

## XXXII — ÖZLÜ TEL ELEKTRODLAR

Örtülü çubuk elektrodun çok kullanışlı ve her tür işe az çok yatkın oluşu bu kaynak yöntemini otomatikleştirme çabalarını teşvik etmiştir. Ancak üzerindeki fırında pişmiş örtü, elektrodun bobin halinde sarılmasına olanak vermediğinden, bununla otomasyona geçmek mümkün olamamaktadır. Esasen büyük ölçüde otomatik kaynak ihtiyacı, gazaltı kaynağının ortaya çıkış nedenlerinin başlıcası olmuştur.

Şu halde sorun, kendi kendini koruma karakteristiklerini haiz bir elektrodu bobin halinde sarıp onu otomatik olarak arka sürmek şeklinde ortaya konmuş, böylece de elektrod değiştirmedeki zaman kaybı ile koçanın atılmasıyla malzeme kaybı önlenmiş olacaktır.

Kaynak sırasında, ana metalle elektrod metalinde mevcut oksitler ve 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 karakteristlere zarar vermelerini önlemek üzere bunların yok edilmeleri veya dikiş içinde mümkün olduğu kadar homojen şekilde dağılmaları gerekir. Bu itibarla kaynak, aynı zamanda *bir arıtma işlemi* 'dir. Gaz koruması altında çıplak telle yarı otomatik kaynakta arıtıcı elementler sadece telde bulunur. Bu itibarla elektrod teli başlıca rolü oynar. Tel, işlevi 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, CO<sub>2</sub>'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 arıtmak.

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

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

— Kaynak banyosuna gerekli alaşım elementlerini katmak,

— Hasıl ettiği cürufun viskozite ve yüzey gerilimi aracılığı ile çeşitli pozisyonlarda kaynakta kaynak dikişini tanzim etmek. Kaldı ki bazı çelik türlerinin sertlik ve gevreklikleri dolayısıyla ince tel halinde çekilememeleri nedeniyle, bunların MIG-MAG yöntemiyle kaynağı mümkün olamamaktadır.

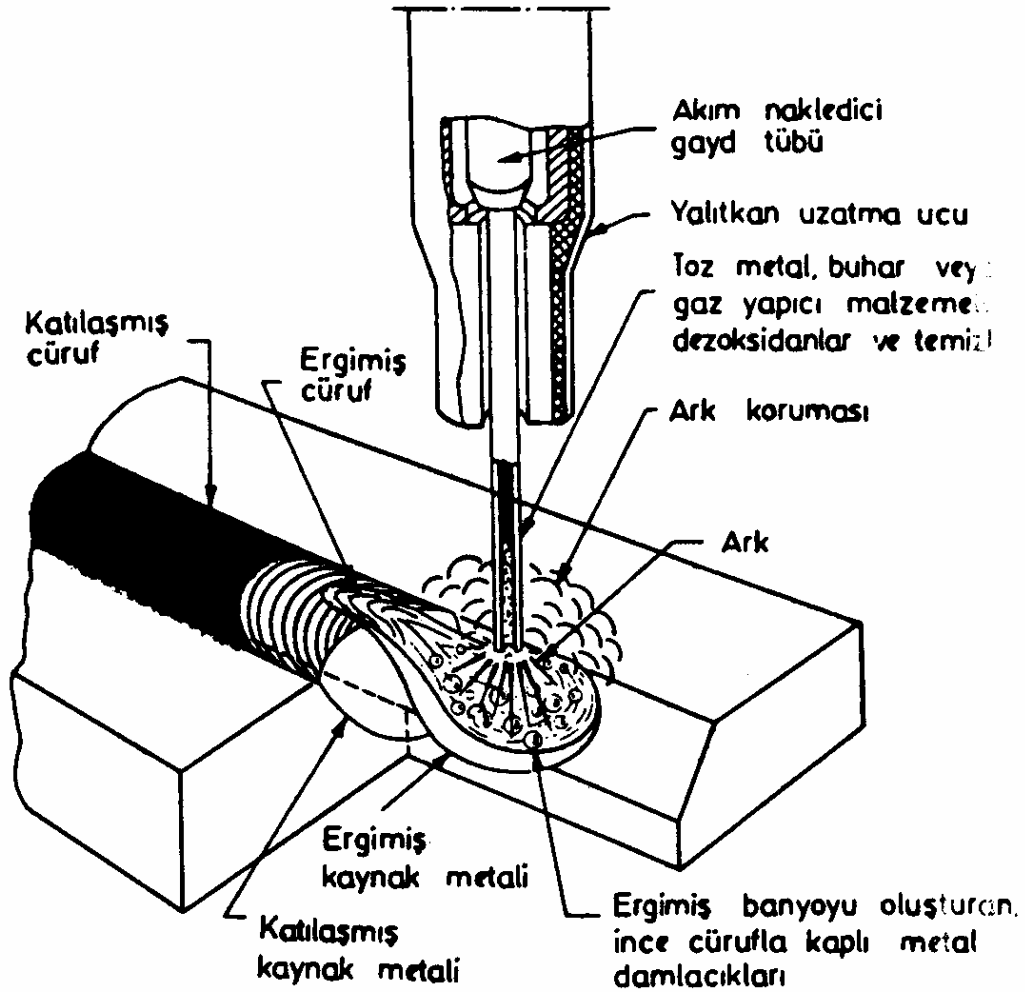
Keza, bazı alaşımların tel halinde çekilmeleri teknolojik bakımdan mümkünken, kullanılan miktarın azlığı nedeniyle haddelenmeleri ekonomik olmayabilir.

