 3

hızlarına ait bazı verileri içerir; bunlar pratikte sık rastlanan uygulama koşulları içindir.

Sırasıyla toz altı kaynağı, “açık ark” kaynağı ve gaz altı kaynağı için şek. 4, 5 ve 6’da görüldüğü gibi kaynak metali terk etme hızları ön ısıtma yüksekliği tarafından kuvvetle etkilenmektedir.

- Ön ısıtma yüksekliğinin etkisi “S” tellerine göre “G” ve “O” tellerinde daha belirgin olduğu;
- “O” tellerinde kullanılan ön ısıtma yüksekliklerinin genelde 100 ile 150 mm mertebesinde olduğu, o ise ki “G” tellerinde bunun maksimum 30 ile 40 mm mertebesinde değerlerde tutulmasının gerektiği (aşağıdaki tabloya bkz.) kaydedilecektir. Bu sonucusu özellikle, daha büyük bir ön ısıtma yüksekliğinin gaz korunması homojenliğini bozması nedeniyledir.

“Açık ark” tipinde bir özlü telin olanaklarını gösterebilmek için aşağıdaki tabloda kır döküm terk eden bir telin kaynak parametreleri ve bunlara tekabül eden metal terk etme hızları verilmiştir.



İel tipi	Akım şiddetleri (A)	Ön ısıtma yüks. (mm)	Metal terketme hızı. kg/sa.	Ort. akım (A)	Ort. ön ısıtma yüks. (mm)	Ort. metal terk hızı kg/sa.
S	400 - 650	25 - (100)(*)	6 - 12	500	30	8
G	150 - 350	15 - (100)(*)	3 - 8	250	25	5,5
O	300 - 500	25 - 200	5 - 12	350	50	7,5

(*) Özel tertiple

Kıyaslamak için: Örtülü elektrodla metal terketme hızı: 1-2 kg/sa.

Metal terketme hızı. "Kır döküm" tipinde $\phi 2,8$ mm "açık ark" özlü İeli

Kaynak parametreleri			İelin serbest yüks. (mm)	Metal terketme hızı (kg/sa.)
I (A)	V (V)	İel ilerleme hızı m/min.		
500	36	7	40	12
580	38	9	40	17,2
615	38	10	65	20
650	40	13,5	65	26

“AÇIK ARK” ÖZLÜ TELLERİN ÖZEL AVANTAJLARI

1. METALÜRJİK DÜZEYDE

a. Atmosferin İçinde Kaynağın Etkisi

Dolgu kaynaklarının çoğunluğunda “açık ark” tekniğinin kullanımı yadsınamaz bir metalürjik avantaj arz eder.

Kaynak sırasında bu teknikle, terk edilen metale önemli miktarda azot ithal edilir. Bu azot doğruca atmosferden gelir.

Metalürjik açıdan karbonla azotun davranışları birbirininkine çok yakındır.

Bunlardan ilki karbürler, öbürleri de nitrürler oluşturma kabiliyeti olup dolgu hallerinin çoğunluğunda özenle seçilmiş bazı elementlerin nitrür veya karbonitrürlerinin teşekkülü, terk edilen metallerin aşınmaya mukavemet karakteristiklerini iyileştirmeye yardımcı olur.

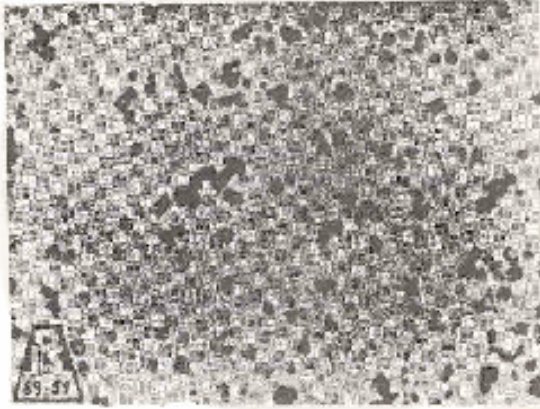
Bu bakımdan bir gaz koruma atmosferinin kullanılması dolgu alanında hiçbir surette zorunlu olmayan bir önlem olmaktadır. Şöyle ki terk edilen alaşımı, özelliklerini ıslah edebilecek olan bir ekonomik azot menbaından yoksun bırakmaktadır.

Ancak burada sorunun, genellikle sünekliğin arandığı birleştirme kaynağı için tamamen farklı olduğu hemen kaydedilecektir. Bu durumda, oksitler gibi cüruf tarafından yok edilmeyen nitrürlerin oluşması süneklik düzeyine ulaşma olanağını bırakmaz.

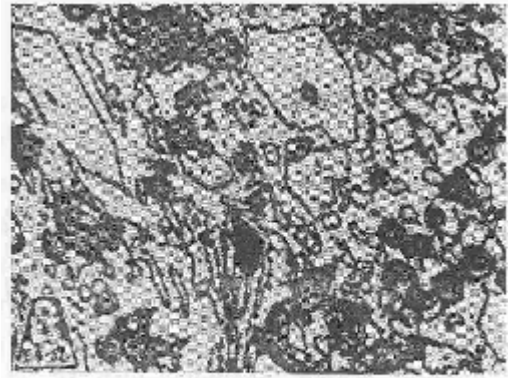
b. *Özel Karbür – Karbonitrür ve Nitrürlerin Oluşması*

Yukarda söylenenlerin ışığı altında dolgu “açık ark” özlü tellerini geliştirmek üzere alaşım elementi olarak titanium, sistematik olarak kullanılmıştır. Gerçekten titanium, sertlik bakımından ikinci sırada bulunan bir karbür oluşturma özelliğine sahiptir; bu karbür zirkonium karbüründen hemen sonra ve niobium ve tungsten karbüründen önce gelir.

Bunun azota karşı da eğilimi çok büyük olup bu sayede kolaylıkla karbonitrürlerle nitrürlerin oluşması sağlanabilir. Ayrıca titanium, şek. 7 ve 8’de görüldüğü gibi, yüksek sıcaklıkta uniform şekilde dağılmış, ince ve taneler arası şekilde çökelen karbonlu ve azotlu bileşikler oluşturmak özelliğini haizdir. Şek. 7, parlatılmış ama dağlanmamış bir numunede titanium karbür ve karbonitrürleri gösterir.



Şek. 7, x350



Şek. 8, x500

Şek. 8, aynı çökeltileri, aynı parlatılmış ve dağlanmış numunede gösterir. Titanium bileşiklerinin dışında, altı köşeli krom karbürlerinin belirlenmesi gözlenir.

Daha alçak sıcaklıkta tercihen tane sınırlarına çökelen Nb ve W karbürü alaşımlara göre Ti karbürü alaşımlar, taneler arası kırılma daha az hassastırlar. Örneğin ısıl darbelere maruz alaşımlar uygulamasında bu karakteristik çok önemli olmaktadır.

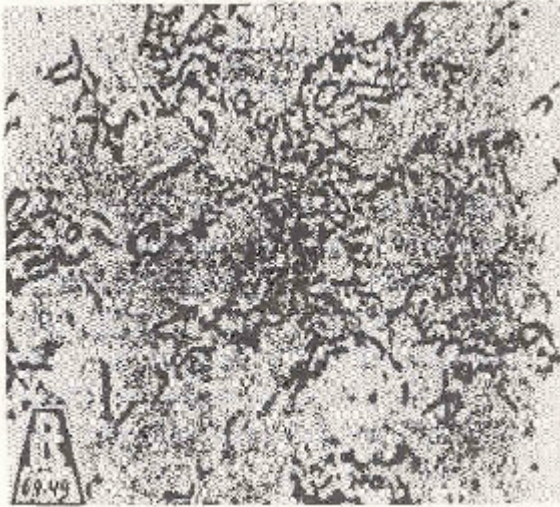
c. Özel Dokuların (strüktürlerin) Oluşması

Yüksek akım şiddeti altında ve yarı-otomatik işlem teknikleriyle “açık ark” tellerin kullanımına bağlı özel rejim, terk edilen bazı metallere, başka yöntemlerle mümkün olmayan özel dokular (strüktürler) sağlama olanağını verir. Bu, daha önce sözünü ettiğimiz kır döküm terk eden tellerin durumudur.

Şek. 9 ve 10, ön ısıtma olmadan terk edilmiş metal şeklinde böyle bir dökme demirin dokularını gösterir.

Şek. 10'da, x300 büyültmeyle, dağlanmamış bir numune üzerinde, belirlediği gibi dendritlerarası grafit lamelleri görülür.

Şek. 10, x1250 büyültmeyle bahis konusu dökme demirin grafit lamelleriyle perlitik tabanını gösterir.



Şek.9, x350



Şek. 10, x350

2. TEKNOLOJİK DÜZEYDE

a. Verim

Özgülük tellerin verimi yüksektir. Bu verim %86 ile 93 arasında olup bir çubuk elektrodunki kaynakçının elektrodu tam koçana kadar yakmada gösterdiği özene bağlı olarak %65 ile 70 dir. Yani 1 kg özgülük telle 860 ile 930 gr metal terk edilebilir.

Çubuk elektrodla özgülük elektrot arasındaki verim farkı başlıca cüruf hacminden doğar; bu hacim özgülük tellerde daha azdır.

b. Donanımın Basitliği

“O” tipi özgülük teller, herhangi bir doğru akım menbana kolaylıkla adapte edilebilen bir tel sürücü aracılığıyla kaynak eder; akım menbainın dış karakteristiği yatay da olabilir, “düşen” de olabilir.

Tel sürücüsünün motoru ark gerilimi tarafından tanzim edilir bu da, telin ilerleme hızının uyarlanmasını sağlar.

Kaynak üflecinin kendisi de çok basit bir tasarımın ürünüdür; ne su, ne de hava ile herhangi bir soğutma sürecine gerek göstermemesi ayrıca kaçak ve kısa-devre olasılıklarını bertaraf eder.

Bu donanımın basitliği, hafifliği, küçük hacmi ve sağlamliğı onun en zor koşullarda kullanılmasını sağlar: kötü hava koşullarında (şiddetli rüzgar) dışarıda kaynak; zırh plakaları, dişler, konkasör (kırıcı) silindir çekiçleri, vb... gibi zor sökülebilen ve ulaşılmaması güç parçaların oldukları yerde dolgusu.

Gerçekten özgülük tel için gerekli akım menbaları hiçbir bakımdan gaz altında dolu tellerle kaynakta kullanılanlardan herhangi bir fark arz etmezler. Bunlar sadece özgülük tellere özgülük verilere göre (başlıca akım şiddeti yoğunluğu) seçileceklerdir. Çok kullanılan bir ortalama tel çapı $\phi 2,4$ mm olup, %100 DKO (Devrede kalma oranı) altında bir 400 ile 500 A’lık maksimum kaynak akım şiddeti, makul bir talep olmaktadır.

Akım menbaları, sabit gerilimli (ya da yassı-düz karakteristikli) olacaklardır şöyle ki bu koşul, çeşitli pozisyonlarda kaynak için kaçınılmazdır. Bazı tellerle yerde yatay kaynak için, düşey karakteristikli ya da alternatif akımlı mümkün olmakla birlikte bu takdirde telin hızı arkın gerilimine bağlı olur. Kullanılan gerilimler 25 ile 35 V olup menba konvertisör grubu olabileceği gibi transformatör-redresör tipinden de olabilir.

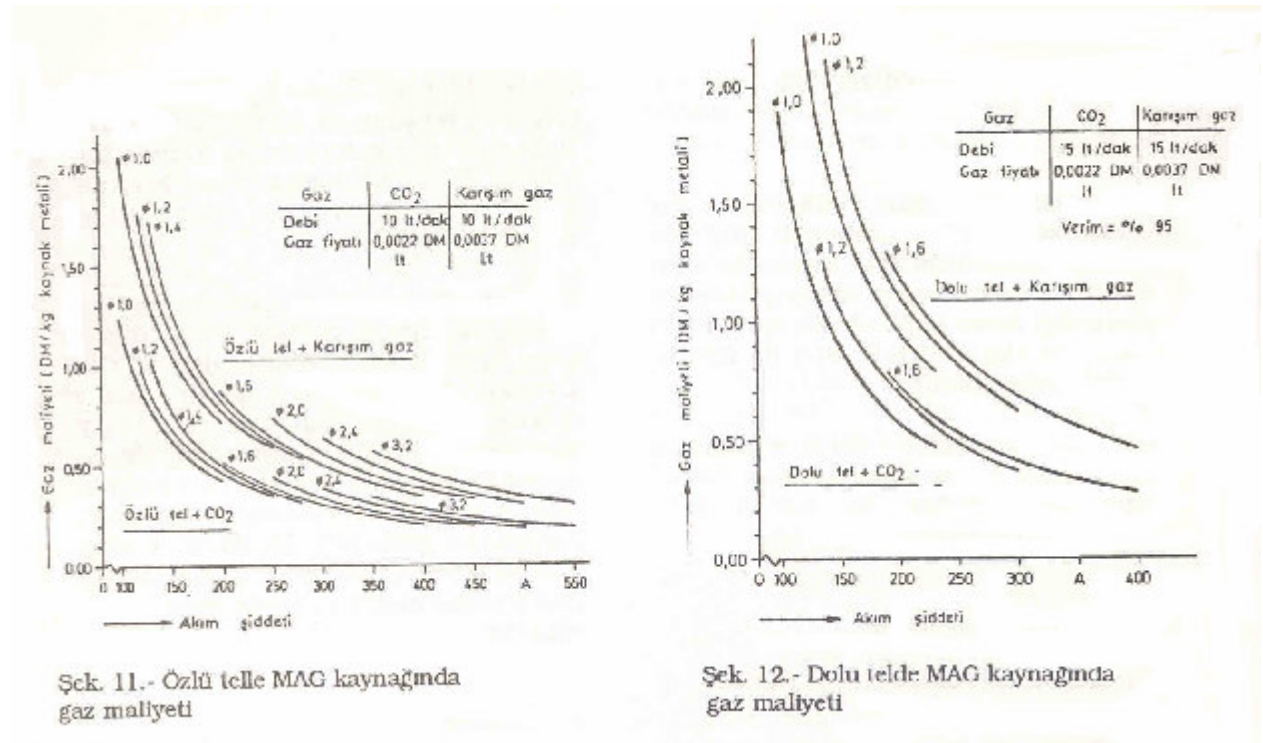
c. Çalışma Kolaylığı

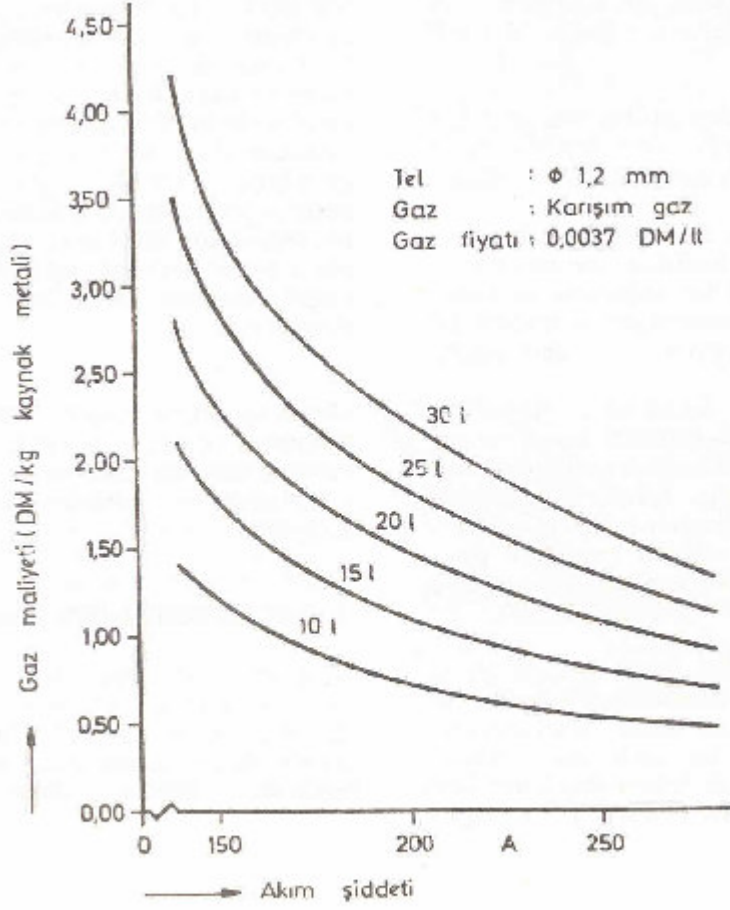
Bir koruyucu atmosferin kullanılması, kaynakçının ark uzunluğu, telin serbest yüksekliği ve üflecin yönlendirilmesini sürekli olarak denetlemesini gerektirir; o ise ki "O" tipinde özlü tellerde bu bakımlardan herhangi bir özel önlem gerekmez. Üflecin yönlendirilmesi sadece parçaya ulaşabilirlik ve kaynak banyosunun en rahat idaresine bağlı olup telin serbest yüksekliği, hiçbir engel olmadan, 20 ile 200 mm arasında değişebilir.

Metal terk etme hızı üzerinde rolünden bağımsız olarak önemli bir serbest yüksekliğin kullanılması, aşırı ölçüde ısınmasını ve püskürtmelerle ezilmesini önler.

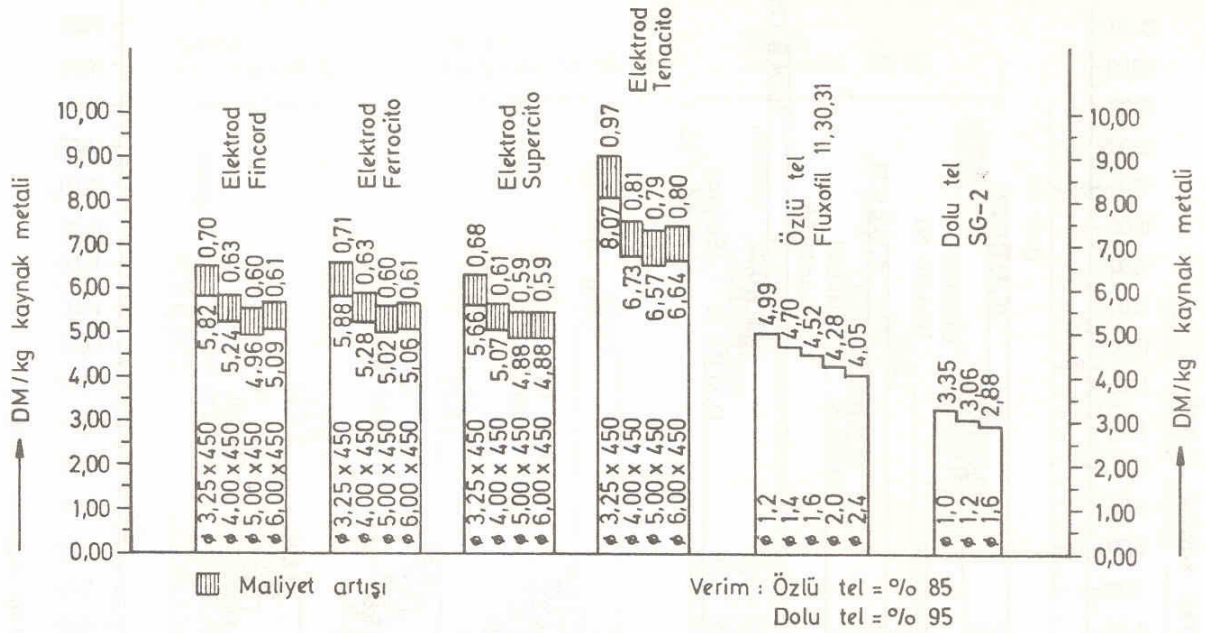
3. EKONOMİK DÜZEYDE

Genelde bir kaynak yönteminin ekonomikliğini sadece terk edilen metal maliyeti ile değerlendirmek bir temel hata olmaktadır şöyle ki bu takdirde bütün öbür ekonomik faktörleri, ezcümle kaynak ağzı açısı ve derinliği, cüruf temizleme işçiliği, elektrot verimi vb..., göz ardı edilmektedir. Gerçekten, aşağıda görüleceği gibi gaz altında özlü telle kaynakta kaynak ağzı açısı daha küçük, derinliği daha sığ (kök yüksekliği fazla) dır: bütün bunlar tel çapının inceliği, daha yüksek kaynak akım şiddetleri sayesinde mümkün olabilmektedir. Bunların dışında çok pasolu yatay tekne kaynaklarında, saç kalınlığına göre seçilmiş başlangıç akım şiddeti sonuna kadar muhafaza edilebilir.