Teknolojinin otomatik kaynakta işte bu "açık"ları karşılamak üzere özlü tel elektrodlar meydana getirilmiştir.

Özlu telle kaynak yöntemi, esas itibariyle, MIG-MAG kaynağında olduğu gibi som (dolu) tel elektrod yerine bir içi oyuk, boş bir (boru) tel elektrod kullanmaktan ibarettir. Bu tel, çubuk elektrodların örtüsüyle aynı işi gören bir toz dekapan (flux) ile doludur; tozun işlevleri kaynak çevresini ionize etmek, kaynak' banyosunu desokside 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 başvurmada doğruca açıkta, çubuk örtülü elektrodla elle kaynakta olduğu gibi, kaynak edilir. Mamafih çoğu kez cüruf yetersiz kalır ve argon, karbon dioksit 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 (Şekil: 381).

### ÖZLÜ TELLE "AÇIK ARK-OPEN ARC" KAYNAĞI



Şekil: 381 — Kendi kendini koruyan özlu tel ark kaynağı süreci.

Bunların dışında özlü tel elektrodalarda toz dekapan, rutubete karşı korunur, cüruf içinde aynen kalmayan tozun daha iyi kullanımını sağlar.

### ÖZLÜ TEL TİPLERİ

Özlü teller, tozun (ağırlık olarak) oranı ve bu tozun cinsine göre sınıflandırılırlar. Kullanılacakları yerlere ve imal sürecine göre özlü teller % 13 ila 50 toz içerirler. Bu toz genellikle bazik, asit veya rutil tipten olur ve yumuşak yarı sert. alçak ve yüksek alaşımlı her bir çeliğin birleştirme kaynağı için özlü tel mevcuttur; de oksidan elementlerin oranını uygun düzeyde tutarak paslı saclar üzerinde de mükemmel kaynaklar elde etmek mümkündür. Korozyon ve abrasyon veya sürtünme aşınmasına karşı (sert ve yumuşak) değişik dolgu tipleri için de geniş bir çeşit yelpazesi mevcut olup dolgu, yöntemin yine önemli bir alanı olmaktadır. Bütün bu özlü tel elektrod çeşitleri, kendi kendini koruyan "açık ark" tipinden olduğu gibi CO<sub>2</sub>, daha seyrek olarak Ar + CO<sub>2</sub> karışımı bir koruyucu gazla birlikte kullanılır. Bu kitapta bunlardan sadece kendi kendini koruyan "açık ark" tipinden söz edeceğiz.