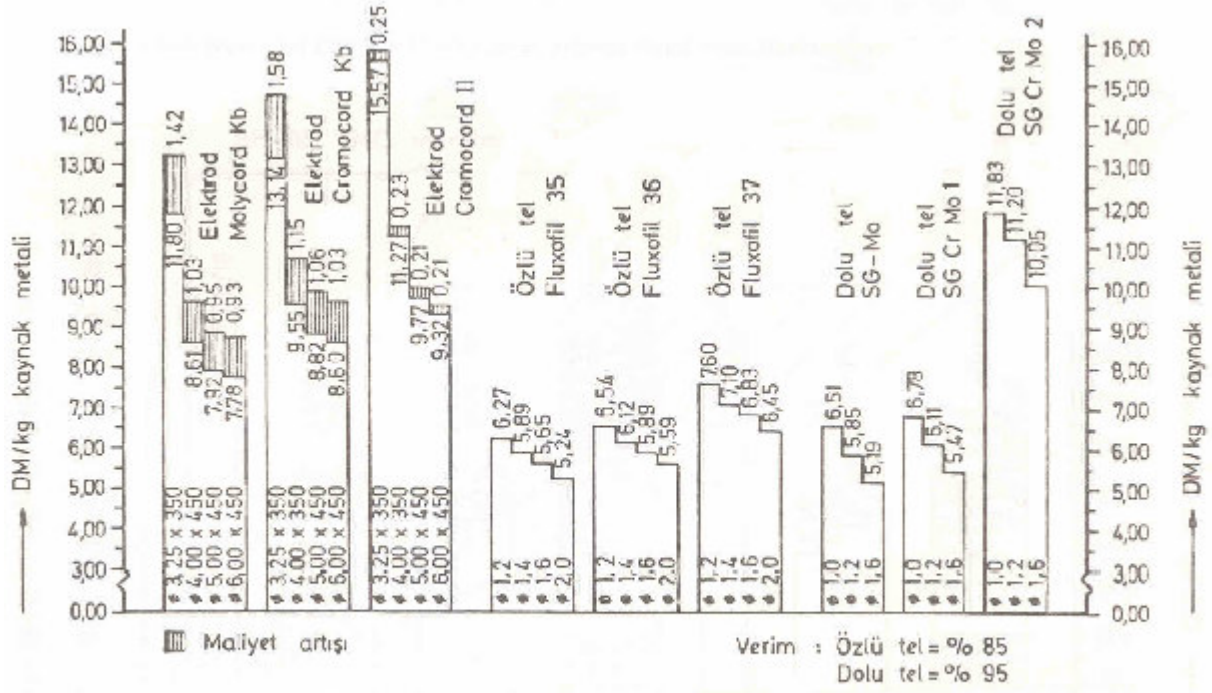




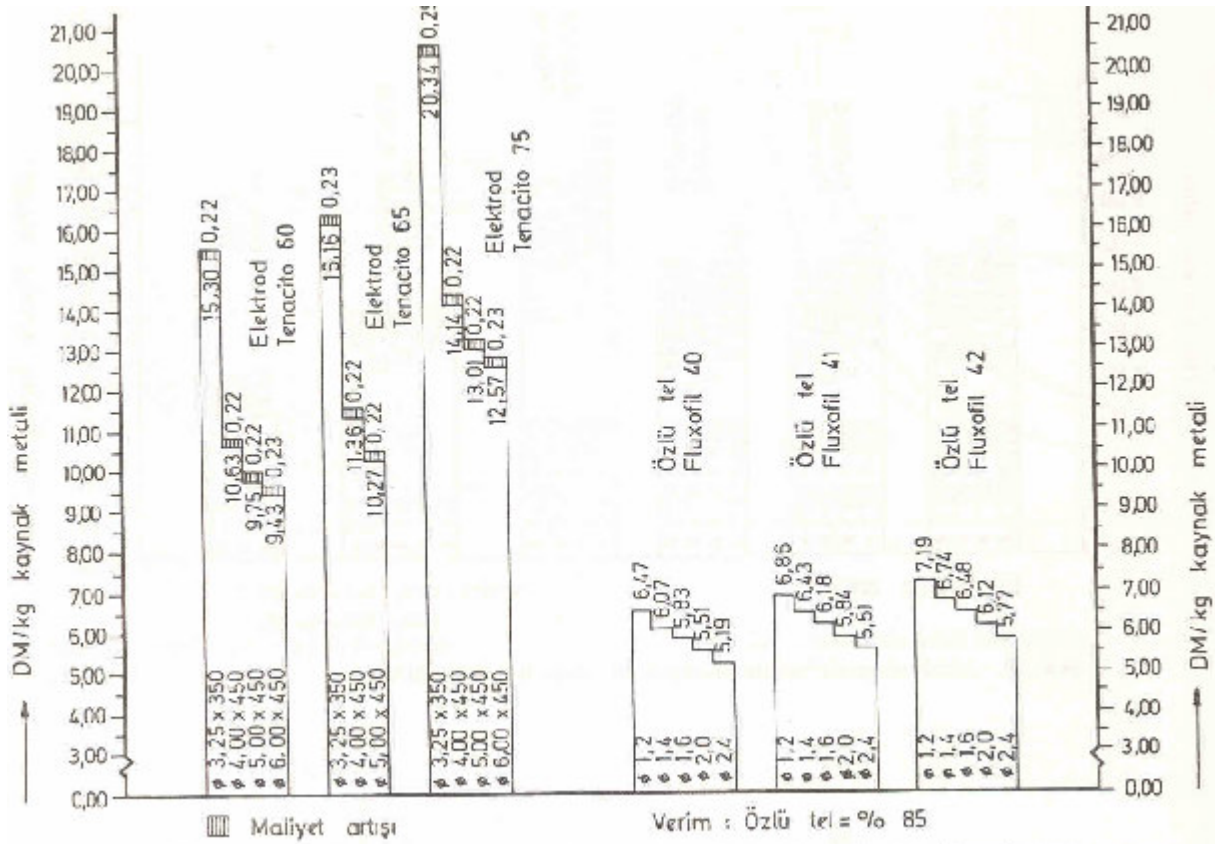
Şek. 13.- Debiye göre gaz maliyeti



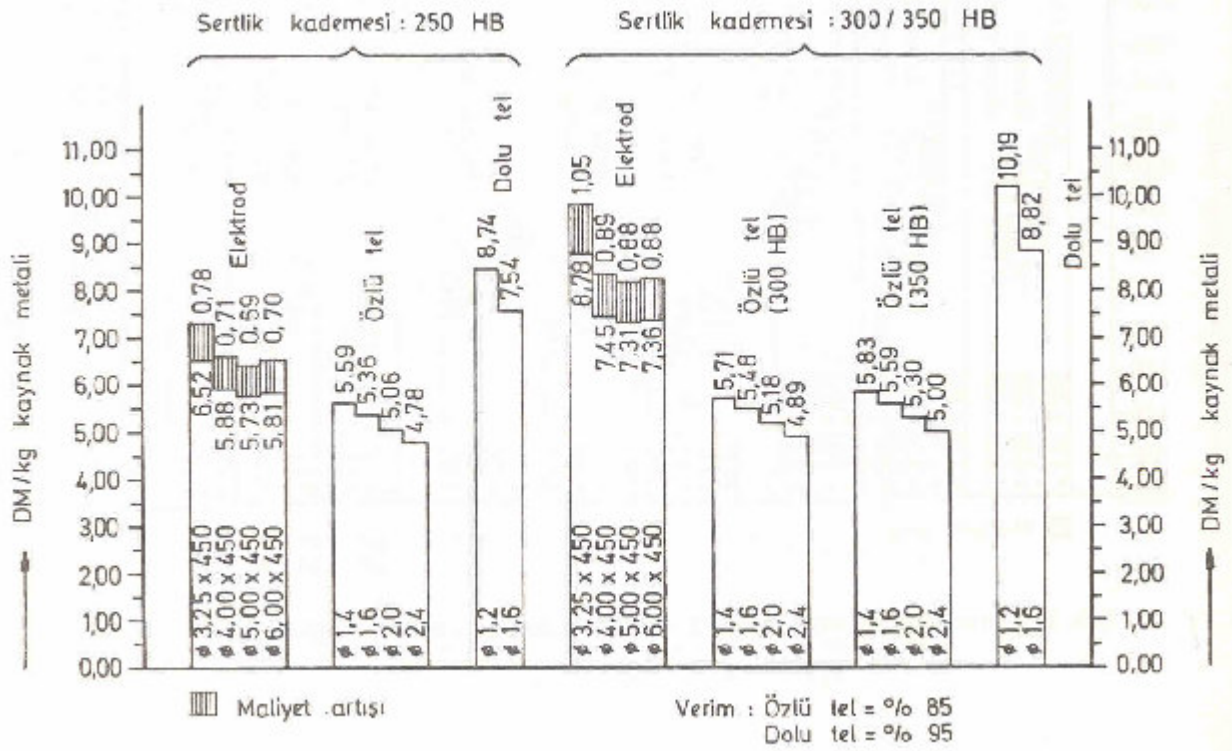
Şek. 14.- Alçak alaşımlı "örtülü el.- özlü tel - dolu tel" kıyaslaması



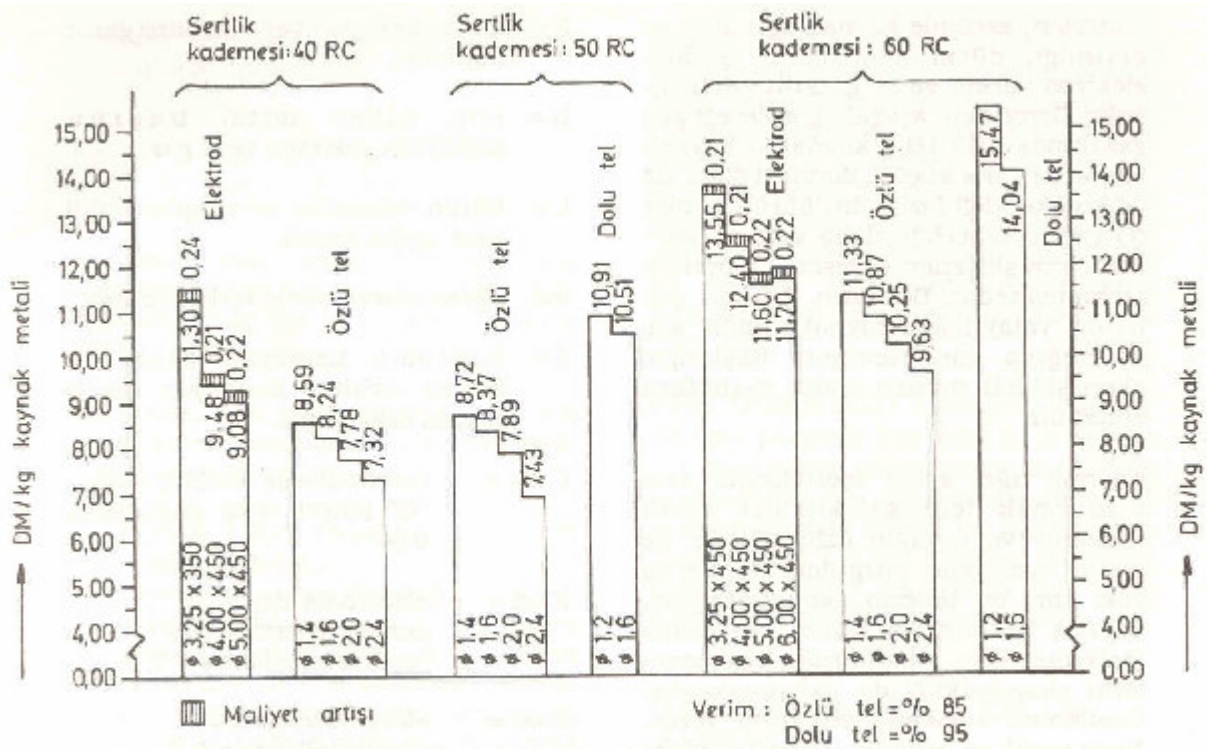
Şek. 15.- Orta alaşımli, ısıya dayanıklı "örtülü el. - özlü tel - dolu tel" kıyaslaması



Şek. 16.- Yüksek mukavemetli ince taneli imalat çeliği "örtülü el. - özlü tel kıyaslaması



Şek. 17.- Dolgu kaynakları için "örtülü el.- özlü tel - dolu tel" kıyaslaması



Şek. 18.- Dolgu kaynakları için "örtülü el.- özlü tel" kıyaslaması

Kaynak ağzı açma işçiliğinin, onu doldurmak için gerekli her türlü malzeme ve işçiliğin özlü tellerle ne kadar azaldığını vurgulamaya gerek yok. Ama bu tellerin ekonomikliğine, kaynak terminolojisinde “yardımcı malzeme” diye adlandırılan malzemelerin ekonomikliği de eklenmektedir. Özetlemek amacıyla yukarıda verdiğimiz grafik ve resimler, bunu yeterince kanıtlar.

Şimdi de özlü telle yarı-otomatik “açık ark” yöntemini öbür dolgu yöntemleriyle kıyaslayalım.

Dolguda en anlamlı kıyaslama bu kez, terk edilen metalin kilo başına maliyeti olmaktadır.

Maliyet aşağıdaki formülün yardımıyla kolayca saptanabilir.

$$P = \frac{A}{C} + FD + \frac{L}{RG}$$

Burada

A = ilave metalin (elektrodun) kilo maliyeti,

C = ilave metalin verimi (bir kg ilave metalle terk edilen metal miktarı),

F = bir kg dekapan veya bir litre gazın maliyeti,

D = terk edilen metal başına sarf edilen dekapan veya gaz,

L = bütün masraflar ve vergiler dahil saat işçilik ücreti,

R = kg/sa olarak metal terk etme hızı,

G = kullanma katsayısı (devrede kalma oranı, kaynakçı saati başına ark süresi),

C ort = elektrodalarda (örtülü) 0,65 “O” telleri veya gaz altında 0,90

R ort = elektrodalarda 2 gaz altı tellerinde 5,5 “açık ark” tellerinde 7,5

G ort = elektrodalarda 0,4 gaz altı tellerinde 0,5 “açık ark” tellerinde 0,6

olup aynı işçilik bedelleriyle

- “O” özlü teliyle sağlanan ekonominin, aynı kg fiyatı ile, örtülü elektroda göre %66 olduğu;
- “O” telinin örtülü elektrottan üç kat daha pahalı olduğu farz edilse bile sağlanan ekonominin yine %4,3 olduğu;
- “O” telinin ayrıca bir avantajının, hiç de ihmal edilebilir mertebede olmayan FD gaz koruma masrafı faktörünü dahil etmediğinde olduğu ortaya çıkar.

ÖZLÜ TELLERİN ERGİMESİ

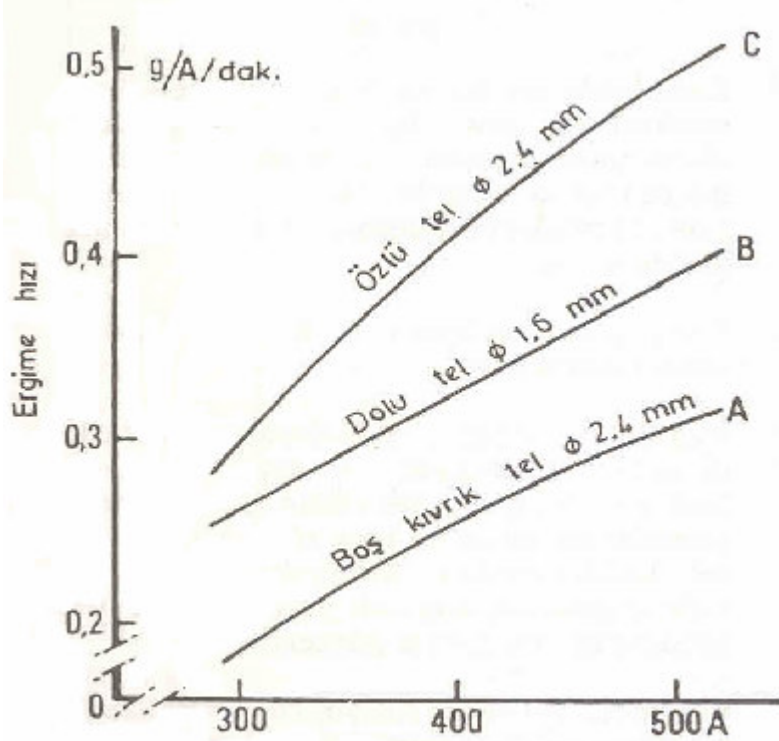
$$\frac{\pi}{4}d^2 = \frac{100 - a}{100} \times \frac{p}{7,8}$$

Elektrik akımının dekapan tarafından iletilmediği kabul edilir (gerçekte dekapan az miktarda iletkendir) şöyle ki bir metre özlü telin ağırlığı (p) gram ise eşdeğer dolu telin (d) çapı aşağıdaki formülden hesaplanır:

Bir boş, yani içine dekapan tozu konmamış bir kıvrık telin ergime hızı ölçüldüğünde formül tahkik edilmiş olur.

Gerçekten özlü telin ergime hızı, (d) nin değerinden başka parametrelere bağlıdır. Bu parametreler:

- Temas tübü dışındaki telin (l) serbest uzunluğu
- Kaynak akımının (i) işareti
- Arkın gerilimi, veya daha doğru olarak, arkın gerilimi + telin serbest uç kısmında ihmal edilemeyecek gerilim düşmesi. (d), (i) ve (l) i belli değerleri için ergime hızı, kaynak gerilimi azaldıkça artar.



Şek. 20

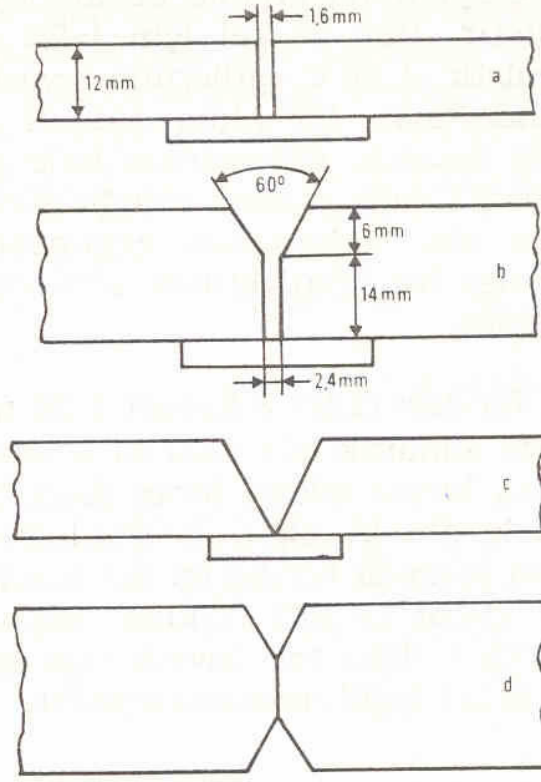
Örnek olarak şek.20'de (i) nin fonksiyonu olarak boş ve $\phi 2,4$ mm dolu telin CO₂ altında ergime hızları kıyaslanmıştır. Her üç tel için $l=25$ mm seçilmiştir. A ve C eğrilerinin kıyaslanmasında aynı bir akım şiddeti için ergime hızının dekapansız hale göre dekapana daha yüksek olduğu görülür ki bu da, dekapanın ergimesinin herhangi bir maliyetinin olmadığını ifade eder.

Kesit farkları (2,01 e karşın $1,90 \text{ mm}^2$ dikkate alınarak bile dolu $\phi 1,6$ mm'lik tel, boş kıvrık telden biraz daha hızlı ergimektedir. Bu olgu, (l) uzunluğunda serbest kısımda her iki tel tipi üzerinde Joule etkisi (J^2RT) farkın bağlanır. Gerçekten dolu tel, kıvrık tele göre, daha az bir özgül rezistans arz eder.

GAZ ALTINDA ÖZLÜ TELLE KAYNAK

BİRLEŞTİRME YERİNİN HAZIRLANMASI

Üfleç dışında serbest uzunluğun dolu tele göre özlü telde daha fazla olması, daha kapalı kaynak ağızlarına imkan vermektedir. Bahis konusu yöntemle elde edilen çok yüksek nüfuziyet (penetrasyon), bunun dışında kaynak ağızsız kısımların yüksekliğini artırmak ve ağız aralığını iyice azaltmak olanağını sağlar. Bu mülahazaların her üçü, birleşme yerine terk edilecek metal miktarını azaltma yönünde birleşirler bu, elle tutulur bir tel ekonomisi demektir. Uç uca kaynaklarda, elle örtülü elektrot kaynağına göre kazanç, %58 mertebesindedir.



Şek. 21

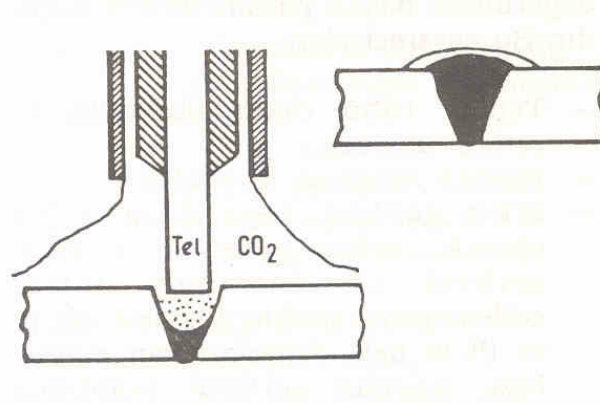
Birleştirme yerlerinin hazırlanmasında çoğunlukla kullanılan ağız tipleri, şek. 21'dekilerdir. Orta ve büyük kalınlıklarda parçaların kaynağında tersten paso çekmeden kaçınmak için destek kullanılmasına dikkat edilecektir. Otomatik kaynağa göre, elle kaynağa göre, çok daha büyük hassasiyetle hazırlanacaktır.

ÇALIŞMA ŞEKLİ

Akım menbaınının sabit gerilimli olması halinde MIG-MAG kaynakları uygulamasıyla CO₂ altında özlü tel uygulaması genelde aynıdır. Özellikle kaynak akım şiddetinin ayarı, tel hızının kumanda kadranından yapılmaktadır.

Kaynakçı için yöntemin özelliği, telin serbest uzunluğundadır; bu uzunluk ortalama 25 mm olup 50 mm'ye varabilir. Her ne kadar metal transferi yağmur şeklinde ise de ark çok kısa tutulur, saç kalınlığının 10 mm'yi geçmesi halinde telin ucun üst yüzeyin altında bulunabilir (şek. 22). Ayrıntılara sonda girilecektir.

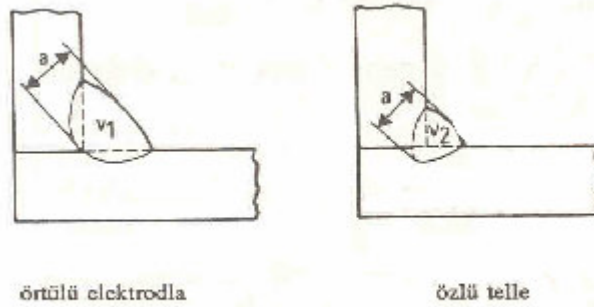
Çok çeşitli özlü tel imal edilmesi nedeniyle bir kesin ayar tablosu saptanamaz. Aşağıda örnek olarak genel değerler ve bazı önemli tel çeşitleri için gerekli parametreler verilecektir.



Şek. 22

Genellikle bu kaynak parametrelerinin seçiminde, çok alçak ve çok yüksek akım şiddetlerinde, transfer sırasında damlaların patlaması sonucunda püskürtmelerin önemli olduğu dikkate alınacaktır.

CO₂ gaz sarfiyatı 8 ile 16 lt/dk arasındadır.



Şek. 23

Ayarların doğru yapılması halinde düzgün görünümlü ve orta derecede bombeli dikişler elde edilir. Bu takdirde püskürtmeler az ve ince olur. Cüruf sıkı ve kaldırılması kolaydır şöyle ki birkaç pasoda kaynak yapıldığında ara fırçalamalara gerek göstermez.

Yöntem, iyi bir radyografik kalitede tok kaynaklar sağlar. Yüksek akım şiddeti yoğunluğu nedeniyle yapışma ve çatlama ihtimalleri yok gibidir.

Nüfuziyet fazla olup özlü tel, iç açığı kaynağında çok kullanılır (Şek 22'ye bkz). Örtülü elektrodla kaynağa nazaran sağlanan ekonomi %40'a varır. Bu ekonomi, aynı bir (a) boğazı için (şek 23.) her iki telle terk edilen V₁ ve V₂ metal hacim farkından doğar.

Karbonlu çeliklerin kaynağı için $\phi 2,4$ mm özlü tel (yerde yatay küt alın)

Saçların Kalınlığı	Birleştirme yerinin şekli	Paso sayısı	Akım şiddeti	Gerilim	Kaynak hızı
6	Küt alın, aralıksız	1	380A	29v	0,56
8	küt alın, 0,1 mm aralık	1	380A	29V	0,64
8	" " "	2	430 A	29V	0,51
10	" " "	1	525A	30V	0,64

Yatay iç açı kaynağı

Kalınlık	Boğaz (a)	Paso Sayısı	Akım şiddeti	Gerilim	Kaynak hızı
6-8	3	1	425A	29v	0,75
8-10	5	1	500A	29v	0,50
10-12	6	1	500A	29v	0,40
12	8	2	550A	31v	0,30

Akım şiddeti	350	400	450	500
Telin verimi %	83	86	86	87,5
Telin çıkma hızı (m/dak)	4,2	4,6	5,7	6,2
Metal terketme hızı (kg/sa)	6,5	7,0	8,2	9,0

Kaynak santimetresi başına kullanılan büyük enerjiler, bazı çeliklerin ön ısıtılmasından bağımsız tutulmasını sağlayabilir; o ise ki bu çelikler MIG kaynağında, çatlaklardan kaçınmak için mutlaka ön ısıtmaya tabi tutulurlar.

İçinde yeterince oksitten temizleyici element (Mn %1,5 ve Si %1) bulunan tel kullanmak koşuluyla yüzeyi tufallı veya paslı saçları kaynak etmek mümkün olmaktadır.

Yukarda bazı genel (ortalama) değerler verilmiştir.

KAYNAK POZİSYONU

Kaynak banyosunun önemli hacimde olması ve cürufun akıcılığı nedeniyle, yatay pozisyonda veya 10° 'yi geçmeyen bir meyille kaynak etmekte fayda vardır. Yatay iç açı kaynağında tel, aynı nedenlerle, dik saçla 30° açıda bir düzlem içinde tutulurlar.

DOLGU TOZLARI

Bazen özlü tel, “tersine çevrilmiş” örtülü elektroda benzetilir. Gerçekten bu sonuncusunun örtüsünde kullanılan tozlar özlü telin içinde bulunmaktadır.

Tozlardan prensip itibariyle bir cüruf oluşturmaları, ergime banyosunu tasfiye etmeleri (oksitlerden temizlemesi), koruma gazları meydana getirmeleri, kaynak arkını ionize etmeleri ve terk edilen metale istenen kimyasal bileşimi sağlamaları beklenir.

CÜRUF OLUŞTURUCULAR

Özlü teller esas itibariyle rutil (DIN 8559 SGR1) ve bazik (SGB1) tipleri şeklinde olur.

Cürufun terk edilen metal üzerine metalürjik etkisi telin ucunda damlanın ergimesinden itibaren başlar. Metal ergimeye başladığı anda cüruf meydana çıkar: oluşma sırasında damlayı sarar ve onu çevredeki havanın olumsuz etkisinden korur. Bu ergimiş metal – ergimiş cüruf karşılıklı metalürjik etki, bazik tip tellerle, yüksek bir safiyet derecesinde bir terk edilmiş metal elde etme olanağını sağlar (bu arada ark içinde meydana gelen metalürjik olayların ayrıca koruma gazının cinsi ve kullanılan dekapana bağlı olduğu unutulmamalıdır.)

Telin ucunda oluşan damlanın transfer şekli cüruf tarafından etkilenir: rutil tipi cüruf ince tarafından etkilenir: rutil tipi cüruf ince damlalar halinde bir transfer (geçiş) verirken bazik cüruf daha iri damlalar meydana getirir.

Metal damlalarının boyutları ve cürufun viskozitesi, ergimiş kaynak banyosunun yüzey gerilimini, ve dolayısıyla, dikişin görünüş ve şeklini etkiler. Rutil tipi tel, koruma gazı altında, düzgün ve çok ince tırtıllı, bazik tel ise hafifçe daha bombeli ve daha az tırtıllı bir dikiş verir.