### DOLGU ORANI

Dolgu oranı, özlü tel elektrod içinde gaz ve cüruf oluşturuçular ve alaşım elementlerinin oranını ifade eder. Çoğu kez de toz yüzey alan oran da bu anlamda verilmekte ise de bu, özlü tel elektrodu karakterize etmeye yetmeyecek kadar kararsız bir yaklaşım olmaktadır. Gram olarak  $Y$  dolgu oranı, tozun kitlesinin metalik dış zarf kitlesine oranını ifade eder:

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

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

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

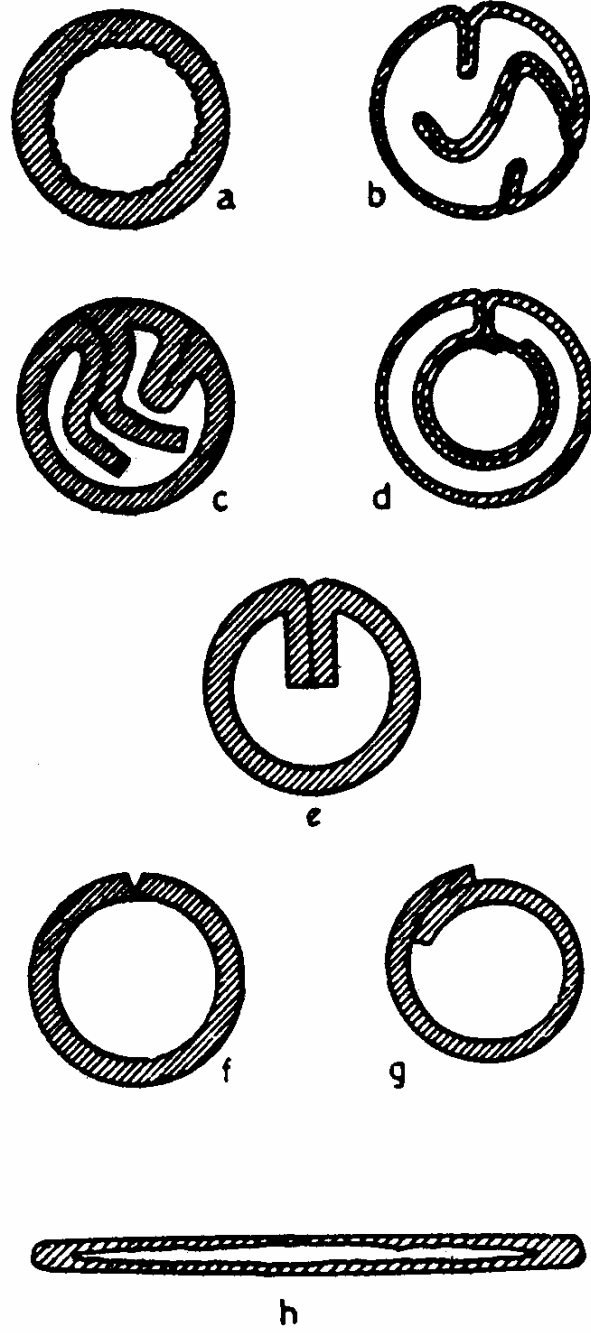
$$\gamma = \frac{m_t}{m_T} = \frac{1}{1 + \left\{ \frac{a_z}{a_t} \right\} \cdot \left\{ \frac{\rho_z}{\rho_t} \right\}} \cdot 100' d\ddot{u}r.$$

Burada  $a_z$ , cm<sup>2</sup> olarak zarfın kesit alanı;  $a_t$ , tozun kesit alanı;  $\rho_z$ , gr/cm<sup>3</sup> olarak zarfın yoğunluğu;  $\rho_t$  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 çaplar (dış) 1.0 - 1.2 - 1.4 - 1.6 - 2.0 - 2.4 - 2.8 - 3.2 - 4.0 - 5.0 mm'dir.

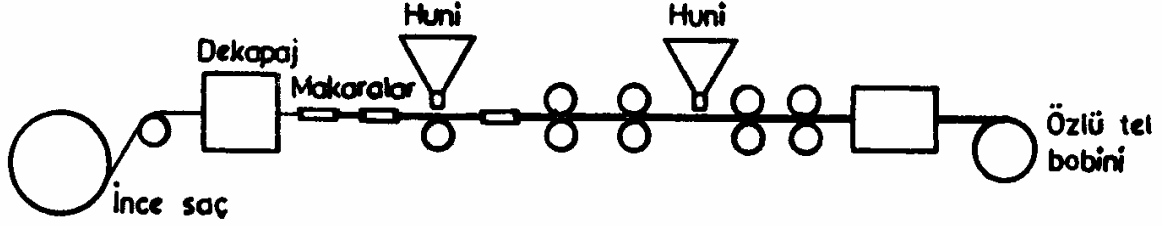


Şekil: 382.