REDÜKLEYİCİ MALZEMELER

Terk edilen metal tasfiye edilmelidir; böylece de, metal içinde oksit girdi oranının sınırlandırılması gerekir. Ergime banyosunun oksitlerden arındırılması, dolgu tozuna redükleyici maddeler karıştırmak suretiyle olur: oksijenin karşısında bu maddeler ergimiş metal içinde, cürufta toplanan oksitler oluşturur.

Bununla birlikte, katılma sırasında bir asgari oksit girdisi miktarının gerekli olduğu kaydedilecektir şöyle ki bunlar tohum filizi gibi davranarak metal tanelerinin gelişmesinde rol oynarlar. Bu oksitlerden belli bir konsantrasyon daha ince bir tane sağlar.

Gaz altı kaynağı için sızdırmaz özlü tel olan Fluxofil tipi tellerde, rutil tipi teller tarafından terk edilen metalin oksijen içeriği 500 ile 600 ppm, bazik tellerde 300 ile 400 ppm'dir.

GAZ OLUŞTURUCULAR

Özlü teller toz altı ve gaz altında kullanıldıklarından bunların gaz oluşturucu madde içerdikleri nispeten azdır. Bu husus bu telleri, bu maddelerden çoğu kez fazla miktarda içeren çubuk örtülü elektrodlardan belirgin şekilde ayırır.

İYONLAŞTIRICI MADDELER

Bunlar bu yolda kullanılan potasyum birleşimleridir. Bunların kolaylıkla iyonize olmaları kaynak sırasında arkın stabilitesini (istikrarını) sağlar. Bununla birlikte, özlü tellerde yüksek akım şiddeti yoğunlukları dolayısıyla bunlarda bu maddelerin önemi, örtülü elektrodla göre daha azdır.

İMALATLA İLGİLİ HUSUSLAR

Fluxofil tipi teller yuvarlak kıvrılıp kaynak edilen bir metal banttandır. Bundan sonra tüpün içine özel bir sistemle toz doldurulur. Bundan sonraki işlemler haddeden çekme, tavlama, dekapaj, ve bakır kaplamadan ibarettir

Böylece de her türlü rutubet girme olasılığı peşinen giderilmiş olmaktadır. Sızdırmaz zarf dolayısıyla kaynakta hidrojen oranı çok aşağıda tutulabilir ve tozun tespit edebileceği rutubetten hasil olan gözeneklik tehlikesi yok edilmiştir.

Aşağıdaki tablo, özlü tellerin rutubet alma dereceleri hakkında değerler verir.

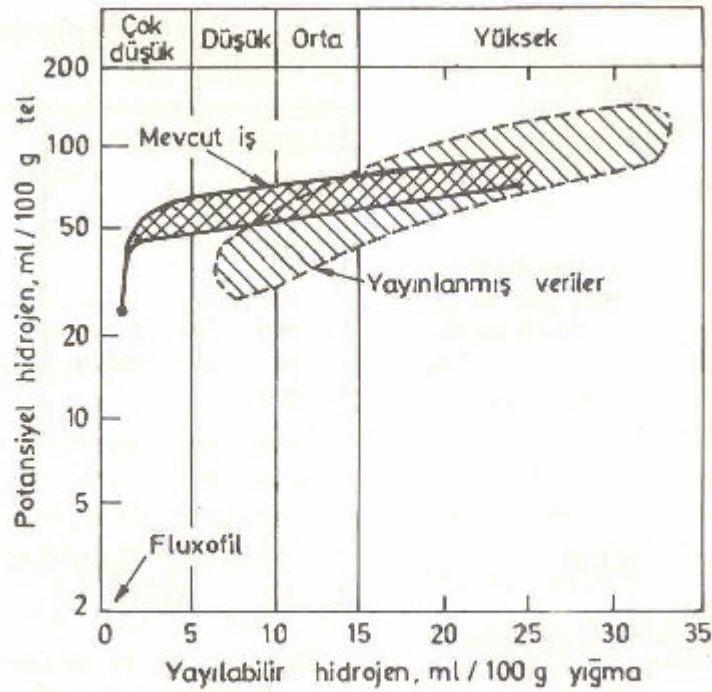
Özlü tellerin rutubetlenmesi üzerine ambarlanmanın etkisi

Tel	yayılabilen hidrojen (ml/100gr terkedilmiş metal)
İmalden hemen sonra	0,91
4 yıl ambarlamadan sonra	1,12

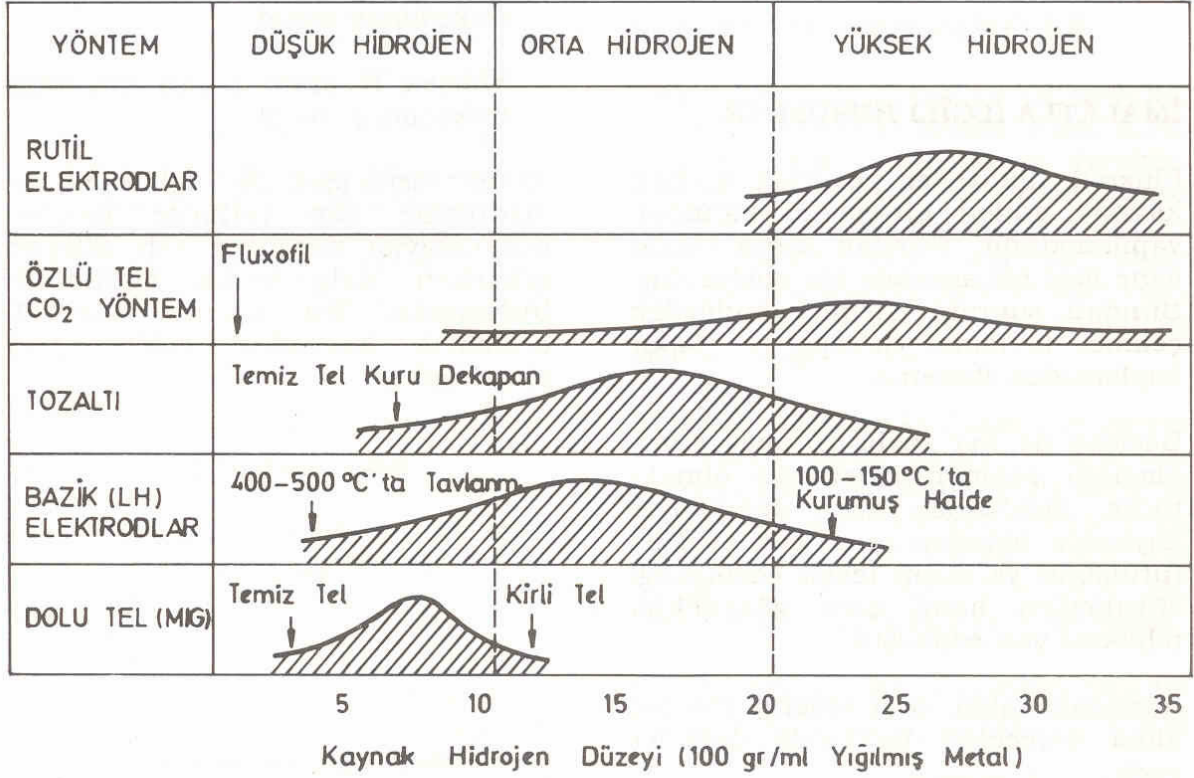
Bu hususta aşağıdaki sınıflandırma genellikle kullanılır:

- Çok alçak H oranı: 0-5 ml/100 gr terk edilmiş metal
- Alçak H oranı: 5-10 ml/100 gr terk edilmiş metal
- Orta H oranı: 10-15 ml/100 gr terk edilmiş metal
- Yüksek H oranı: >15 ml/100 gr terk edilmiş metal

Kıvrak tellerin (Şek. 1b... 1g) aksine, bu sızdırmaz tüp tellerde gerilme bulunmayışı nedeniyle tel, üfleçten çıkarken dalgalanma eğiliminde bulunmaz. Bu nitelik özellikle otomatik kaynakta çok değerli olmaktadır.



Şekil 24.- Telin potansiyel hidrojen oranı ile terk edilmiş metalde yayılabilen (difüze olabilen) hidrojen arasındaki ilişki



Şek. 25.- Çeşitli kaynak teknikleriyle elde edilen yayılabilir hidrojen oranlarının kıyaslanması

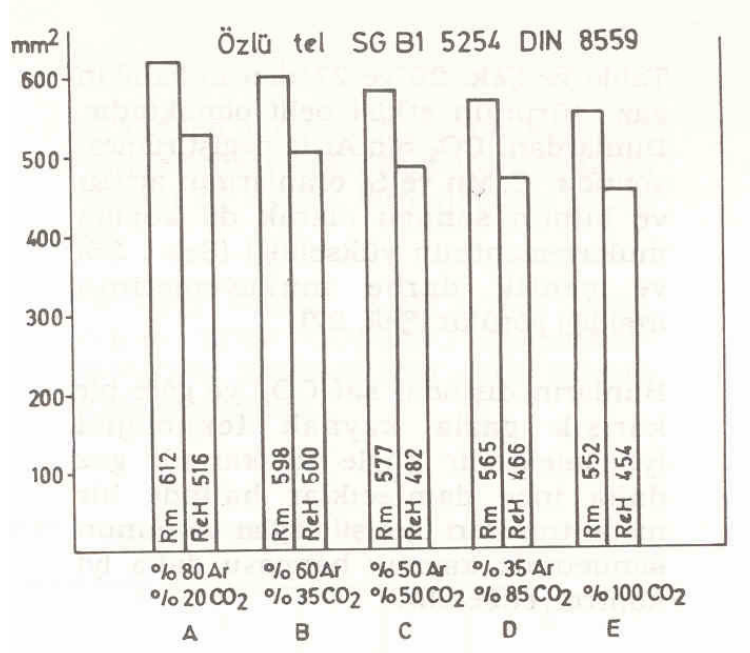
GAZ ALTI KAYNAĞINDA GAZ TÜRÜNÜN ETKİSİ

Bir gazın oksitleme kabiliyeti önemli bir veri olmaktadır; bu kabiliyet gazın bileşimine bağlıdır.

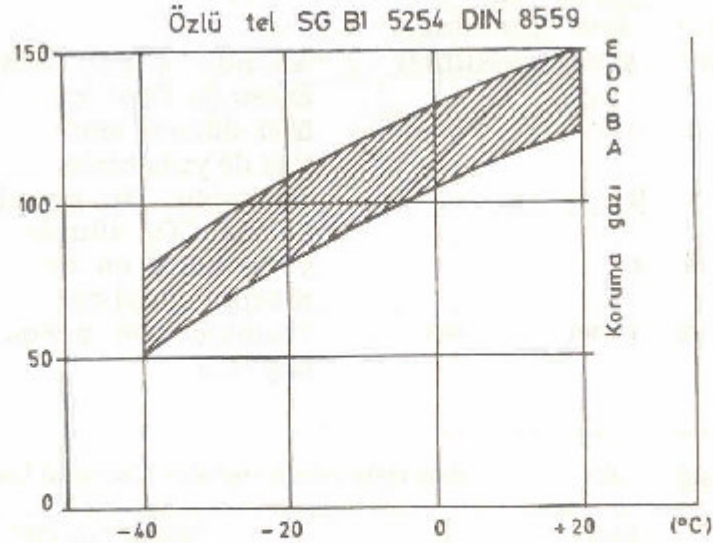
CO₂, bir alaşım elementi kaybına yol açar: bu nedenle Ar-CO₂ oranının fonksiyonu olarak hafiftir.

Terk edilen metalin kimyasal bileşimi üzerinde kullanılan gazın etkisi aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo ve Şek. 26 ve 27den kullanılan gaz türünün etkisi belli olmaktadır. Bunlardan, CO₂ nin Ar la değiştirilmesi sonucu C, Mn ve Si oranlarının arttığı ve bunun sonucu olarak da kopma mukavemetinin yükseldiği (Şek. 26) ve çentik darbe mukavemetinin azaldığı görülür (Şek. 27).



Şek. 26- Bir bazık özlü telle elde edilen kopma mukavemetleri



Şek. 27.- Bir bazık özlü telle elde edilen çentik darbe mukavemetleri (Koruma gazları için yukardaki tabloya bkz.)

Bunların dışında, saf CO₂ 'ye göre bir karışık gazla kaynak teknolojisi iyileşmektedir şöyle ki karışık gaz daha ince damlacıklar halinde bir metal transferi (geçişi) sağlar ve bunun sonucunda kaynak banyosu daha iyi kontrol edilebilir.

Toparlayacak olursak bundan önce söylediklerimizden, elde edilen kaynakların maliyeti üzerine doğruca ya da dolaylı olarak etkisi var gibi görünen birçok yöntem özellikleri belirir. Bunların başlıcaları şunlar olmaktadır:

- 1- Basit ağız hazırlığı
- 2- Azalan paso sayısı
- 3- Yüksek terk edilen metal miktarı
- 4- İyi bir nüfuziyet; eşit mekanik mukavemette, kaynak hacminin azalması
- 5- Her türlü sonradan işlemeyi gereksiz kılabilen hafifçe bombe dikişler
- 6- Bir ön dekapaja gerek olmadan oksitlenmiş yüzeylerin kaynak edilmeleri olanağı
- 7- Kaynakların çok iyi kalitede oluşu, kusur düzeltilmesi işlemini asgariye indirir.
- 8- Birçok alaşımlı çeliği argon yerine CO₂ ile kaynak etme olanağı
- 9- Terk edilmiş metal miktarı başına elektrik enerjisi sarfiyatı herhangi bir ark kaynağı yönteminden az.

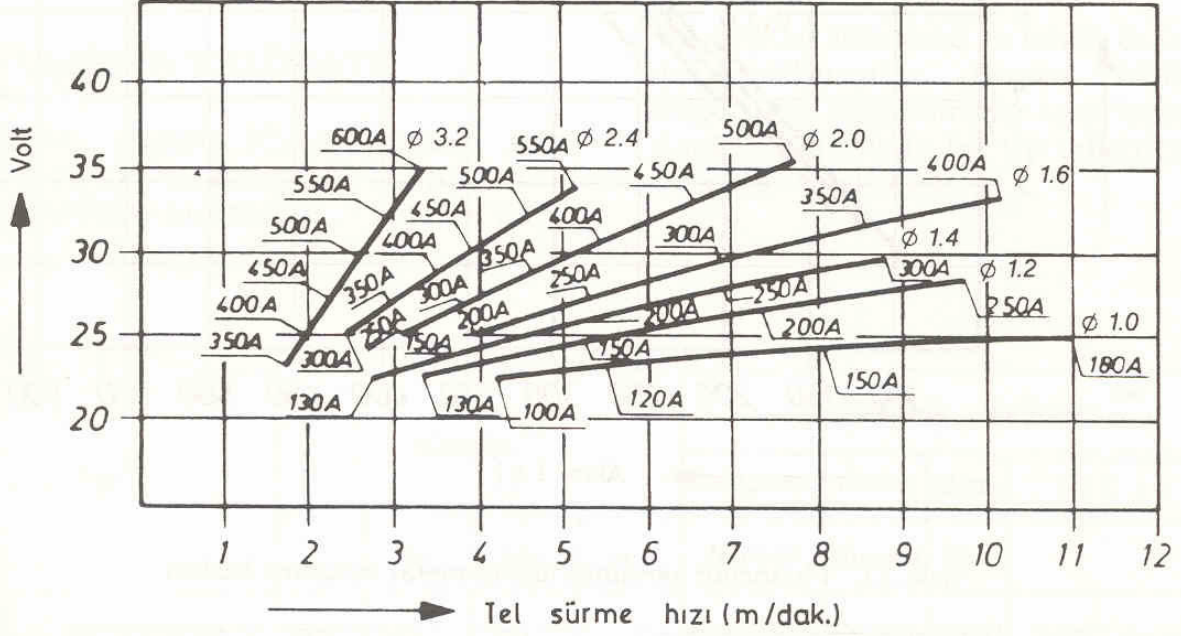
Aslında çeşitli kaynak yöntemleri arasında fiyat kıyaslaması ancak her özel durum için yapılabilir ve bunun için de yukarıdaki bütün faktörler hesaba katılır. Bu kıyaslamaların sonucunda CO₂ altında özlü telle kaynak yönteminin en avantajlı olarak belirlenmesine hayli sık rastlanır. Bu, özellikle kök pasolarının çekiminde böyledir.

Koruma	gazı	Terkedilen metalin bileşimi			
		% C	% Si	% Mn	
% Ar	% CO ₂				
A	82	18	0,067	0,54	1,61
B	65	35	0,059	0,50	1,58
C	50	50	0,053	0,46	1,57
D	35	65	0,052	0,45	1,57
E		100	0,052	0,41	1,45

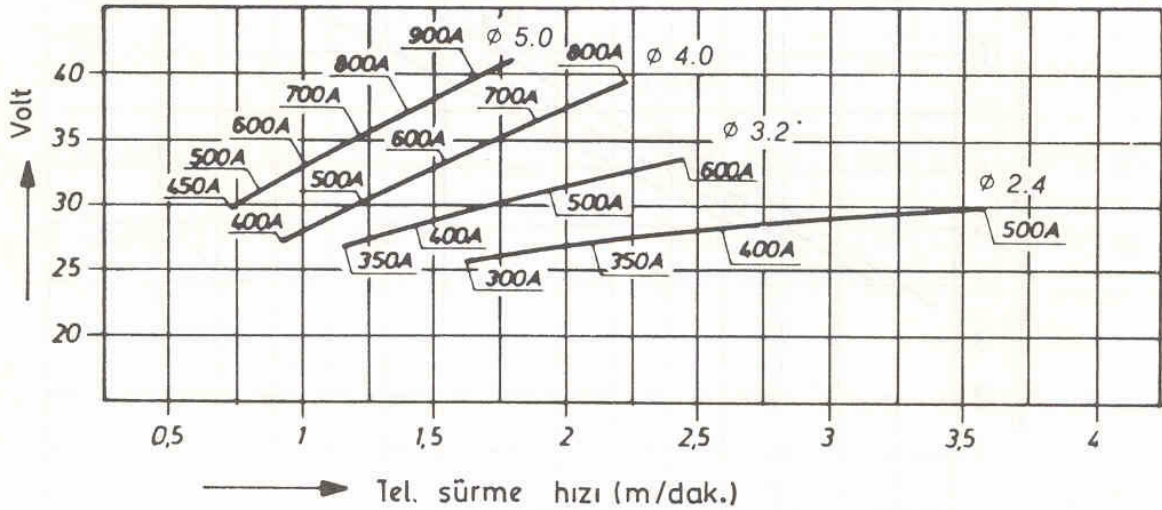
TOZALTI KAYNAĞI İÇİN ÖZLÜ TELLER

Bu özlü teller daha çok bazik tipte alaşımsız tozlarla kullanılır (FLUXOCORD serisi). Bir tipik örnek 2.25Cr-1Mo çeliklerinin STEP COOLING spesifikasyonlarıyla kaynağı için özlü tellerin kullanılmasıdır.

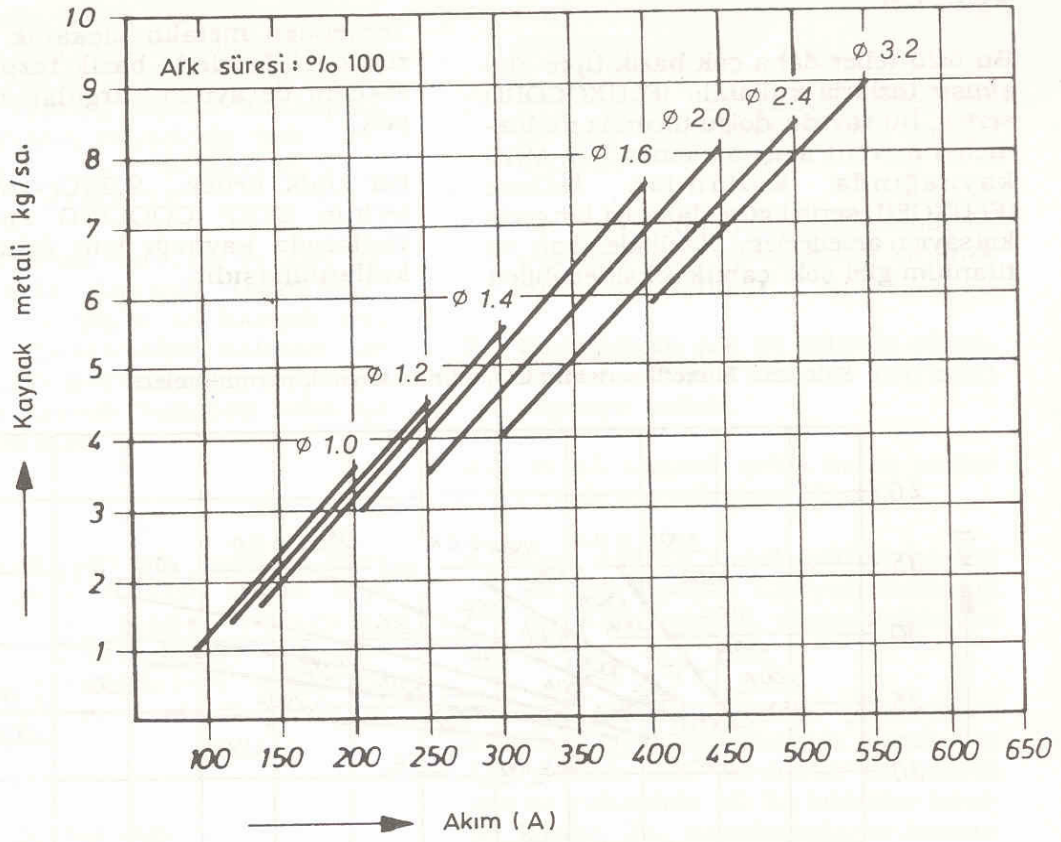
Şek. 28.- Fluxofil serisinin CO₂ altında kaynak parametreleri



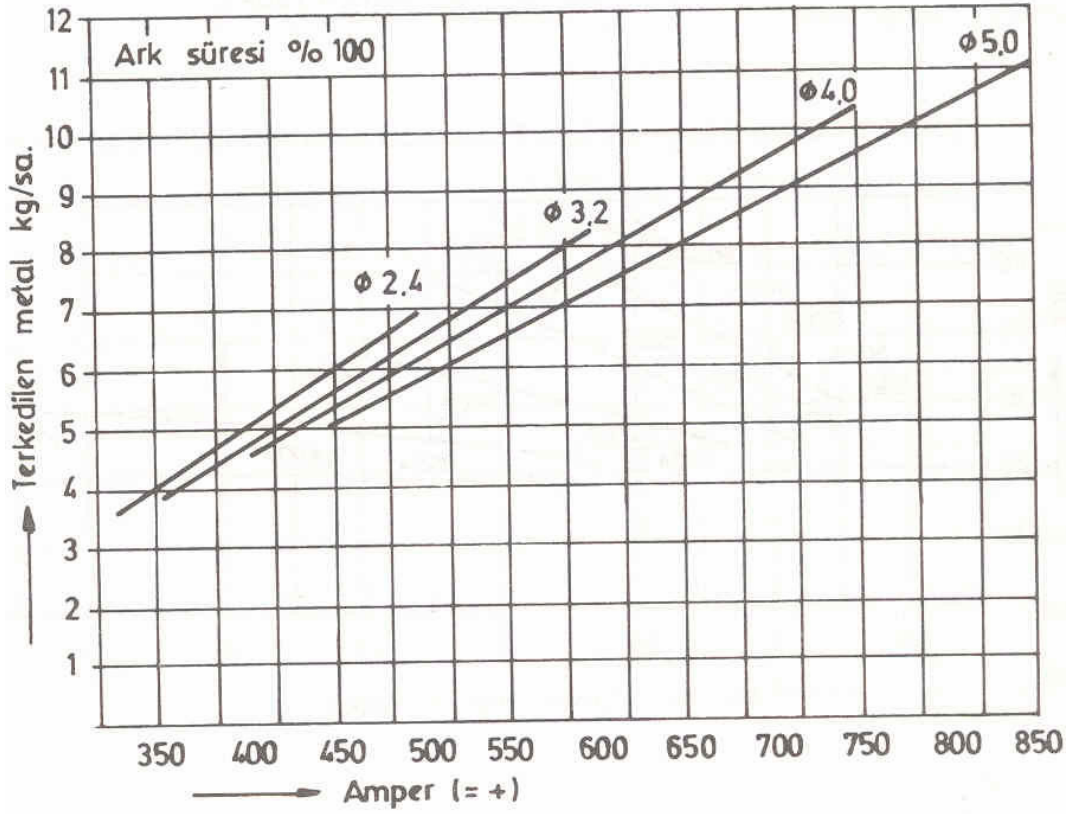
Şek. 29.- Gazaltı kaynağı için Fluxocord serisinin kaynak parametreleri



Şek. 30.- Fluxofil serisinin CO₂ altında metal terketme hızları



Şek. 31.- Fluxocord serisinin tozaltı metal terketme hızları



TANIMLAMA

Çeşitli özlü tel tiplerinin kolaylıkla tanımlamaları için bunların ASME'ye göre sınıflandırılmalarını ve tozlar için DIN normlarını ele alıyoruz.

- Gaz altı kaynağı için özlü teller: ASME IIC.SFA-5.29 ve SFA-5.20
- Elektroslag kaynağı için özlü teller: ASME IIC. SFA-5.23
- Toz altı kaynağı için tozlar: DIN 8557

KULLANMA TALİMATI

Şek 28. Gaz altı (CO2) kaynağı için mevcut çeşitli tel çaplarında genellikle kullanılan kaynak parametrelerini;

Şek.29, toz altı kaynağı için aynı parametreleri;

Şek.30, gaz altında kaynakta metal terk etme hızlarını;

Şek.31, toz altı kaynağında metal terk etme hızlarını verir.

Tip *	Bileşim **				Mekanik değerler **			
					Kopma	Akma	Uzm.	ISO - V
	C	Si	Mn	Ni	N/mm ²	N/mm ²	%	
SFA-5.20 : E70T-2	0,05	0,5	1,4		520-620	>430	>22	20°C da >55 J
SFA-5.20 : E71T-1	0,05	0,55	1,20		550-650	>480	>22	-20°C da >50 J
SFA-5.20 : E70T-5	0,05	0,35	1,4		510-610	>420	>26	-40°C da >60 J
SFA-5.29 : E80T5-G	0,05	0,35	1,4	1,2	540-640	>470	>24	-60°C da >30 J
SFA-5.29 : E110T5-K4	0,05	0,35 0,4 Cr	1,3 0,4 Mo	2,4	750-850	>690	>16	-60°C da >30 J
SFA-5.29 : E80T5-G	0,05	0,35	1,2	1,2 + 0,5 Cu	540-640	>470	>24	-60°C da >30 J

*Sırasıyla FLUXOFIL 11, 14, 31, 40, 42 VE 48

** Kimyasal bileşimle mekanik karakteristikler, kaynaktan sonra ısıl işlem görmemiş saf terkedilmiş metal içindir

ALAŞIMSIZ VE AZ ALAŞIMLI KARBONLU

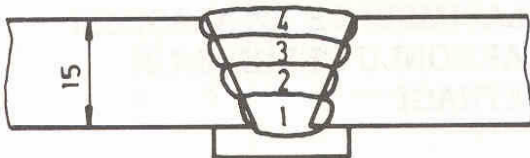
1. GAZ ALTI KAYNAĞI

Bu çelikler için rutil ve bazik özlü teller geliştirilmiştir; tozun bileşimi, öngörülen uygulamaya uyarlanmıştır. Yukarıdaki tabloda bu tip tellerden bazı örnekler verilmiştir.

Aşağıda bazı uygulama örnekleri verilmiştir.

Uygulama 1:

N-A – XTRA 70 (17Mn CrMo 33) çeliğin kaynağı



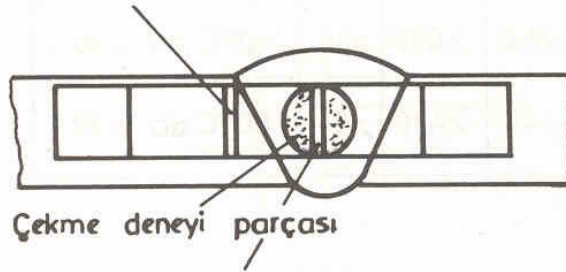
Kaynak parametreleri

- Tel E 110 T5 – K4 (Fluxofil 42) ϕ 1,6 mm
- CO²
- Doğru akım, tel (+), 310A-29V-45 cm/dk
- Ön ısıtma: 80°C
- Pasolar arası sıcaklık: 150°C
- Yerde yatay pozisyon.

Mekanik nitelikler

- Kopma muk. : 820 N/mm²
- Elastik sınır : 733 N/mm²
- Uzama (5d) : %17,2
- Çentik darbe m. (-20°C'ta) IEB'de : 33 J , kaynağın ortasında : 475

İEB'de çentik darbe deney parçası
(çentik kaynağa paralel)

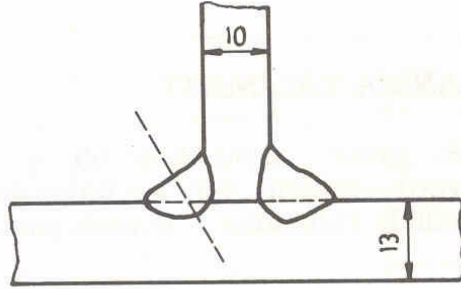


Kaynağın ortasından çıkarılmış çentik
darbe deney parçası (çentik kaynak
yönüne dikey)

Köşe birleştirmesinde kaynak parametreleri

- Tel E110 T5-K4 (Fluxofil 42) ϕ 1,6 mm
- CO²
- Doğru akım, tel (+)
- Ön ısıtma yok

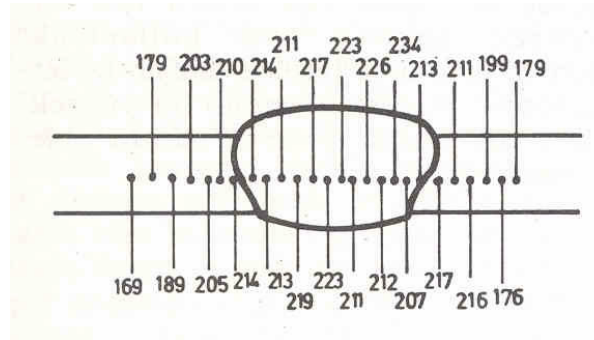
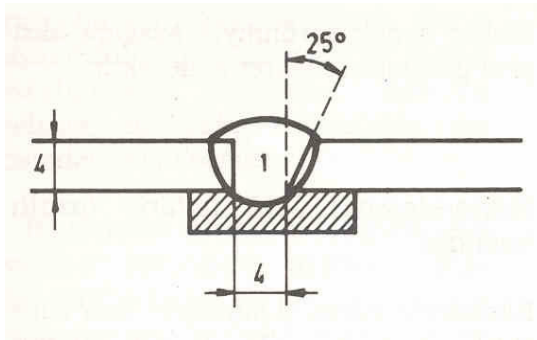
- Pasolar arası sıcaklık : 150°C / tabakaların kalınlığı : 4-5 mm / sertlikler : - ana metal : yakl. 265 HV – İEB : max 390 HV – kaynak metali : yakl. 295 HV



Uygulama 2

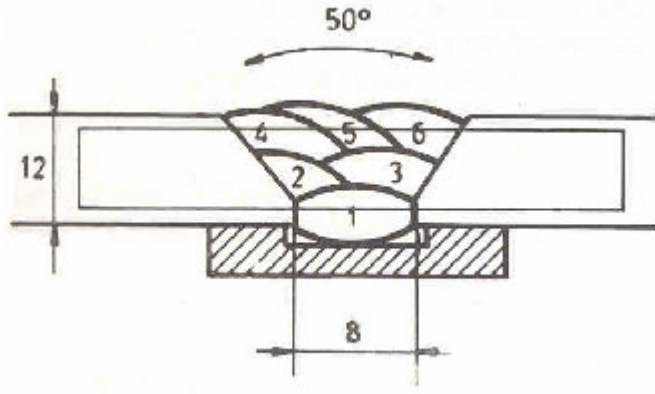
A – Seramik mesnet üzerinde tek taraftan kaynak

- Ana metal St52, 4mm
- Tel: E70T-5 (Fluxofil 30) ϕ 1,6 mm
- Gaz: %50 Ar+ %50 CO² 210 A, 23 V (pasoda doldurma)
- Normal eğme deneyi: 180°-4xe : OK
- Sertlik ölçüleri (HV 2000 gr, iki nokta arası mesafe : 1 mm)



B – Seramik mesnet üzerinde çok pasolu tek taraflı kaynak

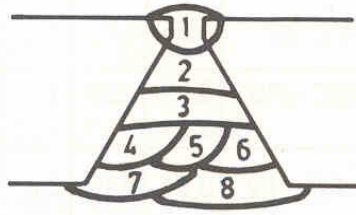
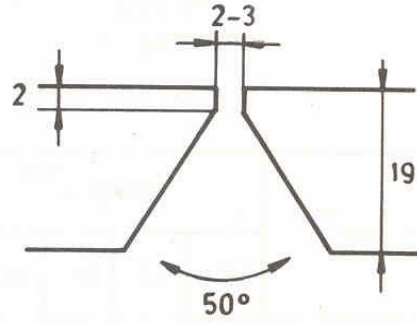
- Ana metal: St52, 12 mm
- Tel: E70T-5, ϕ 1,6 mm.
- Gaz: %80Ar + %20 CO²
- 225A, 28V
- pasolar arası sıcaklık: 150°C
- çentik darbe Charpy V, -20°C'ta : 52 J



Uygulama 3

Özlii telle dik kaynak

- Ana metal: 13Mn Ni63
- Tel: E 71T-1 (Fluxofil 14) ϕ 1,4 mm
- Gaz: %80 Ar + %20 CO² , 1.paso: 165A – 20,5V / 2-4 paso: 180A-22V / 5-7 paso: 190A-22V
- Yana eğme deneyi (sidebend test) (4xe), 180°de OK
- Charpy V centik darbe mukavemetleri



	Kaynak metali	IEB	IEB'den 2mm	IEB'den 5mm
- 20°	77J	-	-	-
- 40°	65J	52J	64J	66J

TOZ ALTI KAYNAĞI

Bildiğimiz gibi toz altı kaynağında, terk edilen metalin nitelikleri, özlü telle toz altı tozunun birleşmesinden elde edilir.

Bu birleşmede çeşitli seçimler, terk edilen metali etkilemek için gaz altı tellerine göre olanak sayısını artırmaktadır: çok az miktarlarda alaşım elementlerini içeren teller kullanılarak özel bir etki elde edilebilir.

Aşağıda vereceğimiz bir uygulama örneğinde daha geniş bilgi verilecektir. Tabloda bazı tel-toz altı tozu birleşmeleri görülür; bunlar bir AWS (ASME II C. SFA-5.23) spesifikasyonu ile simgelenmişlerdir. Birkaç örnek yardımıyla aşağıda bazı yeni gelişmelere işaret edilecektir.

Tel toz *	Bileşim **					Mekanik nitelikler **			
	C	Si	Mn	Mo	Diğer	Çekme muk. N/mm	Elast. sın N/mm	Uzama %b(5d)	Çentik darbe dayanımı (ISO-V)
F7A4 - EC - G	0,05	0,20	1,6			540 - 620	>450	>22	- 30 °C ' de > 30
F7A6 - EC - G	0,05	0,15	1,2	0,30	+ Ti, B	540 - 640	>460	>22	- 60 °C ' de > 40
F11A8 - EC - F5	0,05	0,20	1,4	0,40	2,5Ni 0,6Cr	750 - 830	>680	>16	- 60 °C ' de > 30
F7A15 - EC - Ni2	0,04	0,15	0,8	-	2,5Ni	480 - 580	>370	>26	- 80 °C ' de > 80

(*) Sırasıyla Fluxocord 31,35,21,42,44 + toz OP 121 TT (DIN 8557: 10a x555)

(**) Kimyasal analiz ve mekanik nitelikler terk edilmiş saf metal içindir.

Mikro-alaşımli özlü tellerle toz altı kaynağı

Ekonomik yararı dolayısıyla “two run-iki yollu” kaynak, 8 ile 25 mm kalınlıkta ince taneli çeliklerin kaynağı için kullanılır.

Kaynağın içinde ve ana metalin ısıdan etkilenmiş bölgesinde (IEB) iyi çentik darbe nitelikleri elde etmek için bir yüksek kaynak hızı kullanmak gerekir. Bununla birlikte dikişin iyi bir görünüş arz etmesi istenir ki yüksek derecede bazik tozlarla bunun elde edilmesi güçtür.

Ayrıca, birinci dikişle (kısmen) ikinci dikişin dokusu (yapısı), kaba bir primer kristalizasyon yapısıdır: dokuyu inceltme, müteakip dikişlerin ısı etkisinden beklenemez.

Bu faktörlerin birleşimi bugüne dek “Two-run” tekniğinin uygulanmasını sade -20°C 'a kadar iyi bir çentik darbe mukavemetinin arandığı malzemelerle sınırlanmaktaydı.

Mikro-alaşımli özlü tellerle bu soruna bir çözüm getirilmiş olmaktadır. Titanium ve bor'la alaşımlandırma, kaynaktan sonra ısı işlemsiz, bir optimum metallografik yapı elde etmek olanağını sağlamaktadır. Bu iki element terk edilen kaynak metaline hem tel, hem de toz altı tozuyla ithal edilebilir: bununla birlikte bunların iyi bir geçişini sağlamak için bir bazik toz altı tozu kullanmak gerekir şöyle ki bunda düşük oksijen oranı (200 ile 400 ppm arasında O_2) terk edilen metale sadece bazik tozlar tarafından verilebilir. Yeterince oksitten temizlenmiş bir kaynak banyosunda bor, katılaşma dokusu içinde austenit tanesi birleşmeleri boyunca yayılır. γ - α dönüşümü yavaşlar ve irili ferrit partiküllerinin oluşumu önlenmiş olur: ortaya bir ince asiküler ferrit çıkar.

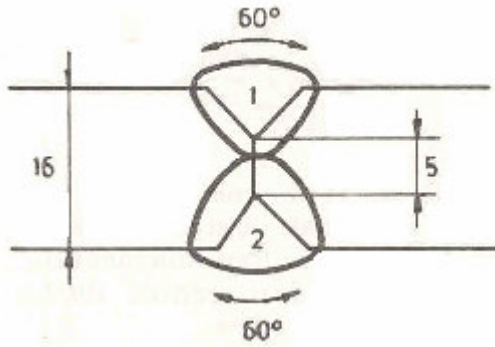
Bu primer kristalizasyon yipi iyi çentik darbe mukavemetli bir kaynak teşkil eder.

Örnek 1 : 1 telli kaynak

- Ana metal: PSX-70 (0,11C; 1,48Mn; 0,36Si; 0,015P; 0,013S; 0,076V; 0,067Al)
- Tel-toz çifti: F7A6-EC-G bazik toz altı tozu (10ax555), %0,30 Mo ile mikro-alaşımli bazik toz altı tozu
- 1. ve 2. tabaka: 650A-32V-50cm/dak

ISO-V değerleri:

- 20°C'ta : 125 J
- 40°C'ta : 90 J
- 60°C'ta : 60 J

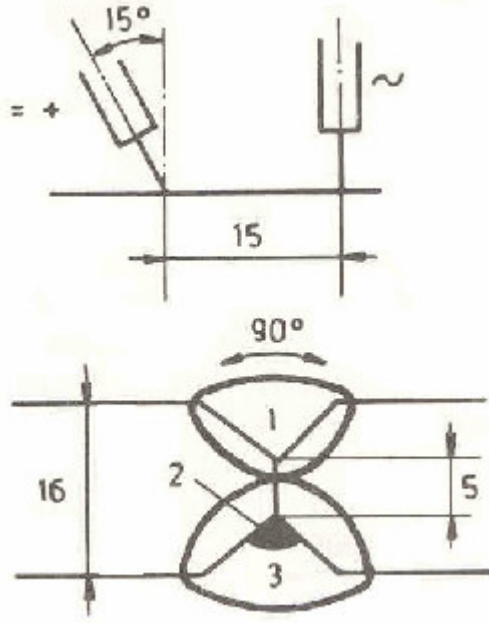


Örnek 2: İki özlü telle tandem kaynak

- Ana metal : TTSt36 (0,173C; 1,40Mn; 0,37Si; 0,016P; 0,007S; 0,075V; 0,025Al)
- Tel-toz çifti: bazik toz ve Ti ve B, ayrıca %0,40 Cre ve %0,20 Mn ile mikro alaşımli tel ($\phi 4$ mm)
- Kaynak parametreleri: 1. Kafa: DA (+), 650A, 32V, 120cm/dak. 2. Kafa: bazik özlü telle karşı dikiş ($\phi 1,2$ mm)

ISO-V değerleri:

- 20°C'ta : 120 J
- 40°C'ta : 80 J
- 60°C'ta : 60 J



Burada, B ve Ti'un çok belirgin bir kaybından kaçınmak için fazla yüksek bir ark gerilimi kullanılmayacaktır: aksi halde istenilen çentik darbe mukavemetine erişilemez.

Örnek 3:

Bir özlü bir de dolu telle tandem kaynak. İki özlü telle tandem kaynakta elde edilen yüksek kaliteye rağmen bu tekniğin kullanılması, dolu tellere göre özlü tellerin yüksek fiyatı dolayısıyla, sınırlıdır. Maliyeti düşürmek üzere bir özlü telle bir dolu teli birlikte kullanmaktan ibaret bir yeni teknik denenmiştir (FMI yöntem)

Tel birleşimi	Sıcaklık (°C)			
	- 20 °C	- 40 °C	- 60 °C	- 80 °C
A	154 J	129 J	105 J	72 J
B	169 J	144 J	133 J	49 J
C	141 J	119 J	80 J	-

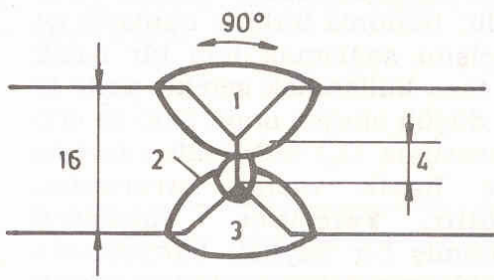
Kaynak deneyleri :

- Ana metal : PSx70
- Dolu tel : yüksek safiyette alaşımsız çelik
- Özlü tel : 0,05C-0,20Si-1,2Mn-0,40Cr-0,20Mo + Ti, B

Kaynak süreci :

- kaynak edilmiş birleştirme
- $\phi 1,2$ mm bazik özlü telle MIG karşı dikiş
- tellerin birleşimi ($\phi 4$ mm)

- A. özlü tel – dolu tel
- B. dolu tel – özlü tel
- C. 2 özlü tel



Kaynak parametreleri:

Kafa1 =+ 750A, 32V, 100cm/dak

Kafa2 \cong 650A, 34V, 100cm/dak

Bir yeni aşamada sadece biri özlü olan üç telle kaynak denenmiş olup iyi sonuçlar kaydedilmiştir (bkz. E. Scholz and F. Weyland. – Current Status of submerged- arc welding with microalloyed flux-cored wire electrodes – OERLIKON SCHWEISS-MITTEILUNGEN 42 (1984), No. 106, s-4-14.

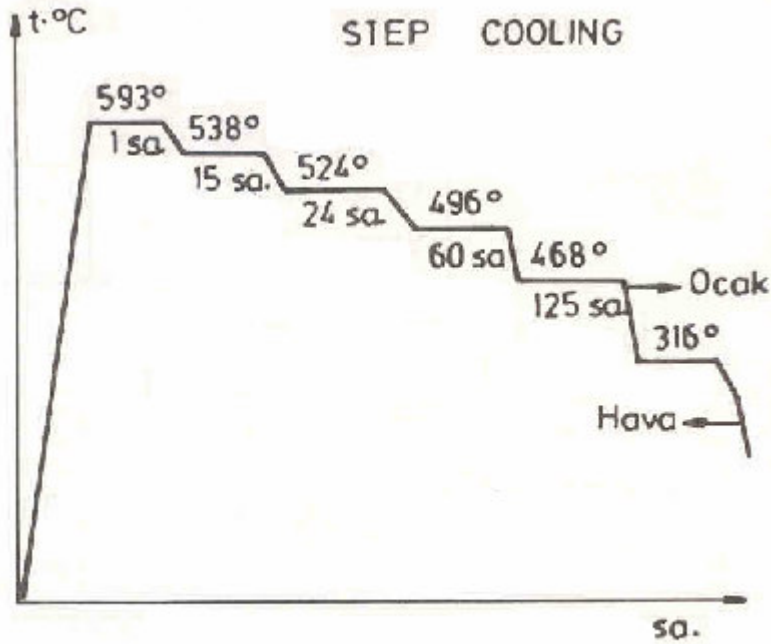
ISIYA DAYANIKLI Cr-Mo ÇELİKLERİNİN KAYNAĞI

Çeşitli ısıya dayanıklı ana metal tiplerine tekabül eden birçok Cr-Mo ile alaşımlı tel tipi mevcuttur: her bir 0,5 Mo – 1,2 Cr / 0,45 Mo – 2,4 Cr / 1,0 Mo – 3,0 Cr tipinden bir gaz altı teli ile bir toz altı teli vardır.

“STEP COOLING – Kademeli soğutma” adı verilen işlemten sonra minimum niteliklerin arandığı uygulamalarda kullanılmak üzere 2,25Cr-1Mo; 3,0Cr-1Mo tipinde teller geliştirilmiştir. 450°C’ta hidrokraking yoluyla ham petrolün kükürttten temizleme tesisleri gibi uzun süre 400 ile 600°C sıcaklığa maruz kalan konstrüksiyonlarda gevrekleşmenin vaki olduğu saptanmıştır. Bu

tür olguları değerlendirebilmek için kaynaklı konstrüksiyonların 3000 saat mertebesinde bu sıcaklıklarda bir ısıl işlem den sonra tenasitelerinin saptanması gerekir.

Bu tür deneyler çok uzun ve pahalı olduğundan aynı gevrekleşme olgusuna yol açan bir ısıl işlem türü geliştirilmiştir (bkz. J. Seville.-Optimisation des propriétés des soudures 2,25Cr- 1Mo après STEP COOLING, Revue de la Soudure 3 – 1982/11). Bu, "STEP COOLING – STC" yöntemi olmaktadır (Şek. 32)



şek. 32

Çalışmalar, P, Sn, Sb ve As gibi metalin saflığını bozan elementlerin iş bu gevrekleşmede ve özellikle fosforun segregasyonunda (ayrılıp toplanması) büyük rol oynadığını göstermiştir. Bu itibarla son derece düşük oranlarda bu olumsuz elementlerden içeren özel özlü teller, bu çeliklerin kaynağı için geliştirilmiştir. Aşağıdaki tablo, gaz altında kaynak edilmiş tellerle elde edilmiş birkaç bileşim tipini verir.