Oldukça yüksek bir ergime hızı tutturarak nispeten ince parçaları kaynak etmek için  $\phi$  1.0 mm'ye kadar inilir. Otomatik makinalar dışında  $\phi$  2.4 mm'den büyük çaplar az kullanılır.

Kesitte, çekme teller Şek. 382 a'daki görünümde olurlar.

"Kıvrık" adı verilen bütün öbür teller Şekil 383'de şematik olarak görülen bir şekillendirme tesisinde bir saç levhadan (banddan) itibaren imal edilir.



Şekil: 383

İmalatçının tasarımına göre saçın kıvrılmış şekilleri az veya çok çapraşık olup Şekil 382 b ilâ 382 g'de görülen kesitlerde teller elde edilir.

Bunların dışında bir de, otomatik büyük dolgu işlerinde kullanılan yassı band halinde (Şekil 382 h) özlü teller vardır. Bunlar önce yuvarlak olarak imal edilip içine toz dekapan konduktan sonra yassıdır.

Böyle tamamen kapalı olarak imal edilmiş özlü tellerin (Şek. 382 a ve 382 h) tozları hiçbir surette dıştan rutubet almaz.

Saç levhanın dekapan tozu hunileri tarafından doldurulması iki defada yapılabilir: Şek. 382 d'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 sonuncusunun koruyucu görevini çok daha iyi ifa ettiğini deney göstermiştir. Bu da, bazı kıvrık kesitlerin hayli dalgalı görünümünü izah eder.

Özlü tellerde dekapan tozu (ve/veya alaşım elementi) oranlarının % 13 ile % 50 arasında değiştiğini yukarıda görmüştük; 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.

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

Özetleyecek olursak denebilir ki, bir özlü tel, "tersine çevrilmiş", yani örtüsü içeriye alınmış bir örtülü elektrod olup 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 olanağı sağlayan basit ve emin araçlarla donatmak.

Bir kaynak sürecinin otomatikleştirilmesine bağlı produktivite artışı, başlıca iki etmenin sonucudur:

— Bir sürekli telin açılmasıyla metal sağlanması;

— Yüksek kaynak akım şiddetlerinin kullanılması; bu da ancak akımın tele, ark'a yakın mesafede getirilmesiyle mümkündür.

Gerçekten çubuk örtülü elektrodun sınırlamalarından biri, pense içinde elektriksel temas noktasıyla elektrodun ucu arasındaki uzun ve değişken mesafedir. Elektriksel direnç ısınması

dolayısıyla kullanılabilir akım şiddeti ister istemez sınırlanmaktadır. Yüksek kaynak metali terketme hızlarına götürebilecek yüksek akım şiddetleri uzunca bir telden geçerken, örtüyü bozabilecek ısınmalar hasıl eder. Buna karşılık, özlü tellerde olduğu gibi elektriksel temasın ark'a yakın olması halinde (Şek. 381'e bkz.) küçük çaplı elektrod telleriyle bile göreceli olarak yüksek akım şiddetleri kullanılabilir.

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

Tozaltı kaynağı ve doğal olarak gazaltı kaynağı dahi, sadece dolu (som) tellerle kullanıldıkları sürece bir "genellik eksikliği" diye nitelenebilecek bir durum arz ederler. Şöyle ki:

Sadece haddeden çekilebilen dolu tellerin bulunabilmesi, terkedilmesi mümkün metal bileşimlerine sınırlamalar getirmektedir.

Özlü telin ortaya çıkışı, soruna, birleştirme kaynağında olduğu kadar dolgu kaynağında da sade, basit bir çözüm getirmiştir. Bu ikinci alanda, "açık ark" varyantında kullanılan özlü tel ayrıca yeni ufuklar açmıştır.

### ÖZLÜ TELİN PRENSİPİ

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 önemli konuya.

Özlü teller üç büyük sınıfa ayrılabilirler;

- a. "S" ile gösterilen ("Submerged"), tozaltı arkı için olanlar.
- b. "G" ile gösterilen ("Gas"), gazaltı kaynağı için olanlar.
- c. "O" ile gösterilen ("Open ark"), kendi tozundan başka hiçbir koruma olmadan metal terkedilen "açık ark" kaynağı için olanlar.

AWS sınıflandırmalarının ayrıntıları sonda verilecektir.