ISO V çentik darbe değerleri

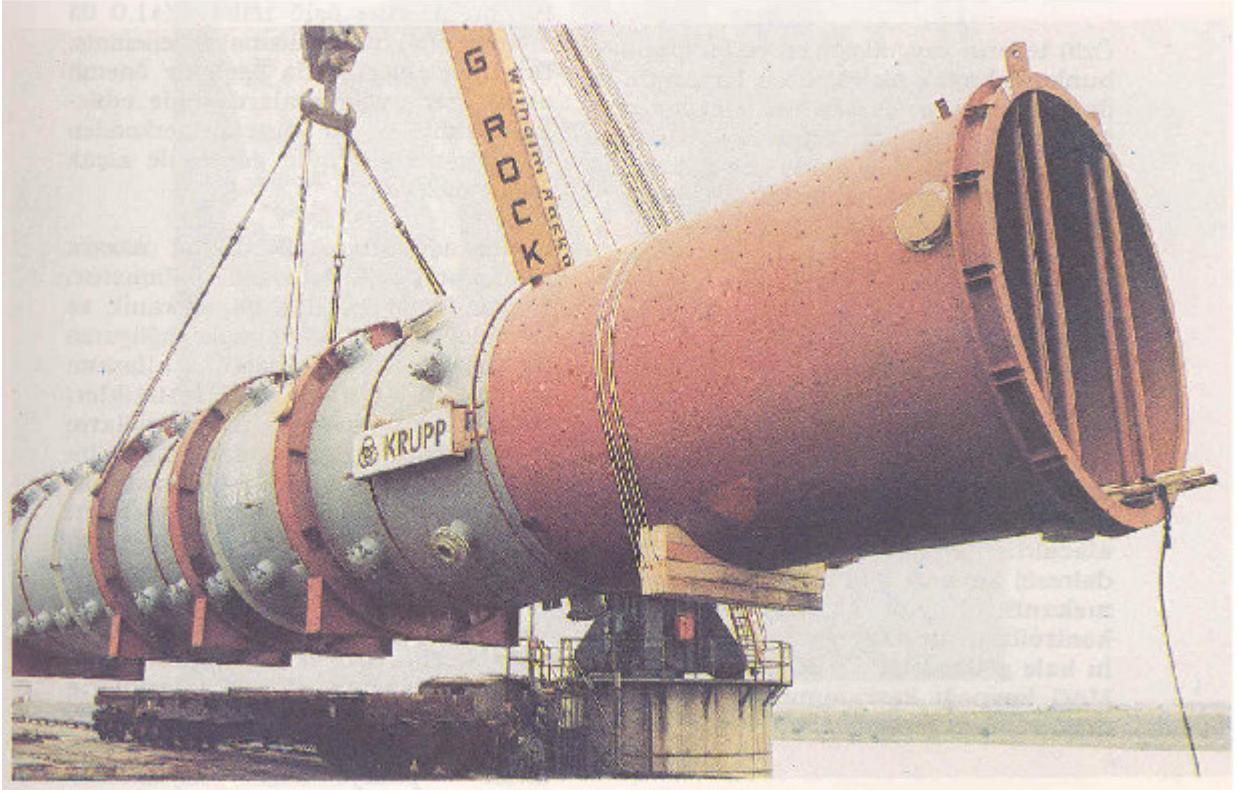
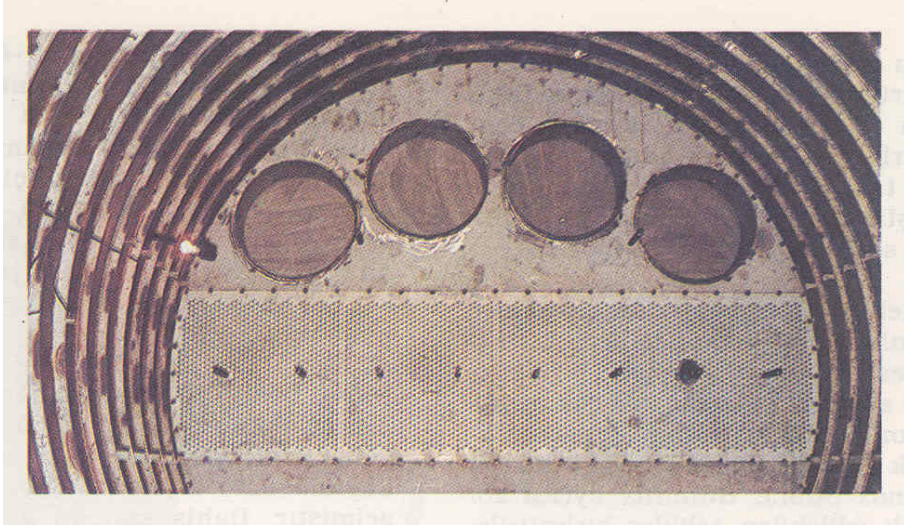
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	As	Sn	Sb
Tip 2, 25Cr – 1Mo*	0,09	0,20	0,60	<0,012	<0,020	2,4	1,0	<0,020	<0,015	<0,003
Tip 3, 0Cr – 1Mo*	0,10	0,20	0,70	<0,012	<0,020	3,0	1,0	<0,020	<0,015	<0,003

(*) Fluxofil 37STC
Fluxofil 37-3 STC

	Isıl işlem	Kopma muk. N/mm ²	Elastik sınır N/mm ²	Uzama %	Charpy V		
					+20°C	0°C	-15°C
Tip 2, 25Cr-1Mo ****	5 sa./650°C/hava +17 sa./690°C/hava	550 - 650	> 450	> 20	>140	>120	>100
	5 sa./650°C/hava +17 sa./690°C/hava +Step cooling	-	-	-	>140	>100	> 60
Tip 3Cr-1Mo ****	5 sa./650°C/hava 17 sa./690°C/ocak	550 - 650	> 450	> 20	>120	>100	> 70
	5 sa./650°C/hava +17 sa./690°C/ocak +Step cooling	-	-	-	>100	> 70	> 55

**** FLUXOCORD 37 STC + 37 STC
FLUXOCORD 37-35STC+OP37STC

Çelik cinsi	DIN	İlâve metal			MAG Kaynağı (Özlü tel)			
		MAG Kaynağı (Dolu tel) Simge	DIN	Ala. Tipi	MAG Kaynağı (Özlü tel) Simge	DIN	Ala. Tipi	
UHI/HI/HII/17 Mn 4	17 155	SG 2	8559	Mn	SG R1 SG B1	8559	Mn	
19 Mn 6	17 155	SG 2	8559	Mn	SG B1	8559	Mn	
H IV L	(17 155)	SG Cr Mo 1	8575	Cr Mo	F 36	-	Cr Mo	
15 Mo 3	17 155	SG Mo	8575	Mo	F 35	-	Mo	
13 Cr Mo 4	17 155	SG Cr Mo 1	8575	Cr Mo	F 36	-	Cr Mo	
10 Cr Mo 9 10	17 175	SG Cr Mo 2	8575	Cr Mo	F 37	-	Cr Mo	
12 Cr Mo 19 5		SG Cr Mo 5	8575	Cr Mo	-	-		
St E 26/ St E 255	SEW - B1. 089 - 70	SG 2 1)	8559	Mn	} SG B1 1) F 40 2)	8559	Mn	
St E 29/ St E 285		SG 2	8559	Mn		-	Mn Ni	
St E 32/ St E 315		SG 2	8559	Mn				
St E 36/ St E 355		SG 2	8559	Mn				
St E 39/ St E 380		SG 2	8559	Mn				
St E 43/ St E 420		SG 2	8559	Mn	F 40 2)	-	Mn Ni	
St E 47/ St E 460		SG 2/SG 3	8559	Mn	F 40/41 2)	-	Mn Ni Mn 1 Ni Mo	
St E 51/ St E 500		SG 3	8559	Mn	F 41 2)	-	Mn 1 Ni Mo	
1)Sag. çek. -40°C'ye kadar								
2)Sag. çek. -60°C'ye kadar								



Şek. 33.- Bir bira mayası kolonunun (altta) içinde Fluxinox 309L ile “siyah – beyaz” birleştirmesi (üstte)

Toz altı kaynağı için STC tozları* geliştirilmiş olup bunlar da safiyeti bozan elementlerden ancak eser miktarlarda içermektedirler. Aşağıdaki tablo bu malzemelerle gerçekleştirilmiş toz altı kaynaklarının deney sonuçlarını gösterir.

Özlü tel uygulamaları arasında yüksek alaşımlı Cr-Ni çeliklerinin birleştirilmesiyle “siyah-beyaz” bileştirmeleri zikredilir. Bunlar için çok düşük karbonlu (ELC) rutil-asit austenitik-ferritik Cr-Ni özlü teli geliştirilmiştir (Fluxinox 309L). Bununla ayrıca zor kaynak edilebilen çelikler birleştirildiği gibi 199CrNi’le kaplanacak saçların ara tabakaları da çekilebilir şöyle ki bu, bir “siyah” ana malzeme üzerine 19Cr-9Ni alaşımının birinci tabakasını oluşturur. Aynı şekilde ısıya dayanıklı çeliklere de uygundur. 1000°C’a kadar da yanmaya dayanıklıdır.

Özlü tellerin yaygınlaşması ve bu arada bunların büyük ölçüde boru kaynağında kullanılması, bu seri halde kaynağa özgü yeni tertiplerin ortaya çıkmasını sonuçlandırmıştır. Bugüne dek dairesel MAG kaynağı hep sabit kafa ve döner iş parçası prensibine göre tasarlanmıştır. Kullanılan tertiplerin çoğu dairesel TIG kaynağı alanında geliştirilmiştir; bunlar bu kez sabit iş parçası, hareketli kafa prensibine uygun olarak meydana getirilmişlerdir.

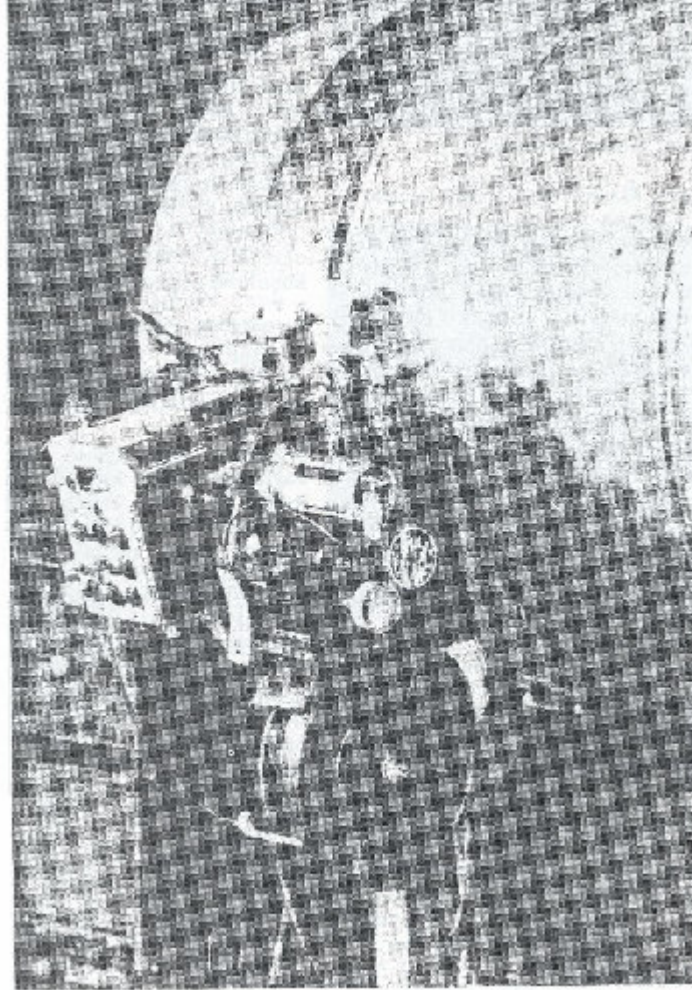
Bununla birlikte böyle bir yöntem, yüksek metal terk etme oranı ve buna bağlı olarak yetersiz ergime tehlikesi dolayısıyla, kaliteyi teminat altına alacaktır. Ayrıca, döner parçaların dairesel kaynağı için gerekli olan ince mekanik, büyük ölçüde elektronik kontrollerin devreyi görmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu itibarla dairesel MAG kaynağı kavramının yenibaştan düşünülmesi gerekmiştir.

Aşağıdan yukarı tırmanan – 6-12 saat pozisyonunda – tertip optimum çözüm olmuştur. Böylece gerekli donanım miktarı önemli ölçüde azalmış olduğu gibi her bireysel dikiş için bütün kaynak parametrelerinin peşinen seçilme olanağını vermektedir. Kaynakçıya sadece kaynak çevresinde küçük intizamsızlıkları düzeltmek işi kalmaktadır.

Daha baştan itibaren, donanım ve proses teknolojisi açısından bazı koşullar saptanmış olup bunların başında kaynak sarf malzemesi, yani telleri gelmiştir. Bahis konusu ana metale uygun çok sayıda dolu tel denenmiş, ancak olumlu sonuç alınamamış olması, rüzgara karşı ek önleme rağmen gözenekliliğe yatkınlık ve pasolar arası ve kenar bölgelerinde yetersiz ergime tehlikesine bağlanmıştır.

Bunun üzerine özlü tellerle ($\phi 1,0$ ile 1,4 mm) bu aynı uygulamalar denenmiş. Bu tip elektrotlarda özellikle önemli olan, özel uygulamalarda elde edilebilen kalite ve bu yöntemle terk edilen kaynak metallere genellikle alçak kusur düzeyidir.

Kalite açısından, ilk dikkat nazara alınanlar bazik özlü teller olmuştur. Her ne kadar bunlar iyi mekanik ve teknolojik nitelikli kaynak sağlıyorsa da bazik özlü tellerin kullanımı bunların kaynak karakteristikleri dolayısıyla sınırlıdır. İri damlaların döner malzeme geçişinden doğan bu sakınca ancak Ar+CO₂+O₂ esaslı gaz karışımı ve pulslu ark yöntemleri kullanılarak istenilen şekilde telafi edilebilirdi. 50Hz'de puls bindirme istenilen düzeye örneğin OERLIKON CPW354 redresörü kullanılarak ayarlanabilirdi. Bu tezgah, puls frekansı esasına göre damlacıkların sayı ve boyutunu denetim altında tutma olanağını sağlamaktaydı. Bu husus, tavan pozisyonunda kaynaklanabilirlik niteliklerinin saptanmasında özellikle önemlidir.



Şek. 34.- OERLIKON MAG-ORBITAL CRC-M-200 (Dairesel kaynak makinası)

Ancak iş bununla bitmeyip bazik özlü tellerin ortalama yaklaşık 2,0 kg/sa olan metal terk etme hızı, eleştiriye maruz kalmıştır. Bu durum özellikle, selülozik elektrotlarla mukayeseli hesapların yapıldığı pipeline imalinde bahis konusudur ve özel cüruf karakteristikli ve bütün pozisyonlarda mükemmel kaynak nitelikli özlü tellerin gelişmesini teşvik etmiştir.

Bu çabalar FLUXOFIL 14 özlü telinin ortaya çıkmasıyla sonuçlanmıştır. Bunun cürufu hızla katlaşıp kaynak banyosuna destek olmaktadır. Damla geçişi üzerine karışım gazın olumlu

etkisi dolayısıyla, kaynak metali bileşimi Corgon 18 (DIN 32526 – M21)* in kullanılmasına uyarlanmış olup böylece tavan pozisyonu için optimum koşullar sağlanmıştır. Ama bütün bunların dışında, saatte 3 kg gibi çok büyük bir kaynak metali terk hızına varıldığı ve bunun bütün pozisyonlarda kaynak edilmesine rağmen başarıldığının vurgulanması gerekir.

Her ne kadar rutil özlü tellerin tokluk nitelikleri genellikle bazik tiplerinkinden aşağı ise de, -200C'ta alçak sıcaklık gereksinmelerini karşılamaktadırlar. Kademeli nikel ilaveleriyle bunların -40°C ve hatta -60°C'ta kullanılmaları sağlanmıştır. Molibden veya krom-molibdenle alaşımlandırılarak bunlar bir başka uygulamada da kullanılmaktadır: ısıya dayanıklı boru birleştirmelerinin ortibal MAG kaynağı.

DONANIMIN BETİMLENMESİ

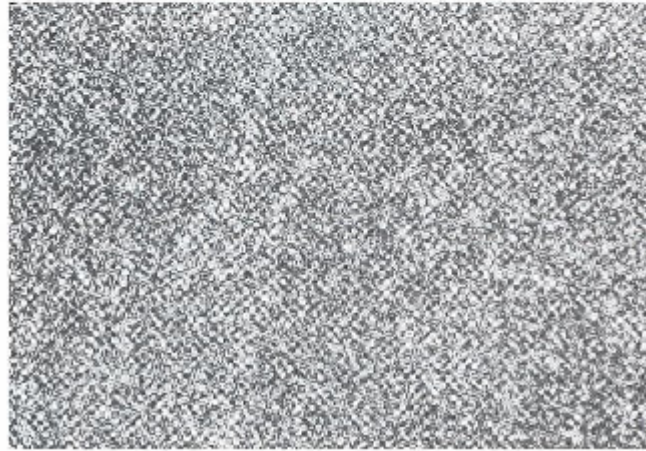
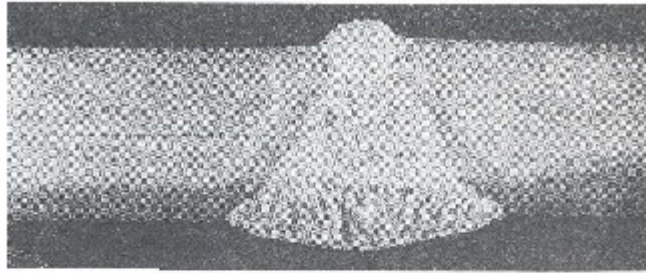
Boru döşenmesi işlerinde karşılaşılan ağır arazi ve iklim koşulları dolayısıyla orbital (dairese) MAG kaynak donanımından bunlara intibak ve esneklik aranmaktadır. Bu itibarla bu donanım her şeyden önce taşınması ve kullanılması kolay olacaktır. Çalışması da her iklim koşulunda temin edilecektir.

OERLIKON CRC M-200 orbital kaynak ünitesi (şek.34) bütün bu gereksinmelere cevap vermektedir. Ağırlığı, tel makarası dahil, 20 kg dır.

Tezgahın hassasiyetiyle hizalanmasını sağlamak üzere kaynak ağzının herhangi bir yanına esnek kenetli kuşaklar tespit edilmektedir. Tam pozisyonu tutturmak için mesafe kamları kullanılır; hızlı bağlantı tırnakları kolay bağlantı sağlar. Saykl süresini (dairese kaynak başına kaynak süresi) mümkün olan asgaride tutmak için tam mekanize kaynak sistemi iki orbital kaynak kafasının kullanılmasını gerektirir. Bunlar “ayna simetrisi” tertibinde ayarlanır ve aynı zamanda çalışırlar.

CRC M-200 orbital kaynak ünitesi maksimum kaynak verimine göre tasarlanmış olup bütün kaynak parametreleri, ezcümle akım şiddeti, çalışma voltajı, durma süresi (sağ/sol), salıntı amplitüdü ve hızı, her kafa için önceden seçilebilir. Bütün bunlar kaynakçının dikkat yoğunlaştırmasını azaltır. Onun görevi sürece nezaret edip özgül yerel koşulları karşılamak üzere kafanın küçük değişimleri ve kaynak parametrelerinde hafif ayarlamalardan ibaret kalır. Bu gibi değişimler kaynak ağzında hafif intizamsızlıkların telafisi için gerekli olabilir. CRC M200 orbital kaynak ünitesi 250mm den büyük çaplı boruların MAG kaynağına uygun olup bunların kenetli kuşakları 350mm'den büyük çaplı borular için olup 50mm'lik kademelerle boylarda mevcuttur. 350mm'den küçük çaplı borular için, tekabül eden mesafe cıvataları kullanılacaktır.

Güç menbaının seçimi, kullanılan özlü tel tipine bağlıdır. Başta söylendiği gibi mükemmel kaynaklar ancak bazik özlü tellerle terk edilebilir, ama bunların pulslu ark teknolojisiyle birlikte kullanmaları gerekir. OERLIKON 'un sabit voltaj puls redresörü, model CPW 354, bu işe uygunluk sınavını vermiştir. Bir thyristor kontrol ünitesiyle donatılmış olup 50 veya 100 Hz frekanslarla puls bindirme için kullanılabilir. Bahis konusu uygulamada, yani ferritik çeliklerin kaynağında, 50Hz'de puls-bindirmenin en iyi sonuç verdiği görülmüştür. Buna karşılık rutil cürüflü özlü telle kaynakta puls-bindirmeye gerek yoktur, şöyle ki bahis konusu akım şiddetlerinde (>200A), kaynaklanabilirlikte herhangi bir düzelme elde edilemez. Bununla birlikte yukarda adı geçen CPW 354 veya 454 puls redresörü normal karakteristikliye dönüştürülebilip böylece her iki durum için bir alternatif arz eder.



Şek. 35.- Fluxofil 14 (ø 1,2 mm) kullanılarak orbital MAG kaynağı. Üstte kaynağın makro kesiti (x2). Altta orta kısmın fotomikrografı (x 200)

Kaynak parametreleri:

Koruma gazı : Corgon 18 (M21)

Akım şiddeti : DA (+)

Akım şekli : 210 A

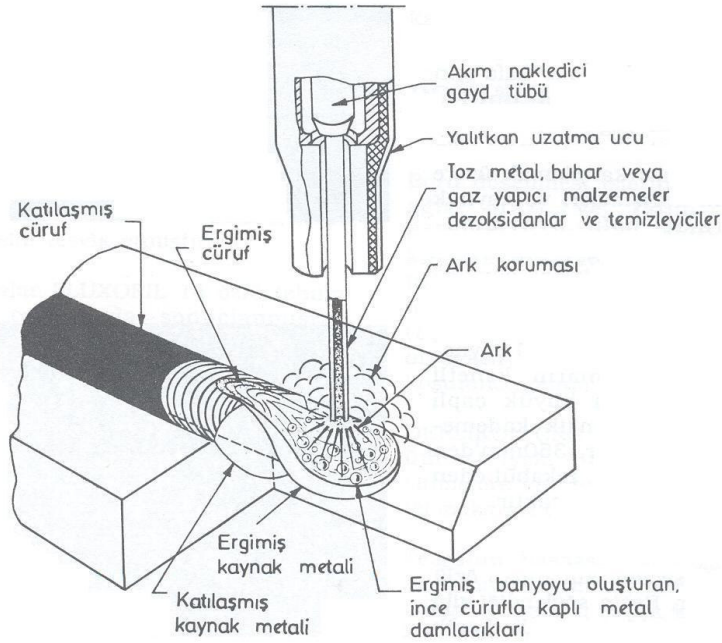
Kaynak gerilimi : 24 V

Kaynak hızı :

- 2. Tabaka 16,6

- 3. Tabaka 19,0
 - 4. Tabaka 15,8 cm/dak
- Akım enerjisi : 26-28,3 kJ/cm

ÖZLÜ TELLE “AÇIK ARK OPEN ARC” KAYNAĞI



Şek. 36.- "Kendi kendini koruyan" özlü telle "açık ark" kaynak sürecinin prensipi

Daha önce söylendiği gibi, dekapana (toza) yeterli miktarda katılmış elementler, arkın sıcaklığında buharlaşarak bir koruyucu gaz hasil edilebilirler ki böylece ergimiş metali çevredeki havadan korunmak için bir dış gaz (CO_2 veya $Ar+CO_2$) gerek kalmaz. Arkın belli bir mesafeden itibaren gaz, mükemmel bir koruma sağlayan bir yoğun buhar halinde yoğunlaşır. Bir cürufun varlığı, soğuma sırasında metalin korunmasını tamamlar.

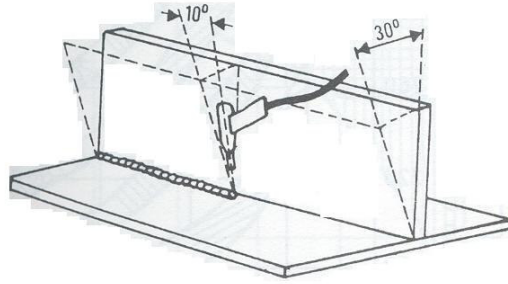
KULLANILAN TEL TİPLERİ

Açık ark kaynağında en çok kullanılan tel tipleri (%50 civarında) yüksek dekapan dolgu oranını haiz kıvrık tellerdir.

Bahis konusu yöntemde arkın arasından ergimiş metalin geçişi arkın basıncı ve özellikle ergimiş metalin içinden bir gaz çıkışı sayesinde olur. Bu gaz başlıca karbon oksit olup dış zarf çeliğinin karbonunun dekapan içinde mevcut oksitlerle reaksiyonundan hasil olur. Bu karbon

kaybı bazen dış zarf levhasının karbonu takviye edilerek telafi edilir. Bu durumda ark gerilimi önemli ölçüde düşürülecektir.

En çok kullanılan çaplar $\phi 2,4$, $3,2$ mm ve otomatik kaynakta $\phi 4$ mm dir. Bunlar yüksek akım şiddetlerini gerektirir. Ama açık ark kaynağının başlıca uygulama alanı olan (sert) dolgu alanında bant özlü tellerde devreye girer ki dolgu kaynaklarının ayrıntılarına aşağıda gireceğiz.



Şek. 37



şek 38

Bu arada, tamir bakım işlerinde de açık ark özlü tellerinin büyük avantajlar sağladığını belirtelim. Şek. 37, birleştirme işinde pense tutuş şeklini gösterir. Böylece dik saçta oyuk oluşması ve dikişin (banyonun) yatay saç üzerine akması önlenmiş olur. Şek.38 de bir kepçe çarıklarının tamir ve dolgusu görülür.

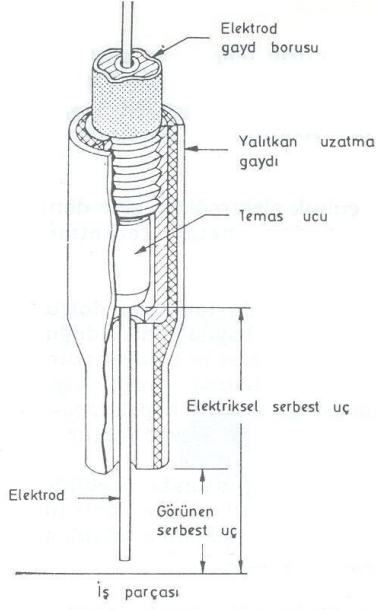
Gerçekten bu özlü tellerin iyi alıştırmamış parçaların (kırıkların) birleştirilmesine yatkınlıkları bir kesin yarar olmaktadır. Avantajları özetleyecek olursak:

1. Örtülü çubuk elektrotlara göre dört katına kadar metal terk etme kabiliyeti
2. Arazide, şantiyede tamir ve dolgu işlerinde, toz altı kaynağında olduğu gibi tozun taşınması ve bakiye tozun toplanması tertibatına; gaz altı kaynağında olduğu gibi gaz depolanması vb. gerekli gereçlere ihtiyaç yoktur.
3. Normal koşullar altında özellikle alçak hidrojenli (LH) örtülü elektrotlarda karşılaşılan rutubet alma sorunu yoktur.
4. Açık arazide çalışmada, gaz altı kaynağında olduğu gibi rüzgar siperine gerek göstermez.

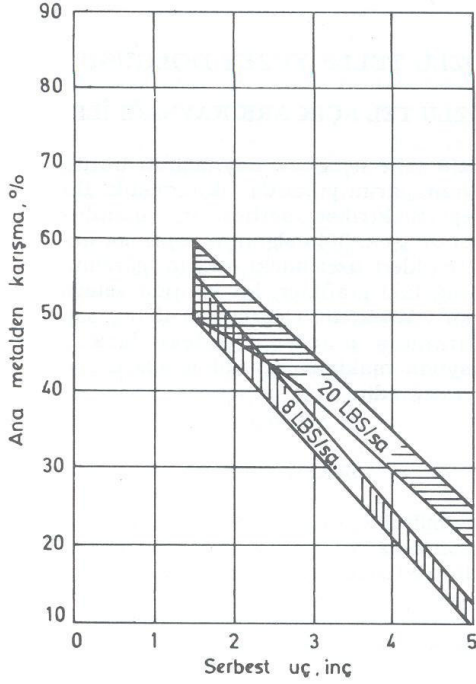
ÖZLÜ TELLE YÜZEY DOLGUSU

ÖZLÜ TEL AÇIK ARK KAYNAĞI İLE

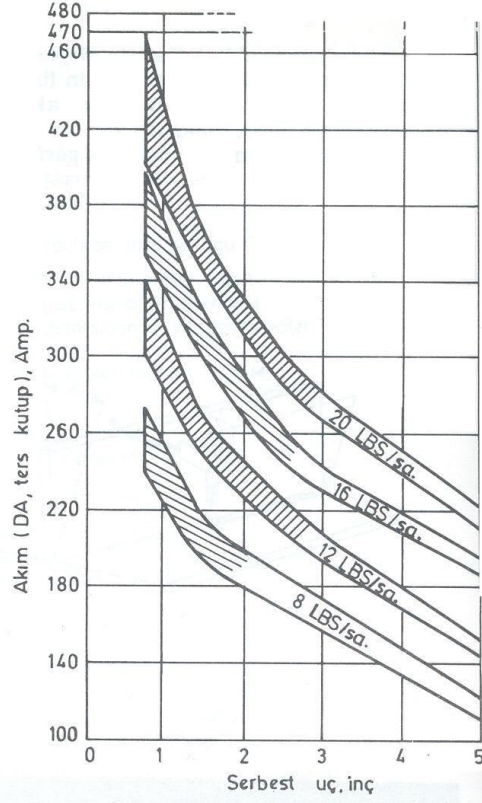
Özlü telle açık ark kaynağının bütün avantajlarını yukarıda zikretmiştik. Bu kez “Elektriksel serbest uç” uzunluğunun (şek.39) dolgunun çeşitli karakteristikleri üzerindeki etkisini görelim. Aşağıdaki grafikler, bu konuda yeterli fikir vermektedir ($11b/sa = 0,454 \text{ kg/sa}$). Taranmış alanlar içindeki farklar kaynak makinesinin voltaj ayarından gelmektedir.



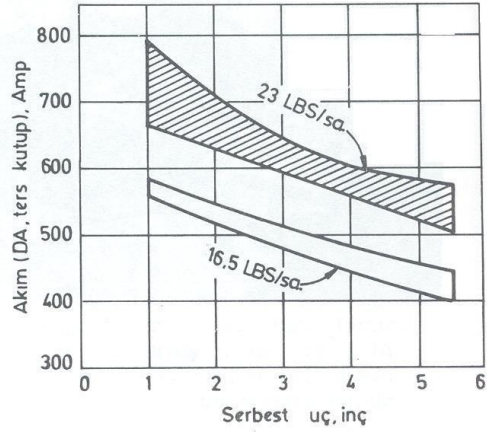
Şek. 39.- Elektriksel serbest uç, elektrod telinin elektriksel temas noktasıyla ark arasındaki uzunluğudur



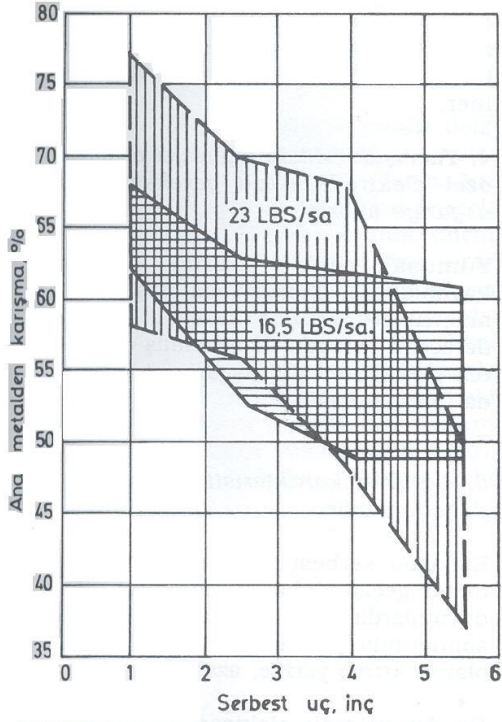
Şek. 41.- Aynı koşullarda CO₂ altında serbest uç uzunluğuna göre ana metalden karışma oranları.



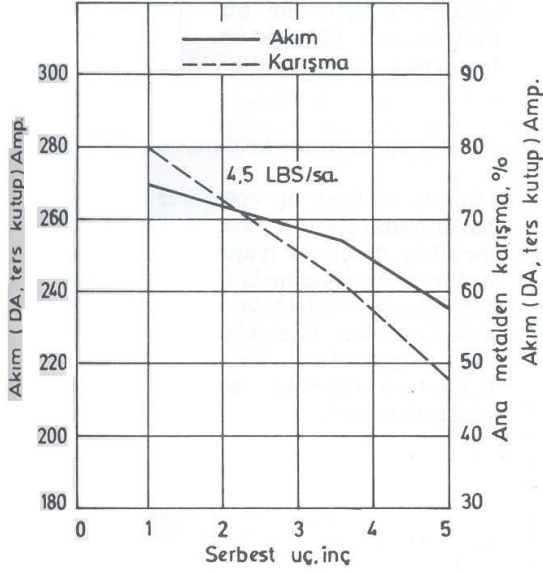
Şek. 40.- ϕ 1/16 in özlü tel ve 40 ft³/sa debide CO₂ ve 8 ilâ 20 ft/sa metal terketme hızları ile yumuşak çelik üzerine yapılmış kaynaklarda elektriksel serbest uç uzunluğuna göre kaynak akım şiddetleri



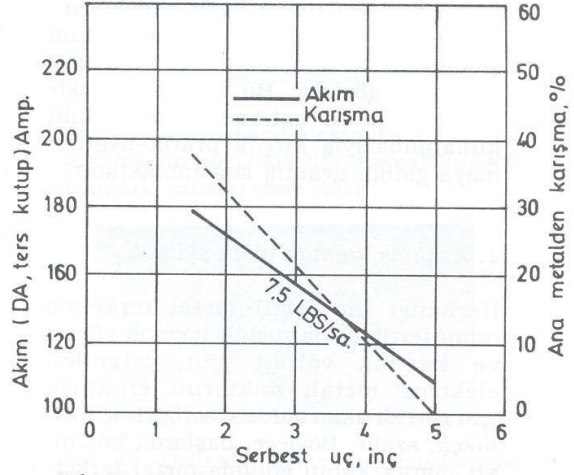
Şek. 42.- ϕ 5/32 in özlü telle tozaltında ve 16 1/2 ve 23 lb/sa metal terketme hızlarıyla yumuşak çelik üzerine yapılmış kaynaklarda serbest uç uzunluğuna göre kaynak akım şiddetleri



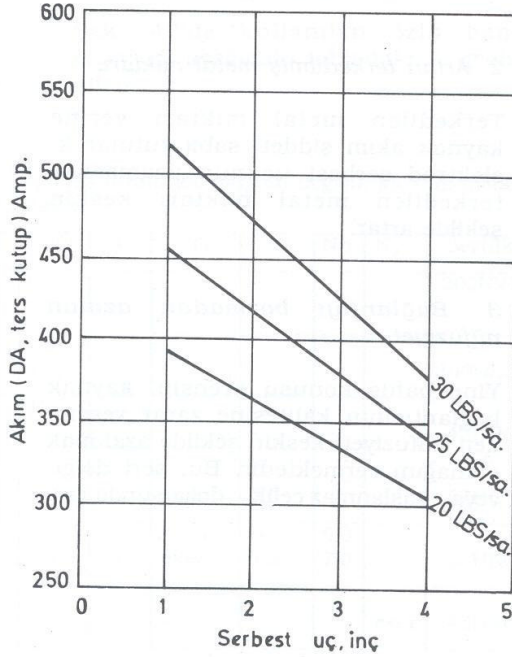
Şek. 43.- Şek. 42' deki koşullarda tozaltı kaynağında serbest uç uzunluğuna göre ana metalden karışma oranları



Şek 45.- Asal gaz koruması altında serbest uç uzunluğunun alüminyumun kaynak karakteristikleri üzerinde etkisi



Şek. 44.- Asal gaz koruması altında serbest uç uzunluğunun paslanmaz çeliğin kaynak karakteristikleri üzerindeki etkisi



Şek. 46.- Bir açık-ark özlü dolgu teliyle yapılmış araştırma deneyleri

SONUÇLARIN ÖZETİ

Son yıllarda elektrod telinin I2R ısınmasının öneminin iyice bilincine varılmıştır. Yukarıdaki sonuçlar, ana metal malzemesi veya kullanılan kaynak süreci tipine bağlı olmaksızın, serbest uç uzadıkça kaynak akım şiddetinin ve ana metal karışmasının azaldığını gösterir. Bu kontrollü elektrod telinin ön ısıtılması prensibinin kullanılmasıyla birçok pratik uygulamaya gidilip avantaj sağlamaktadır.

1. Azalmış kaynak akım şiddeti

Herhangi bir özgül metal terk etme oranı tertibi, ana metali, kaynak süreci ve kaynak voltajı için, istenilen elektrod metali miktarını ergitmek için gerekli akım şiddeti, serbest uç uzadıkça, azalır. Böylece, başlarda imkansız olarak kabul edilmiş metal terk etme miktarlarına varmak için sınırlı kapasitede güç menbalarının kullanılması imkan dahiline girmektedir.

2. Artan terkedilmiş metal miktarı

Terk edilen metal miktarı yerine kaynak akım şiddeti sabit tutularak, elektrod serbest ucunun uzamasıyla terk edilen metal miktarı keskin şekilde artar.

3. Bağlantıyı bozmadan azalan nüfuziyet

Yine bahis konusu prensip, kaynak bağlantısının kalitesine zarar vermeden nüfuziyeti keskin şekilde azaltmak olanağını vermektedir. Bu, sert dolgu veya paslanmaz çelik dolgusunda faydalı olabilir şöyle ki karışma oranı azalır ve dolayısıyla terk edilen metalin bileşiminde değişimler asgariye iner.

4. Yumuşak çelikte nüfuziyet azalması özel elektrod metali gereksinmesini asgariye indirir.

Yumuşak çelik üzerine yapılmış kaynaklarda, önceden ısıtılmış tellerin arz ettikleri azalmış karışma, yüksek derecede oksitten temizlenmiş elektrod teli gereksinmesini asgariye indirir ya da tümünden kaldırır.

5. Çalışma karakteristikleri daha iyi denetlenebilir.

Elektrod serbest ucunun uzamasıyla metal geçişi daha küresel olur. Bazı durumlarda metal geçişinde bu değişim sonucunda püskürme düzeyi, normal olarak artma yerine, azalır.

Bu ön ısıtmalı elektrod telleri, aşırı nüfuziyet ve kötü dikiş çevresi arz etmeden kısa arklar ve yüksek akım şiddetleriyle başarılı olarak kullanılabilirler. Böylece de bu teknikle ince malzemeler yüksek metal terk etme hızlarıyla kaynak edilebilirler.

6. Arkı tutuşturma kolaylığı azalması

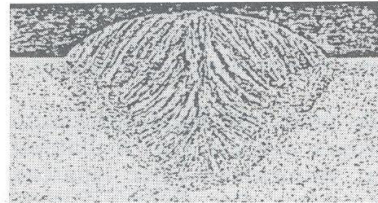
Uzamış serbest uç çoğu kez kaynağa başlamada güçlük arz eder. Telin ana metalde donması (yapışması) halinde bütün serbest uç hızla ısınır ve olmadık bir yerinden ergiyebilir. Bu durumlarda ark ucundan başka yerde ergimeler sürüp gidebilir. Bu itibarla arkın tutuşturulmasına bir özel itina gösterilecektir.

ÖZLÜ BANT ELEKTRODLARLA KAPLAMA VE SERT DOLGU

Dolu bant elektrodlarla toz altı dolgu kaynağında, gaz altı kaynağı ve yuvarlak dolu telle toz altı kaynağında kıyasla, daha büyük bir ergime ve metal terk etme kapasitesinin dışında, önemli ölçüde daha az bir karışma oranı olduğu bilinir. Bunun kaplama ve sert dolgu kalite ve ekonomiklik açısından önemini vurgulamaya gerek yoktur. Bunun dışında bant elektrod kullanıldığında düzgün bir dolgu yüzeyi elde edilir ki bunun anlamı bir bakıma daha az bir dolgu yüksekliği demektir. Böyle olunca da nihai işlenme işçiliği azalmış olur.



Şek. 47., Özlü band elektrodla (19x1mm) yapılmış kaynak (700A, 26v, kaynak hızı 300 mm/dak, karışma oranı %32)



Şek. 48.- Dolu telle (4mm) yapılmış kaynak (700A, 32v, kaynak hızı 600 mm/dak, karışma oranı % 63).

Şek. 47’de kullanılan özlü bant elektrod, aşağıdaki tablodaki 2. gruba aittir.

Çeşitli özlü bant elektrod ve bir bazık tozla yapılmış tozaltı kaynağının değişik kaynak metali alaşımlarının bileşimi (3. tabaka değerleri, % ağırlık)

Grup	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Ti	W	Nb	N ₂	Sertlik
1	0,03- 0,06	0,20- 0,30	1,30- 1,50	- 2,0	0- 0,5	0-	-	-	-	-	-	200HV10
2	0,08- 0,15	0,15- 0,25	0,70- 0,80	2,2- 2,8	-	0,8- 1,2	-	-	-	-	-	300HB30
3	0,12- 0,18	0,25- 0,35	1,45- 1,60	1,5- 6,0	-	1,5- 3,2	-	-	-	-	-	42HRC
4	0,30- 0,50	0,50- 2,50	1,45- 1,60	5,5- 9,0	-	0- 1,6	-	eser	0- 2,0	-	-	57HCR
5	5,00- 6,00	1,00- 1,50	0,60- 1,20	18,0- 30,0	-	0- 3,6	0- 1,0	eser	0- 1,0	5,0- 7,0	-	65HRC
6	0,10- 0,16	0,60- 0,90	1,00- 1,40	13,0- 15,0	1,5- 3,3	0,5- 0,6	-	-	-	-	eser	46HRC

DOLGU YÜKSEKLİĞİ DENETLEYEN PARAMETRELER

Özlü bant elektrodla toz altı kaynağı için sabit gerilim karakteristikli redresörler en iyi sonucu vermektedir. Tercihen (+) kutupta çalışılır. Göreceli olarak küçük bant genişliği dolayısıyla bütün bant genişliğinde arkın uniform dalgalanmasını sağlamak için dıştan bir yabancı magnetik alan gerekmez.

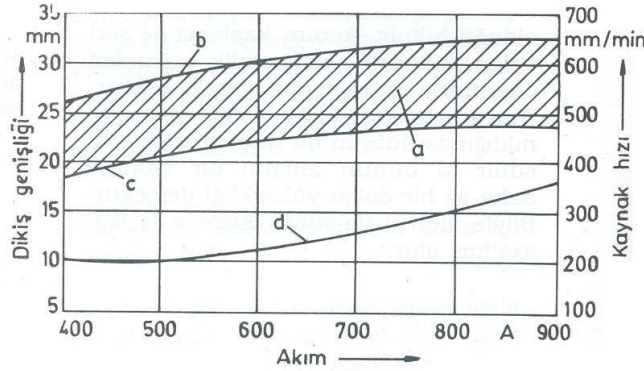
Alternatif akım ve DA, elektrod (-) kutupta çalışmak da, seçilecek toza göre, mümkündür. Ancak bu hususta uzmanın görüşü ve değişen katılaşma geometrisi dikkat nazara alınacaktır.

Aşağıdaki tablo yine bant boyutlarına göre proses verileri için kullanılan değerleri vermektedir. Her iş parçası ölçü ve şekline göre ergitme kapasitesini artırmak için en büyük akım şiddeti kullanılacaktır.

Özlü bant elektrodun boyutlarına bağlı olarak kaynak parametreleri

Band (mm)	A	V	Ergime kg/sa
10x1	400 - 600	25 - 29	6 - 10
15x1	450 - 700	26 - 29	6,5 - 11
20x1	500 - 800	26 - 29	7 - 12,5
25x1	580 - 900	27 - 30	8 - 13,5
30x1	650 - 1000	27 - 30	8 - 15

Akım şiddetlerinin ve kaynak hızının değişmesiyle ister istemez dolgu kaynağının tüm verileri de değişir. Buna göre dolgu yüksekliğinin kesitte 3 ile 5,5 mm arasında kalacak şekilde akım şiddeti ile kaynak hızı seçilir. Bunların değişmesiyle karışma oranının da değişeceğini biliyoruz. Bu dahi örneğin bir 20x1 mm bantta %27 ile 32 arasında değişir. Dikiş altı ıslatma (nüfuziyet) kusuru, cüruf girmeleri ve bindirme hatalarından tümünden kaçınmak için bu karışma oranlarının zorunlu olduklarını uygulama göstermiştir. Keza, kullanıcı için dikiş genişliğinin büyük anlamı vardır. Şek. 49'da bu genişlik 10 ve 20 mm'lik bant elektrotlar için verilmiştir.



Şek. 49. – Enine tertiplenmiş özlü bant elektrotla toz altı kaynaklarında dikiş genişliği, kaynak akım şiddeti ve kaynak hızları arasında ilişki. a, dikiş genişliği; b, 20x1 mm özlü bant elektrot; c, 10x1 mm elektrot; d, kaynak hızı

Bu ortalama değerler sadece kaynak yönüne çapraz bantla elde edilmiş olanlardır. Dikiş genişliğini artırmak için iki çapraz tertiplenmiş bant kullanılacaktır.

KAYNAK METALİNİN SERTLİK DEĞERLERİ

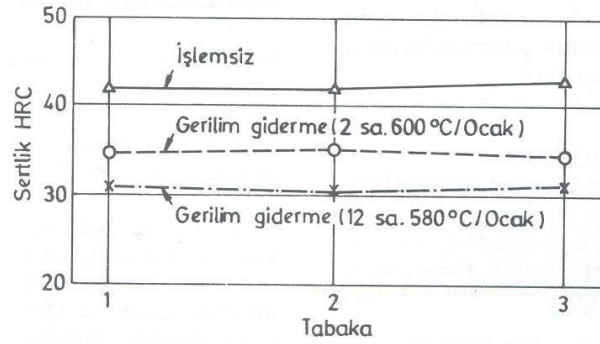
Krom-molibden esaslı alaşımların seçiminde en büyük koşul meneşive, yani çalışma (işletme) sırasında hasıl olacak sıcaklığa dayanma koşuludur. Buna, kaynak metalinin sertliğine yakın stabilize edici krom karbürü ve molibden (yakl. %1,5) içermesiyle ulaşılabılır.

Özlü band elektrotla(*) yapılmış dolguda kaynak metalinin bileşimi (%)

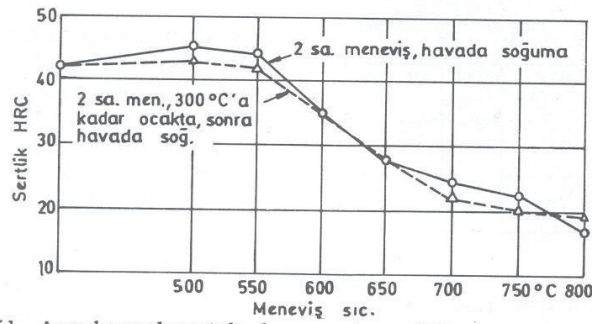
Toz	değer	tabaka	C	Si	Mn	Cr	Mo
A	bulunan	1	0,123	0,75	1,50	4,94	1,33
A	bulunan	2	0,129	0,86	1,52	5,87	1,52
A	bulunan	3	0,131	0,92	1,56	6,09	1,64
A	gerekli		0,130	0,90	1,60	6,00	1,60
B	bulunan	1	0,136	0,22	1,48	4,75	1,25
B	bulunan	2	0,144	0,23	1,55	5,78	1,53
B	bulunan	3	0,147	0,21	1,58	6,07	1,62
B	gerekli		0,150	0,20	1,60	6,00	1,60

(*) Ana metal, 20mm kalınlıkta HII kazan saçı

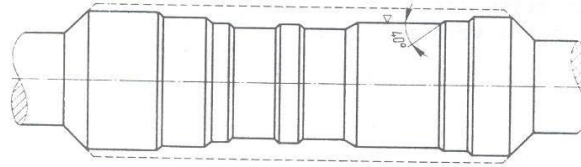
Aşağıdaki grafikler, pratikte elde edilen sonuçları gösterir.



Şek. 50.- Tabaka sayısına göre, 24x1 mm'lik özlü band elektrodla yapılmış bir tozaltı dolgu kaynağının sertlik seyri. Yukardaki tabloya göre toz A, bileşimi 3. tabakadadır



Şek. 51.- Aynı kaynak metalinde meneviş sıcaklığına göre sertliğin seyri



Şek. 52.- İş parçasının ön hazırlığı: merdane uzunluğu, 4300 ilâ 4800 mm; torna öncesi çap, 360 ilâ 580mm; bitmiş çap 450 ilâ 600 mm

S	41,7	46,0	43,0	41,9	43,0	47,4	44,2	45,8	47,4
D	48,6	49,2	48,0	48,9	47,7	50,4	47,9	48,6	49,2
S	41,0	45,0	48,0	46,2	47,0	46,2	46,0	43,4	45,0
D	43,4	46,2	47,4	45,6	47,4	46,8	49,8	48,0	50,3

Şek. 53.- Sertlik deney verileri (HRC). S, gerilim giderme tavından sonra; D, tornadan sonra; iki ölçüm noktası arası 500 mm

AŞINMAYA KARŞI YÜKSEK ALAŞIMLI ÖZLÜ TELLER

Şimdi de “yüksek derecede alaşımli hiperötektik dökme demir” tipinde iki özlü teli irdeleyeceğiz. Bu tür dökme demirler soğuk ya da sıcakta abrazyon yoluyla ağır aşınma durumlarında uygulama alanı bulurlar.

TERK EDİLEN DÖKME DEMİRLERİN KİMYASAL BİLEŞİMİ

Aşağıda tabloda sırasıyla A43 ve A45 olarak simgelenen teller tarafından terk edilmiş alaşımların bileşimleri görülür. Bu simgeler bu aynı alaşımların elle örtülü elektrotlar tarafından terk edilen ABRASODUR 43 ve 45’e tekabül ederler.

	C	Cr	Nb	Mo	W	V
A 43	6	22	6,5	-	-	-
A 45	5,5	22	6	7	2	1

Bu tabloya göz atıldığında şu hususlar belirir:

1. Bahis konusu alaşımlar, kromlu dökme demirler adı verilen sınıfa dahildir;
2. Krom ve karbon içeriklerinin dışında bunların öbür müşterek karakteristiği, önemli miktarda niobium içermeleridir. Bu niobiumun amacı, iyice bilinen primer altı köşeli krom karbürlerinin yanlarına çökelen ek karbürler oluşturmaktır.
3. A45 tipi bunun dışında önemli miktarlarda Mo-W-V içerir ki bu maddeler, 650°C’ a çıkabilen sıcaklıkta alaşıma fevkalade yüksek abrazyon mukavemeti sağlamak amacını güderler.