Hangi sınıfa dahil olurlarsa olsunlar, bütün özlü teller tamamen dolu teller gibi görünürler. Aynı şekilde taşıyıp işlenirler, yani hiçbir özel önlem gerektirmezler.

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

## ÖZEL BİLEŞİMLERİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

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

- Sac bandın cinsi.
- Dolgu tozunun cinsi
- Bitmiş tele göre dolgu oram.

Bu üç değişken üzerinde oynayarak çok değişik bileşimler gerçekleştirilebilir:

—Prensip itibariyle 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 başvurarak elde edilmiş iki uç bileşimini verelim:

—Bir yumuşak çelik band levhadan hareketle 4,0 C - 4,0 Mn - 30 Cr

—Bir nikel band levhadan hareketle 0,5 C - 3 Si - 3 B - 15 Cr - 75 Ni...

Terk edilen kaynak metalinin bileşimi temellerle dekapanlar, tellerle koruyucu gaz ve yine "açık ark" tipinde tellerde bunlarla atmosfer arasındaki muhtemel reaksiyonların bir fonksiyonu olmaktadır.

## BİLEŞİMLERİN TEKRARLANABİLİRLİĞİ

Kesin olarak değerlendirilebilmek için özlü teller, aynı bir imalât çerçevesi içinde ve bir imalâttan öbürüne mükemmelen sabit (değişmez) bir bileşim arz etmelidirler.

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

- Hammaddelerin cins ve yapısal ve granülometrik karakteristiklerinin özenli seçimi.
- Sac bandların ölçülerinin sürekli sıkı denetimi.
- İşlenme koşullarının sürekli sıkı denetimi: Tartılar, karışımların homojenleştirilmeleri, saç bandın tamburdan açılma ve tozların akma hızı vb...

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

Doldurmada  $\pm$  % 1 ilâ 2

Bitmiş telde  $\pm$  % 3 ilâ 5

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

## ÖZLÜ TELLERİN BAŞLICA AVANTAJLARI

### 1. Ekonomik Düzeyde

Özlü tellerin 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 bakirli çeliklerde ya da istenilen bileşimin çok kullanılan bir bileşim olmayıp buna az miktarlarda ihtiyaç duyulması ve dolayısıyla çelikhanede imalinin rantabl olmadığı teller için yine özlü tel rakipsiz olarak ortaya çıkar.

## 2. Teknik düzeyde

Özlü teller aşağıdaki işlemlere kolaylıkla yatkınlık gösterirler.

a. Bileşimleri, tek bir dekapanla terketmenin mümkün olacağı şekilde etüd edilmiş tam bir tel yelpazesinin meydana getirilmesi.

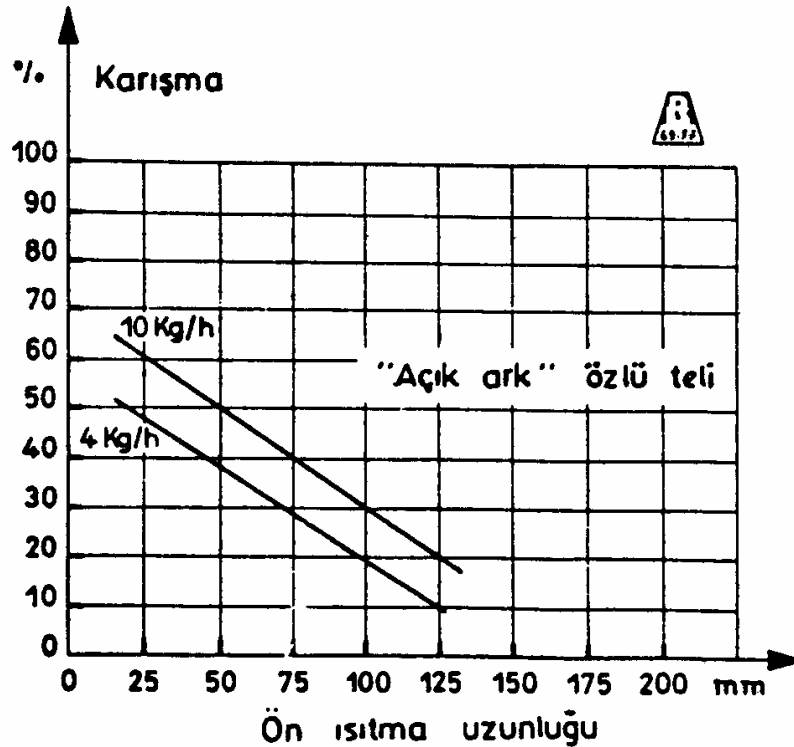
b. Çeşitli alaşım elementleri oranının tekabül eden dolu tellerde genellikle kabul edilenlerden daha dar sınırlar içinde tutulan tellerin meydana getirilmesi. Özlü tellerin bileşim sapma sınırları yukarıda verilmişti.