TERK EDİLEN DÖKME DEMİRLERİN İÇ YAPILARI

Şek. 54’de %0,2 karbonlu, alaşımsız bir çelik üzerine yapılmış bir dolgunun birinci ve ikinci tabakalarında bahis konusu bu dökme demirlerin metallografik iç yapıları görülür.

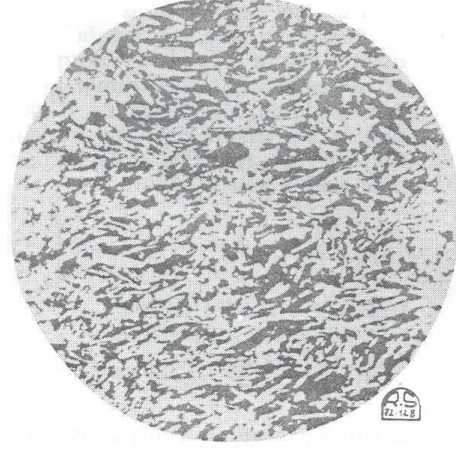
Siyah olarak beliren faz, austenitik iç yapıda olan matrisi temsil eder. Beyaz fazlar karbürlerdir. Krom karbürleri, altı köşeli kesitte iğneler şeklinde iyice gelişmiştir. Niobium karbürlerinin özelliği, köşeli olmayan partikül kümeleri halinde çökelmeleridir.

Bu özel doku, eşit toplam karbür miktarlarında, Cr-Nb’lu dökme demirlerin, sadece kromlulara göre darbelere daha az duyarlı olmalarını izah eder. Ayrıca, niobium karbürü çok sert olup varlığı, aşınmaya mukavemeti hissedilir derecede artırır.

Şek. 54'ün tetkikinden iç yapıların hepsinin iyi gelişmiş karbürlü hiperötektik tipinde oldukları anlaşılır. Bunun anlamı, A43 ve A45'un pratik olarak genellikle kaynaklarda görülen bir karışmanın etkilerine duyarlı olmadıklarıdır.



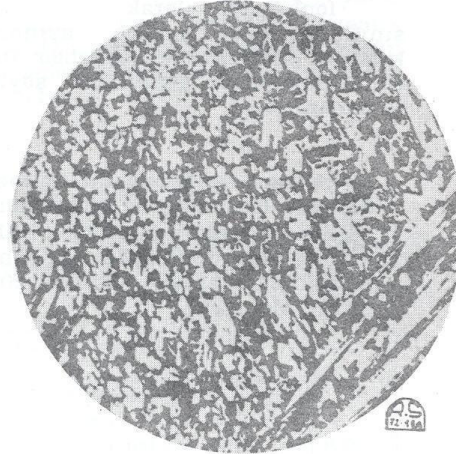
Şek. 54.- A43 alaşımı
1. tabaka



Şek. 54.- A43 alaşımı
2. tabaka



Şek. 54.- A45 alaşımı
1. tabaka



Şek. 54., A45 alaşımı
2. tabaka

Yani başka bir deyimle bu alaşımlar, tek bir tabaka halinde karışmış halde bile niteliklerinin esasını muhafaza etmektedirler. Klasik kromlu dökme demirlerde bu böyle değildir : 4C-30Cr tipinde bir dökme demirde, karışmış halde iç yapı, iyi gelişmemiş karbürlü hipo-ötektik hale dönüşür.

BAHİS KONUSU DÖKME DEMİRLERİN AŞINMAYA MUKAVEMETİ

Sertlikle abrazyon yoluyla aşınmaya mukavemet arasındaki basit bağıntı ancak homojen mikro-iç yapılı alaşımlar için geçerlidir.

Karbür çökeltmeli alaşımlarda sertlik ölçümü bütün anlamını kaybeder ve alaşımların, aşınmaya mukavemetinin fonksiyonu olarak bir temsili sınıflandırması sadece “aşınma katsayısı” esasına göre yapılabilir. Bu tür katsayılar genellikle şöyle tanımlanırlar:

- Bir referans çelik numunesi olsun; numune, laboratuarda belli aşınma koşulları altında χ gramlık bir kitle kaybına uğruyor. Kabul olarak buna tekabül eden aşınma katsayısı 100 olarak alınıyor;
- Aynı koşullar altında γ gramlık bir kitle kaybeden bir alaşımın aşınma katsayısı $\delta = (\gamma/\chi) \cdot 100$ ile verilir.

Aşağıdaki tabloda, 4C-30Cr’lu bir dökme demirinki ile kıyaslanmış olarak A43 ve A45 dökme demirlerinin aşınma katsayıları görülür.

	1. tabaka	2. tabaka
4C-30 Cr	Karışma düzeyine göre % 11 ilâ 42	1,5 ilâ 2,7
A43	0,4	0,4
A45	0,25	0,25

Görüldüğü gibi A43 ve 45de karışma, 4C-30Cr’dakinin aksine, aşınma katsayısı üzerinde hiçbir olumsuz etki yapmamıştır.

Aşağıda tabloda, bir yüksek fırın yükleme tertibi üzerinde, deneyle sınai uygulama arasındaki tutarlılığı verir. Burada A45 ile lamine, dökme veya kaynakla doldurulmuş alaşımlar ve seramik malzemeler için pratikte gözlenmiş aşınma oranları görülür.

Malzemeler	Aşınma
	cm ³ /100t/dm ²
A45	0,086
NiCr dökme demir BF 954	0,106
GS dökme demir Mechanite WSH2	0,150
Kromlu dökme demir BF 253	0,189
Tungsten karbürüyle dolgu	0,238
Slagceram	0,565
Hafif alaşımlı dökme demir CH/H	0,770
Dökme bazalt	0,920
Lamine EN 8	1,09
Ergimiş alümin ZAC 1681	1,20
Alaşımlı çelik LOYCON QT	1,46
LEFCC tuğla	2,20
REFRAC 20	3,71
Refrakter beton (ALCONITE 1)	6,95

“DÖKME DEMİR” ÖZLÜ TELLERİ

TEL TIPLERİ

A43 ve A45 telleri iki varyant halinde mevcuttur.

- “Açık ark” varyantı; başlıca $\phi 2,8$ mm çapında kullanılıp sırasıyla A43-0 ve A 45-0 ile gösterilirler.
- “toz altı arkı” varyantı; başlıca $\phi 4,0$ mm çapında kullanılıp sırasıyla A43-S ve A45-S ile gösterilirler. Bu tellerle birlikte kullanılan toz, alaşımsız bazik bir toz olup SA ile gösterilir.

KULLANMA TEKNOLOJİLERİ – PARAMETRELER

a. “O” tellerinde

En sık kullanılan teknolojiler şunlardır;

- yarı-otomatik dolgu;
- tek tel ile ve yanal salınlı veya salıntsız otomatik dolgu;
- paralel iki telli (“ikiz ark”), yanal salınlı veya salıntsız otomatik dolgu. Aşağıdaki tablo, bütün hallerde kullanılan parametreleri verir:

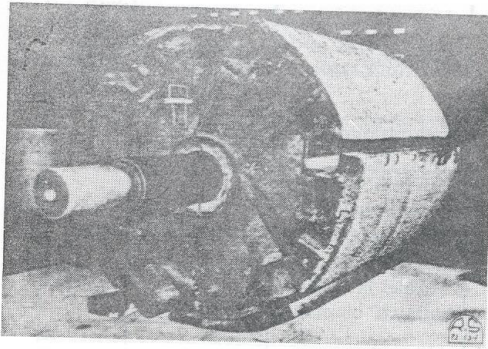
Teknoloji	Parametreler A	Ortakma terk edilen metal kg/sa
yarı-otomatik	350	6-7
Tek telli, yanal salınlı veya salıntsız otomatik	450	8-9
Paralel iki telli “ikiz ark” otomatik	650-700	12

b. "S" tellerinde

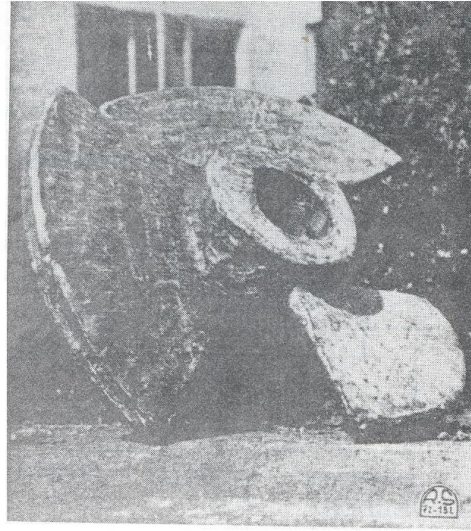
Bunda da teknolojiler tek ve çift ("ikiz ark") telle dolgudan ibarettir. Parametreler şunlardır:

Teknoloji	Parametreler	ortalama terk edilen metal (kg/sa)
Tek tel ϕ 4mm	450A-30V 40cm/dak	
Paralel çift tel ϕ 4mm "ikiz ark"	780-800A 30V 45cm/dak	serbest uç uzunluğuna göre 10 ilâ 16

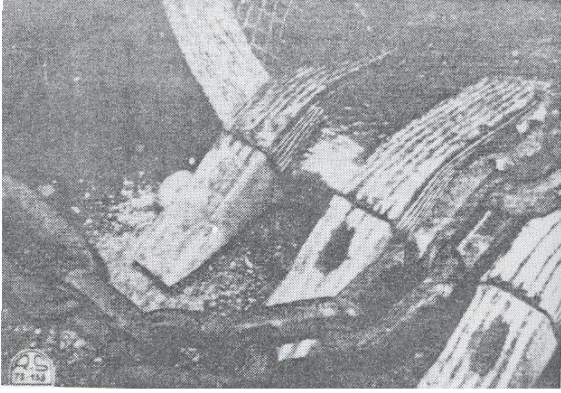
"DÖKME DEMİR" ÖZLÜ TELLERLE UYGULAMA ÖRNEKLERİ



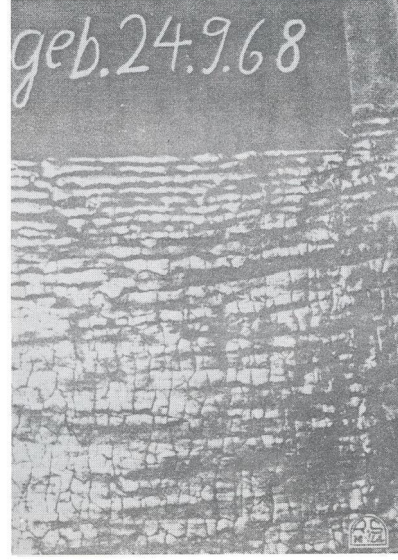
Şek. 55.- Bir HAZEMAG ezicisinin A 43 ile doldurulmuş silindiri. Lama yuvaları iyice görülür



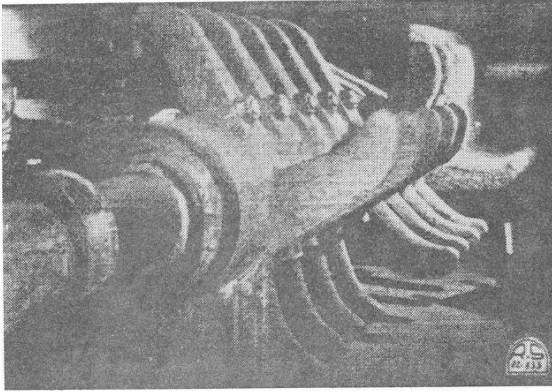
Şek. 56.- A43 ile doldurulmuş karmaç kanatları



Şek. 57.- A43 ile doldurulmuş ekskavatör dişli keçesi



Şek. 60.- Şek. 59'daki kampana dolgusunun yakından görünüşü. Yüksek derecede alaşımli kromlu dökme demirlerin ince çatlaklı klasik görünümü kaydedilecektir; bunda hiçbir kabuklanma bulunmayıp 2.10⁶ ton malzeme geçtikten sonra çok az belirgin aşınmaya dikkat edilir



Şek. 58.- A45 ile doldurulmuş parçalayıcı. Çalışma sırasında sıcaklık 600 ilâ 650°C

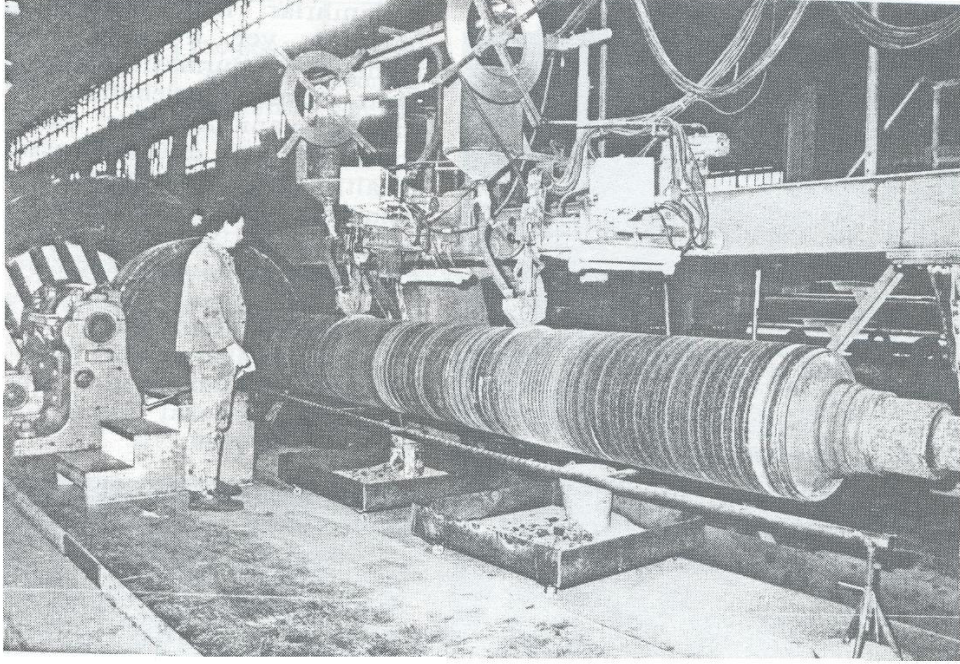


Şek. 59.- Bir küçük yüksek fırın kampanasının çarpma yüzeyi A45 ile doldurulmuş. Resimde bunun iki yıl hizmetten sonraki hali görülür

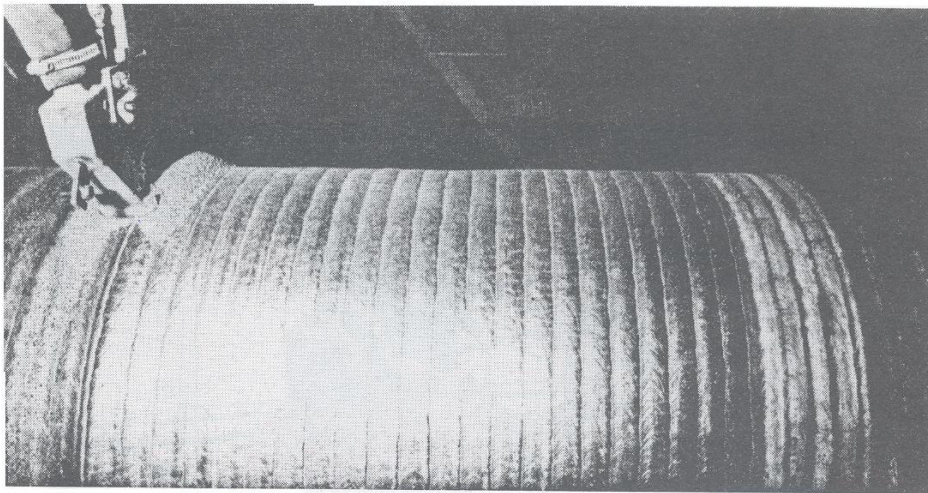
Endüstride aşınma konusunun önemini vurgulamaya gerçekten gerek yok, şöyle ki Federal Almanya'da bunun her yıl birkaç milyar DM zarara yol açtığını söylemek yeterlidir. Bunda sadece demir-çelik endüstrisinin payı yaklaşık 1,5 milyar DM olmaktadır. Bu itibarla bu masrafların azaltılmasına yönelik sistematik yöntem bulunması bütün ilgileri toplamaktadır. Bir çelikhanede aşınmaya maruz parçaların büyük bölümü arasında aksenel olarak simetrik blooming hadde merdaneleri özellikle önemli olmaktadır: bunlar hem çok sayıda kullanılırlar, hem de ana üretim hattında yer almakla bunların herhangi bir durması halinde büyük zarar

meydana gelebilmektedir. Bu itibarla yapılmış titiz çalışmalar sonucunda yine özlü bant elektrotla toz altı dolgu kaynağında karar kılınmıştır. Bu merdanelerde (şek. 52 ve 53e bkz.) FLUXOMAX serisi özlü bant elektrotlar kullanılmaktadır.

Bu merdanelerin aksenal olarak simetrik parçalar olmaları dolgu işinde kolaylık sağlamaktadır şöyle ki herhangi bir eski torna, bu işte kullanılabilir (Şek. 61).



61.- Bir torna üstünde puntaya alınmış ve iki kafa ile tozaltı dolgu kaynağı yapılan merdane



Şek. 62.- Dolgusu yapılan yüzeyden görünüş

AWS Sınıflandırması	Bileşim, max. (%)						
	Mn	Si	Ni	Cr †	Mo †	V †	Al
E60T-7	1.50	0.90	0.50	0.20	0.30	0.08	1.8
E60T-8	1.50	0.90	0.50	0.20	0.30	0.08	1.0
E70T-1	1.75	0.90	0.30†	0.20	0.30	0.08	-
E70T-2	Kimyasal istek yok						
E70T-3	Kimyasal istek yok						
E70T-4	1.50	0.90	0.50	0.20	0.30	0.08	1.8
E70T-5	1.50	0.90	0.30†	0.20	0.30	0.08	-
E70T-6	1.50	0.90	0.80	0.20	0.30	0.08	-
E70T-G	Kimyasal istek yok						

Özlü tel elektrodlar için gerekli bileşim

STANDARDLAR

KENDİNİ (GAZSIZ) KORUYAN ÖZLÜ TEL ELEKTRODLA KARBONLU VE ALÇAK ALAŞIMLI ÇELİKLERİN KAYNAĞI

Daha önce irdelenmiş olduğumuz gazsız olarak kendini koruyan “açık-ark” özlü tel elektrodu ile kaynak sürecinin göreceli olarak yeni bir çalışma şekli olması itibariyle bu tellerin elle yarı-otomatik olarak kullanılması, kaynakçılarda bir endişe yaratır.

Ancak deneyimli bir kaynakçının bir gün içinde gerekli performansa ulaştığı görülmüştür.

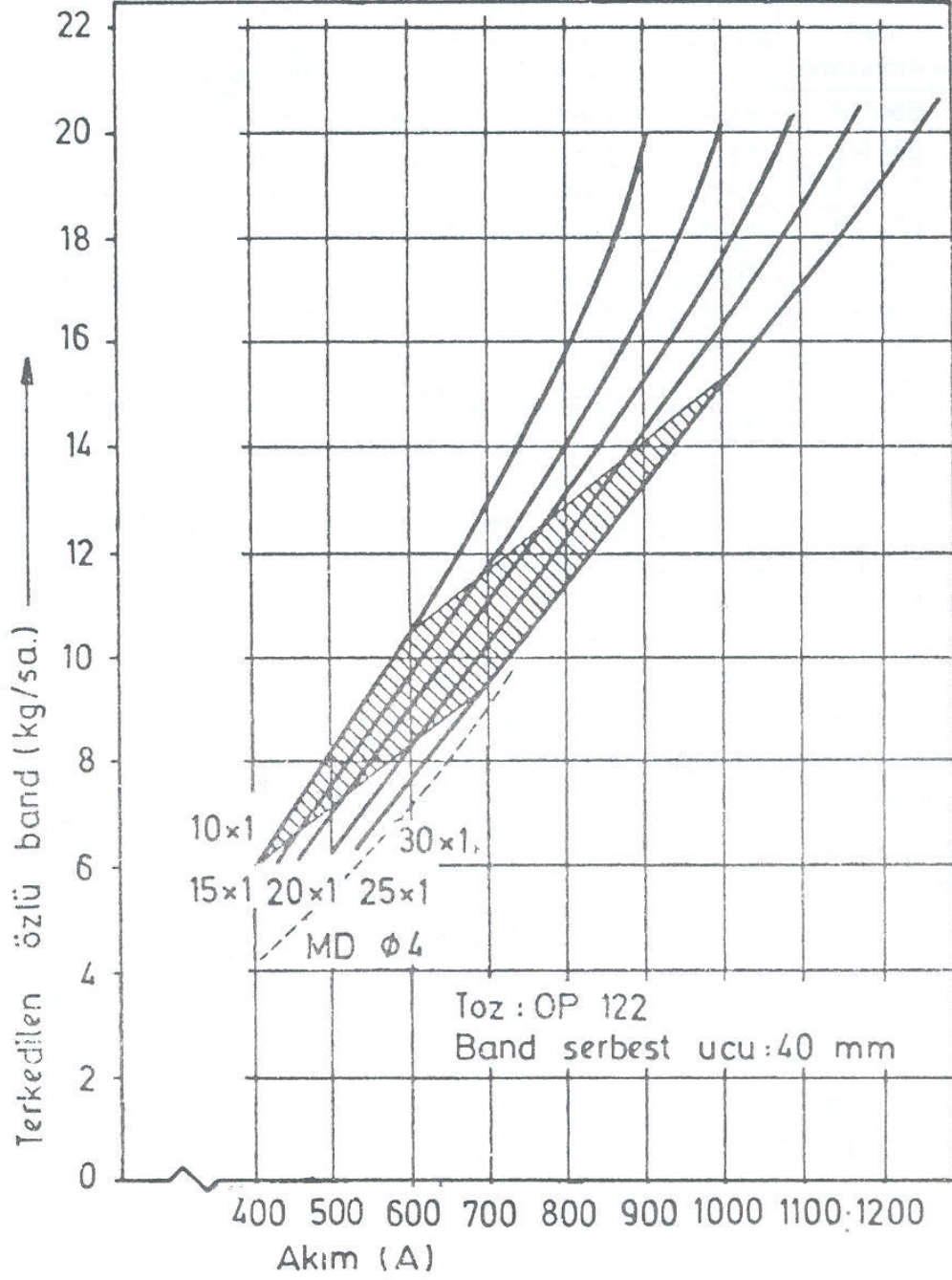
ELEKTROD SINIFLANDIRMASI

“Açık ark” (kendini koruyan-self shielded) ve gaz korumalı özlü tel elektrot tipleri için AWS A5-20-69 sınıflandırması, genel olarak aşağıdaki tabloda görülür.

Burada E, elektrot (ark kaynağı); sonraki iki rakam, bin psi cinsinden minimum kaynaklı hal çekme mukavemetini; T de telin tüp-boru şeklinde oluşunu ifade eder. Son takı ise, terk edilen kaynak metalinin kimyasal bileşimi, akım tipi, çalışma kutbu, gazlı ya da gazsız kullanılabileceği üzerine dayanan bir özel gruplaşmayı ifade eder. Sınıflandırma sistem performans karakteristiklerini tanımlamaz.



Şek 63.- Yüksek fırın kampanalarının da aksenel olarak simetrik parçalardan olmalarıyla bunların da dolgusu bir döner kaynak tablası üzerinde yapılır



Şek. 64.- FLUXOMAX serisi özlü band elektrodlarla tozaltı kaynağında terk edilen metal miktarları

Özli tellerle yapılmış kaynakların mekanik nitelikleri, sağlamlık ve kullanılabilirlikleri için gerekli deneyler

AWS Sınıflandırması	İstenen deney tipleri				
	Röntgen	Kaynak metali çekme	Enine çekme	Uzunlamasına gaydılı eğme	Charpy-V
E60T-7	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır
E60T-8	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Evet
E70T-1	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Evet
E70T-2	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Hayır
E70T-3	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Hayır
E70T-4	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır
E70T-5	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Evet
E70T-6	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Evet
E70T-G	Hayır			Hayır	Hayır

Buradaki E60T-7, E60T-8, E70T-3, E70T-4, E70T-6 tipleri “açık ark”, yani gaz korumasız kullanılan, “kendilerini koruyan” elektrotlardır. Öbürleri CO₂ ile kullanılırlar.

Özli tellerin terk ettiği kaynak metali için AWS A5. 20-59 mekanik nitelik koşulları

AWS Sınıflandırması	Koruma gazı	Akım ve Kutup	Çekme muk. min. psi	Akma sınırı (% 0,2) min. psi	Uzama (2 inç) min. psi	Min. Charpy-V ft/lb
E60T-7	Yok	DA, düz kutup	67.000	55.000	22	İstenmiyor
E60T-8	Yok	DA ters kutup	62.000	50.000	22	0°F da 20
E70T-1	CO ₂		72.000	60.000	22	0°F da 20
E70T-2			72.000	İstenmiyor		
E70T-3	Yok		72.000	İstenmiyor		
E70T-4	Yok		72.000	60.000	22	İstenmiyor
E70T-5	CO ₂ Yok		72.000	60.000	22	-20°F da 20
E70T-6	Yok	72.000	60.000	22	0°F da 20	
E70T-G	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	72.000	İstenmiyor		İstenmiyor
			72.000	60.000	22	

- kaynaklı hal mekanik nitelikleri
- koruyucu gaz şöyle gösterilir:
CO₂ = karbon dioksit
yok = ayrıca koruma gazı yok
- ters kutup, elektrodun (+); düz kutup, elektrodun (-) anlamındadır.
- tek paso elektrotları için gerekli
- çok paso elektrotları için gerekli
- minimum üzerinde uzamada her yüzde bir için, gerekli akma sınırı ya da kopma mukavemeti minimumu, veya her ikisi birden, 100 psi azalabilir.

Toz altı tozu sınıflandırılması için AWS A5.17-69 mekanik nitelik koşulları

AWS Toz Sınıflandırması	Çekme muk. psi	Akma sınırı (% 0,2) min. psi	Uzama (2 inç) min. %	Charpy-V
F60-XXXX F61-XXXX F62-XXXX F63-XXXX F64-XXXX	62.000 - 80.000	50.000	22	İstenmiyor 0°F da 20 ft/lb -20°F da 20 ft/lb -40°F da 20 ft/lb -60°F da 20 ft/lb
F70-XXXX F71-XXXX F72-XXXX F73-XXXX F74-XXXX	72.000 - 95.000	60.000	22	İstenmiyor 0°F da 20 ft/lb -20°F da 20 ft/lb -40°F da 20 ft/lb -60°F da 20 ft/lb

KORUYUCU KAYNAK GAZLARI – DIN 32526

Gazların safiyet ve çığ noktaları

Gaz tipi	% Hacim olarak saflık min.	Çığ noktası 1 bar °C max.
Ar	99,99	-50
He	99,99	-50
CO ₂	99,7	-35
O ₂	99,5	-35
N	99,5	-50
H ₂	99,5	-50

Gazların nitelikleri

Gaz tipi	15 °C ve 1 bar'da yoğunluk kg/m ³	Havaya (=1) göre izafi yoğunluk 15 °C 1 bar	Buharlaştırma sic. 1,013 bar °C	Kaynakta reaksiyon
Ar	1,669	1,37	-185,9	Asal
He	0,167	0,14	-268,9	Asal
CO ₂	1,849	1,44	- 78,5 ¹⁾	Oksitleyici
O ₂	1,337	1,04	-183,0	Oksitleyici
N ₂	1,170	0,91	-195,8	Yavaş reaksiyonlu
H ₂	0,085	0,06	-252,9	Redükleyici ²⁾

1) Süblimasyon sıcaklığı
2) % 10 H₂ den fazla karışımlarda infilak tehlikesi dikkate alınacaktır.

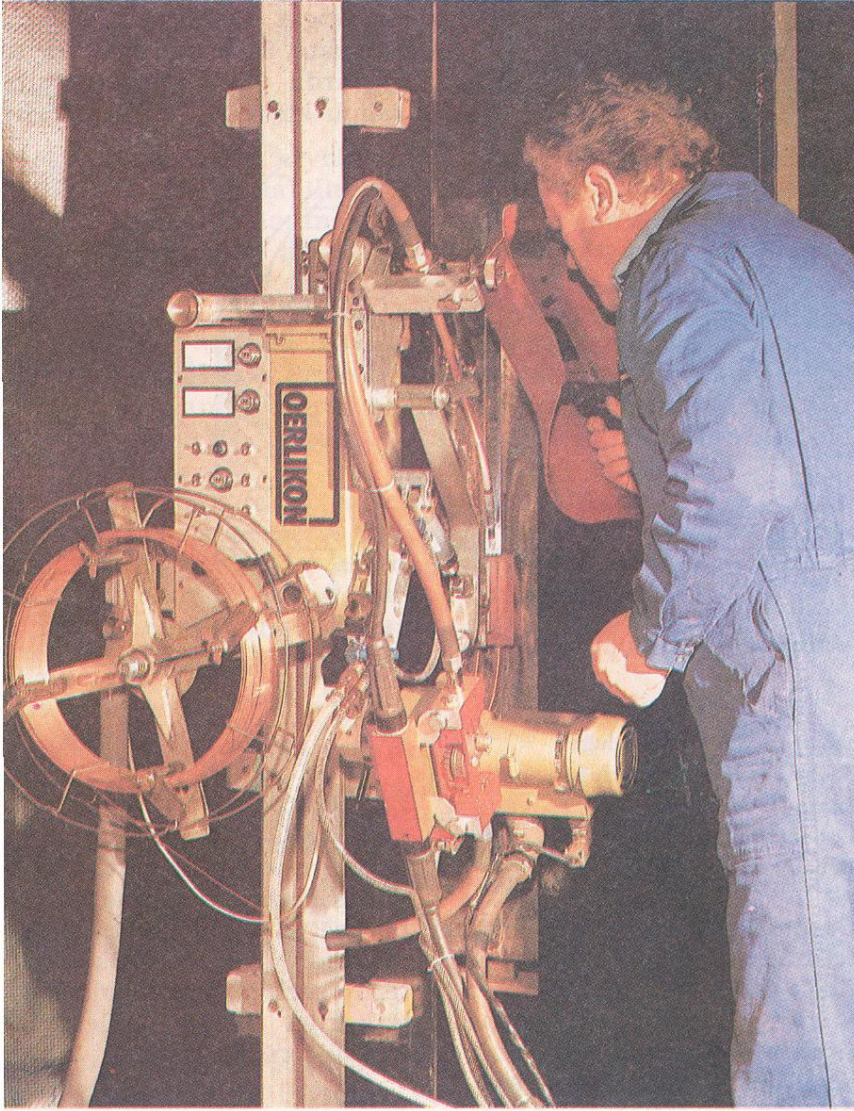
Grup	Tanım kodu	Bileşen sayısı	% Hacim Olarak Bileşenler						Kaynak yöntemi (DIN 1910 Bölüm 4'e göre)	Açıklamalar
			Oksitleyici		Asal		Redükleyici	Reaksiyon önleyici		
			CO ₂	O ₂	Ar	He	H ₂	N ₂		
R	1	1	-	-	-	-	100	-	WHG	Redükleyici
	2	2	-	-	Kalanı ¹⁾	-	1 - 15	-	TIG TIG Plazma	Redükleyici
I	1	1	-	-	100	-	-	-	TIG	Asal
	2	1	-	-	-	100	-	-	TIG Plazma	
	3	2	-	-	Kalanı ¹⁾	25-75	-	-	MIG Kök pası koruması	
M1	1	2	-	1-3	Kalanı ¹⁾	-	-	-	Karışım gaz	Hafif oksitleyici ↓ Kuvvetli oksitleyici
	2	2	2-5	-	Kalanı ¹⁾	-	-	-		
	3	2	6-14	-	Kalanı ¹⁾	-	-	-		
M2	1	2	15-25	-	Kalanı ¹⁾	-	-	-		
	2	3	5-15	1-3	Kalanı ¹⁾	-	-	-		
	3	2	-	4-8	Kalanı ¹⁾	-	-	-		
M3	1	2	26-40	-	Kalanı ¹⁾	-	-	-		
	2	3	5-20	4-6	Kalanı ¹⁾	-	-	-		
	3	2	-	9-12	Kalanı ¹⁾	-	-	-		
C	1	1	100	-	-	-	-	-	CO ₂	
F	1	2	-	-	Kalanı ¹⁾	-	1 - 30	-	Kök pası koruması	Redükleyici % 10'dan fazla H ₂ 'de yanmaya başlar.
	2	2	-	-	-	-	1 - 30	Kalanı		

1) Argon yerine kısmen He kullanılabilir.

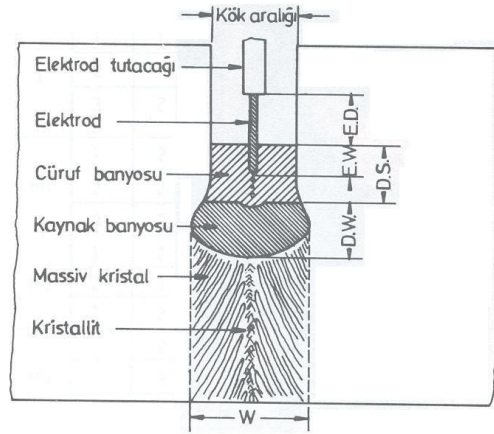
Koruma gazları

ÖZLÜ TELLE ELEKTROGAZ KAYNAĞI

Konunun ayrıntılarına girmeden önce, birkaç tanımlama yapacağız. Bu bağlamda kullanıldığı kadarıyla bir kaynak tekniği, elektrot metali ve dekapanın (toz) kaynak bölgesini nasıl beslediği, kaynak metalinin dış yüzeyinin nasıl şekillendiği, kaynak işleminin ve istenilen kaynak değişkenlerinin stabilitesini muhafaza etmek için hangi önlemlerin alındığı ve kaynak işlemi ilerledikçe iş parçasının nasıl yerinden oynatıldığı hususlarına dayanır. Belli bir kaynak tekniğinin seçimi her şeyden önce mamul tasarımı ve kaynağın şekline bağlı olur.



1950'lerin başlarında Kiev Paton Elektrik Kaynağı Enstitüsü'nden tek pasolu dikey kaynaklar yapmak için olan cüruf prensibini kullanan teçizatın geliştirilmiş olduğu haberi yayınlanmıştı. Süreç az çok klasik toz altı kaynağı prensibinden hareket ediyordu (şek.65). Elektroslag (elektrocüruf) kaynağı doğmuştu.



Şek 65. – elektroslog yönteminin şematik görünüşü.

E.D. = kuru elektrod serbest uç uzunluğu

E.W. = ıslak elektrod serbest uç uzunluğu

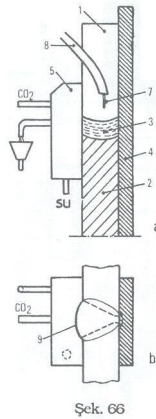
D.S. = cüruf banyosu derinliği

D.W. = kaynak banyosu derinliği

W = kaynak banyosu genişliği

Kaynak parametreleri birleşerel üç hususu, ezcümle (a) kaynak banyosunun derinliği; (b) kaynak genişliği ve (c) ergimiş ana metal miktarını denetim altında tutarlar. (a) ile (b) genellikle (W/DW) kaynak şekil katsayısını vermek üzere birleşik halde olurlar; bu katsayının soğuma sırasında kaynak banyosunun kristalleşme şekli üzerinde önemli etkisi vardır. (c) hususu, ilk ikisine göre daha az önemlidir; ancak ana metalin yüksek oranda kükürt içermesi halinde kaynak metali orta kısımda çatlamaya eğilimli olur.

1950'lerde SSCB'de ilk olarak meydana getirilmiş ve çok özet olarak betimlediğimiz elektroslog kaynak yöntemi prensibini özellikle 10 ile 40 mm kalınlıklar arasında saçların dikey kaynağına ekonomik bir çözüm olarak değişik şekilde uygulamak fikri elektrogaz kaynağının gelişmesine yol açacaktı. Bu elektrogaz kaynağına ilk başlarda "CO₂ atmosferinde çeliğin kalıplı kaynağı" adı verilmişti.



Elektrogaz kaynağı, tıpkı onun prensip babası elektroslag gibi, ergimiş metal banyosu hareketli (kayar) kalıplar tarafından birleşme yerinde tutulur ancak elektroslag'da birleşme yerinin kenarları ve elektrod metali yüksek sıcaklığa getirilmiş bir elektriksel iletken cürufun teması ile ergimişken, gaz altında kaynakta (elektro gaz'da) bu ergime CO₂ koruması altında, elektrodla banyo arasında tutuşan ark tarafından sağlanır. Koruma saf CO₂ ile olabileceği gibi genellikle karışımla yapılmaktadır. Şek. 66'da başlıca aksamın tertip şekli ile kaynağın nasıl aşağıdan yukarıya doğru ilerlediği şematik olarak görülür. Burada

1= uçtan görünen, birleşecek saçlardan biri

2= artık soğumuş kaynak metali

3= ergimiş halde kaynak banyosu

4= sabit(bazen hareketli-kayar) bakır kalıplı levhası

5= soğutma suyu ve CO₂ gazı ithali ile birlikte kayar bakır kalıp

6= (görülüyor) kayar 5 No.lu kalıbın dikey hareketi ve tel elektrodun açılma sistemine kumanda eden termo-çiftler

7= tel elektrod

8= elektrodun temas tüpü

Her ne kadar elektrogaz kaynağında çıplak dolu tel kullanılabilirse de deneyler özlü telle kıyaslanmayacak kadar üstün sonuçlar alındığını göstermiştir. Gerçekten özlü tel (FLUXOREX EG 35.21) kaliteli bir kaynak için çok uygun alaşım elementlerini beraberinde getirmekte ve faydalı rol oynayan bir cüruf hasıl etmektedir.

Bir yanal cüruf tabakasının sürdürülmesini kolaylaştırmak üzere hareketli 5 kalıbı hafif bir kemer arz eder (şek. 66b'de 9). Bunun yuvarlaştırılmış şekli, bunun dışında, kaynak dikişine bir hafif fazla kalınlık sağlama amacını güder.

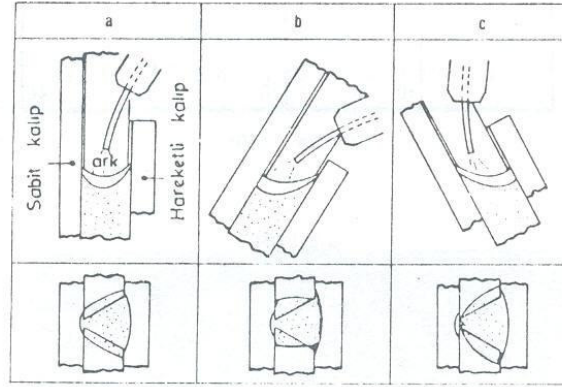
Yukarıdaki tertipler sayesinde, aşağıdaki özellikleri haiz dik veya hafifçe meyilli birleştirmeler meydana getirmek mümkün olmaktadır:

- Kaynak tek bir pasoda gerçekleştirilir.
- Ergime hızı yüksektir
- Tel elektrod sarfiyatı ılımlıdır (elektroslag'dakinin yakl. Yarıısı)
- Nüfuziyet iyidir
- Her iki saç arasındaki açılma şekli değişime azdır
- Dikişin yüzeyi düzgün ve kertiksizdir
- Kaynak tok olup mekanik karakteristikleri iyidir.

BİRLEŞME YERİ EĞİMİNİN ETKİSİ

Birleşme yeri pratikte hiçbir zaman tam dikey olmazsa da bunun eğimi birkaç dereceyi de geçemez. Şöyle ki:

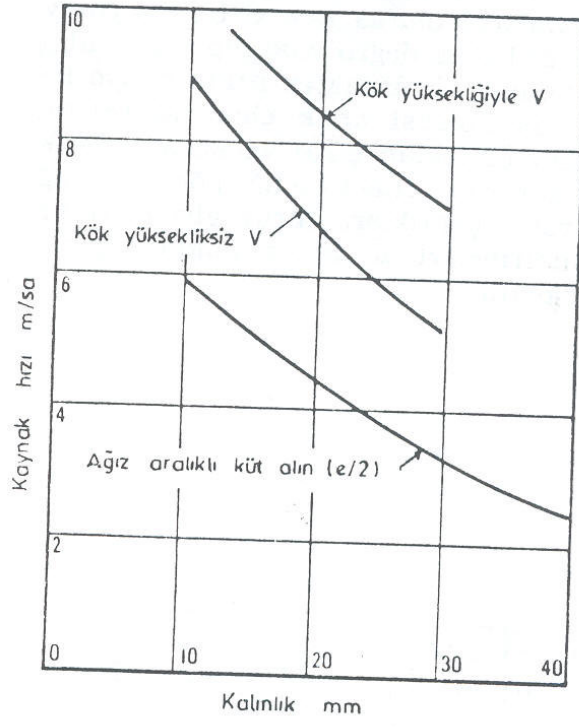
Gaz altındaki süreçte ark, elektrod teli ile birleşecek parçaların katı kenarları arasında değil, sadece bu telle bir sıvı banyo arasında tutuşur. Bu itibarla sıvının yüzeyi haylice çukur olup şek. 67a'daki kesiti arz eder. Heyet sağa yatırılacak olursa (Şek.67b), sıvı yüzey kayar kalıba doğru yükselip sabit kalıp tarafında alçalacaktır. Arkın banyo ile temas bölgesi artık elektrod teline dikey olmaktan çıkar ve karakteristik kusurların ortaya çıktığı görülür: sağ tarafta çentikler, cüruf girmeleri ve bindirmeleri ve hatta solda ergime noksanı.



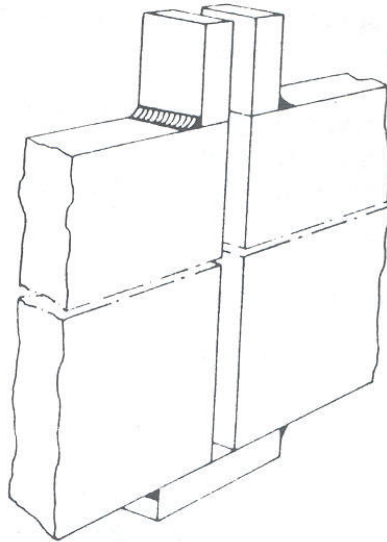
Şek.67

Heyet sola doğru yattığında kaynak tamamen farklı bir şekil alır ve sağda nüfuziyet eksikliği ve solda çentikler görülür.

Gemi inşaatında. Şek 67b'deki duruma sık rastlanır ve meyil 20°'ye kadar varabilir. Bu takdirde elektrot telinin pozisyonu değiştirilir ve tel kayar kalıba yaklaştırılarak ve ergime banyosunun yüzeyine dik pozisyona daha yakın olması için doğrultulur.



Şekil 68



Şekil 69

AĞIZLARIN HAZIRLANMASI

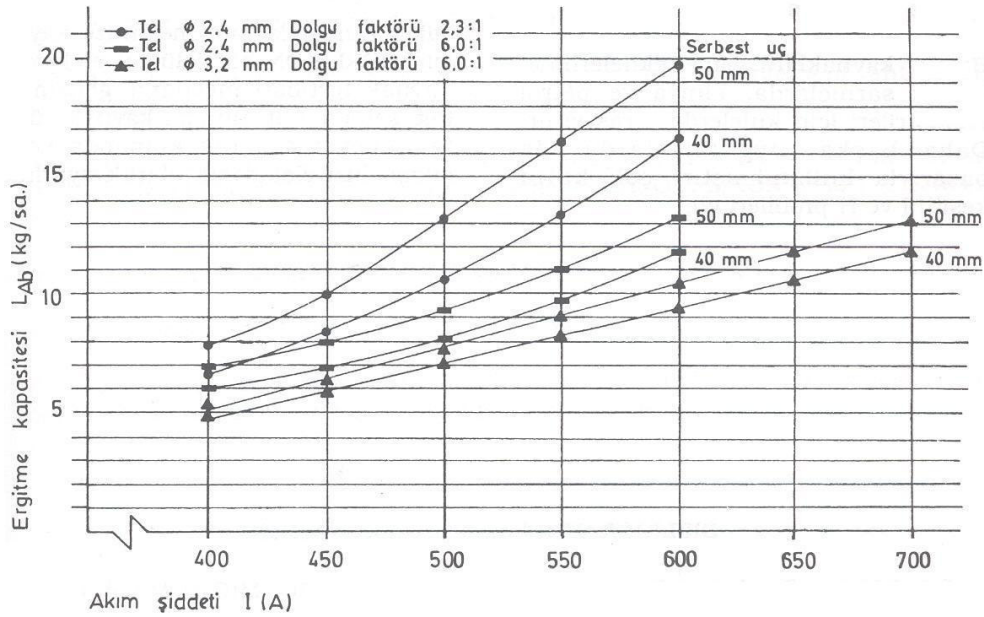
Yöntemin ilk ortaya çıktığı günlerden itibaren 15 ila 17mm lik açıklıkla küt alın üzerinde çalışılmış. Bugün, ekonomik mülahasalarla daha çok, takviyeli veya takviyesiz V, ya da Y ağızlar üzerinde kaynak yapılmaktadır. Elektrot teli, kaynak ağızı kesitinin ağırlık merkezinde bulunur(eğim halinde, yukarda söylendiği gibi hareket edilir).

Çeşitli kalınlık ve ağız şekillerine göre ilerleme hızları şek-68'de verilmiştir.

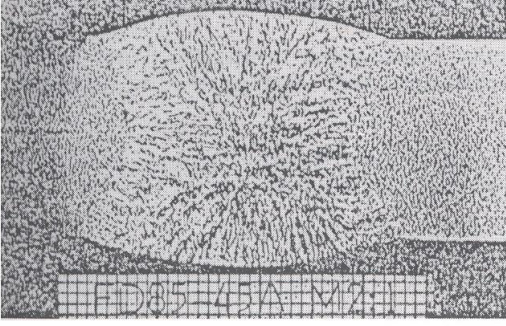
Elektroslag kaynağında olduğu gibi saçlar altlarından en az 15 mm kalınlıkta bir levha ile takviye edileceklerdir; böylece kaynak banyosunun oluşmaya başladığı keson sızdırmaz hale gelir (şek. 69). Kaynaktan sonra bu takviye levhasının kesilip atılmasından kaçınmak için bu levha iki saç arasındaki açıklığa (örtülü elektrot ya da gaz altı ile) peşinen kaynak edilir ve böylece elektroslag birleştirmesinden sonra burada kalabilir. Kaynak başlangıcını ön ısıtmak faydalı olabilir.

Üst kısım da, kaynak banyosunun saçların üst düzeyine varmasına kadar kalıplara kayıtlık etmesi için iki kuvvetli kulakla uzatılır (şek. 69).

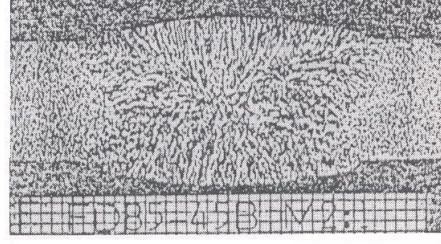
Şek. 70.- Elektrogas kaynağında özlü telin akım şiddetine göre ergitme gücü



Şek. 71.- FLUXOREX EG 35,21 ϕ 3,2 mm ile 20mm kalınlıkta sac üzerinde elektrogaz kaynağı (ölçek: 2/1)



Şek. 72.- FLUXOREX EG 35,21 ϕ 2,4mm ile 12 mm kalınlıkta sac üzerinde elektrogaz kaynağı (ölçek: 2/1)



Koruma gazları

UYGULAMA

Elektrogaz yöntemi, 10 ile 40 mm kalınlıkta (bu kalınlıktan sonra elektroçüruf – elektroslag – sistemi devreye girer) alaşımsız veya hafifçe alaşımlı, 25m’yi bulan konstrüksiyon çelikleri üzerinde dik veya hafifçe meyilli kaynaklar meydana getirmek için tasarlanmıştır.

Bu tür kaynaklara gemi teknelerinde, büyük sarnıçlarında, kimya ve petrol endüstrileri için kulelerde... rastlanır. Daha başka uygulamalarda da başarıyla kullanılmıştır: çok kalın kesiti I ve H profilleri vb.

Orijinal uygulamalar arasında, petrol rafinerilerinde rastlanan büyük küresel depoların imali zikredilecektir. Bütün kaynak tertibatı, saclar üzerine doğal mıknatıslarla tespit edilen kavisli bir kremayer üzerinde birleştirme yerine paralel olarak hareket eder.

Dikey durumunda tam mekanize kaynak için OERLIKON bir özlü tel elektrogaz kaynak tertibatı meydana getirmiştir (bk. Şekil s. 63). Bunda: kaynak süreci tam otomatik olarak kumanda edilir; çıkma hızı elektronik olarak ayarlıdır.