## 3. Teknolojik düzeyde

### a. Karışma düzeyi

Aynı çalışma koşulları altında ve özellikle tozaltı kaynağında özlü, aynı çapta bir dolu tele göre daha az nüfuziyet arz eder. Bu, joule etkisiyle özlü telin göbeği ısıtılamayıp soğuk kalmasıyla, 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. 384'te görülür.



Şekil: 384



b. Metal terketme hızı

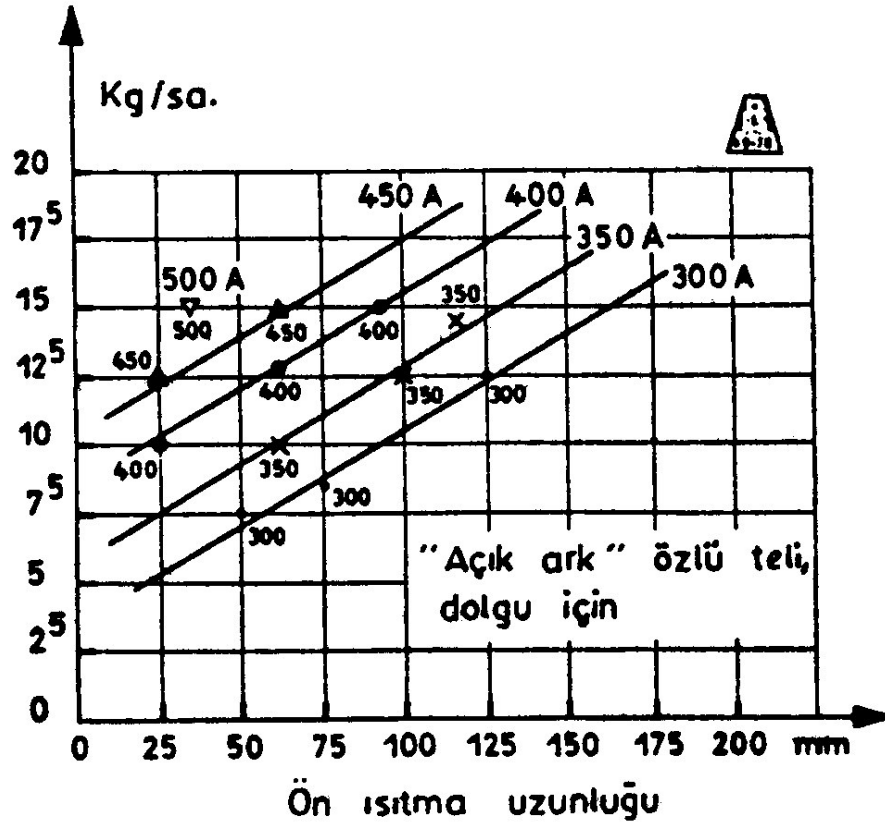
Aşağıdaki tablo "S", "G" ve "O" tiplerinden özlü tellerin kaynak metali terketme hızlarına ait bazı verileri içerir; bunlar pratikte sık rastlanan uygulama koşulları içindir.

"Açık ark" (O) kaynağı için Şek. 385'te görüldüğü gibi kaynak metali terketme hızları önısıtma yüksekliği tarafından kuvvetle etkilenmektedir.

Tel tipi	Akım şiddetleri (A)	Ön ısıtma yüksl. (mm)	Metal terketme hızı. kg/sa.	Ort. akım (A)	Ort.ön ısıtma yüksl. (mm)	Ort. metal terk
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.



Şekil: 385

"O" tellerinde kullanılan önısıtma yüksekliklerinin genelde 100 ilâ 150 mm mertebesinde olduğu kaydedilecektir. Bu tellerin olanaklarını gösterebilmek için aşağıdaki tabloda kır döküm terkeden bir telin kaynak parametreleri ve bunlara tekabül eden metal terketme hızları verilmiştir.

Metal terketme hızı. "Kır döküm" tipinde Ø 2,8 mm "açık ark" özlü teli

Kaynak parametreleri			Telin serbest yüksel (mm)	Metal terketme hızı (kg/sa)
I (A)	V (v)	Tel 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 TELLERİNİN ÖZEL AVANTAJLARI

#### 1. Metalürjik Düzeyde

##### a. Atmosferin içinde kaynağın etkisi

Dolgu kaynaklarının çoğunluğunda "açık ark" tekniğinin kullanımı, yadsınamaz bir metalürjik avantaj arzeder, şöyle ki:

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

Metalürjik açıdan karbonla azotun davranışları birbirlerinkine çok yakındır.

Bunlardan ilki karbürler, öbürleri de nitrürler oluşturma kabiliyetli olup dolgu hallerinin çoğunluğunda özenle seçilmiş bazı elementlerin nitrür veya karbonitrürlerinin teşkili, 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 mabandan yoksun bırakmaktadır.

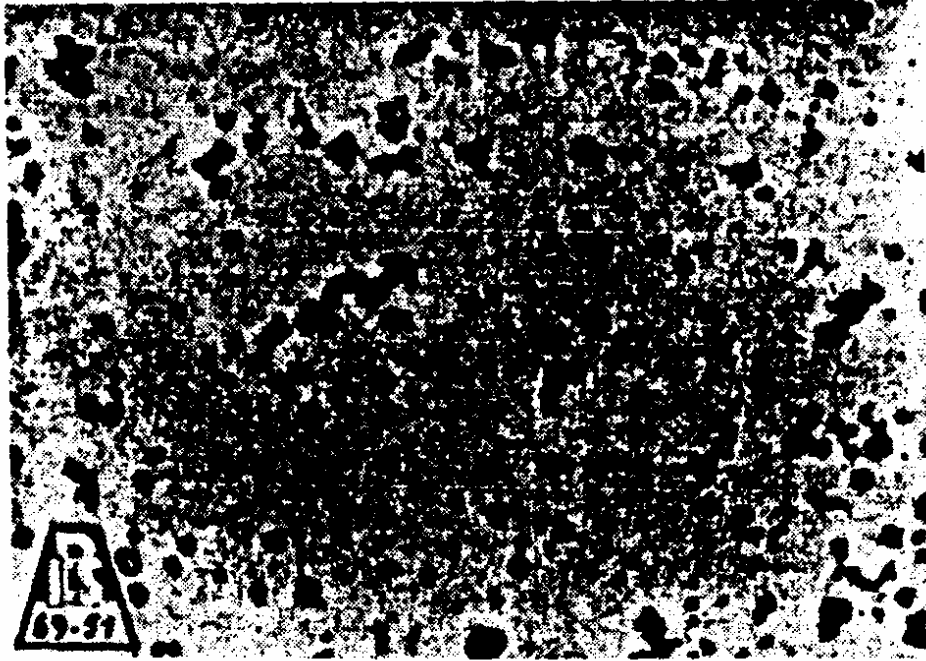
Ancak burada sorunun, genellikle sürekliliğin arandığı birleştirme kaynağı için tamamen farklı olduğu hemen kaydedilecektir. Bu durumda, oksitler gibi cüruf tarafından yok edilemeyen nitrürlerin oluşması çoğu uygulamada istenilen süreklilik düzeyine ulaşma olanağını bırakmaz.

##### b. Özel karbür-karbonitrür ve nitrürlerin oluşması

Yukarıda 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 karbürlerinden önce gelir.

Bunun azota karşı da eğilimi çok büyük olup bu sayede kolaylıkla karbonitrürlerle nitrürlerin oluşması sağlanabilir. Ayrıca titanium, şekil 386 ve 387'de görüldüğü gibi, yüksek sıcaklıkta uniform şekilde dağılmış, ince ve taneler arası şekilde çökelen karbonlu ve azotlu bileşikler oluşturmak özelliğini haizdir. Şek. 386, parlatılmış, ama dağlanmamış bir numunede, titanium karbür ve karbonitrürlerini gösterir.

Şek. 387, aynı çökeltileri, aynı parlatılmış ve dağlanmış numunede gösterir. Titanium bileşiklerinin dışında, altı köşeli krom karbürlerinin belirmesi gözlenir.



Şekil: 386 - 350 X.



Şek: 387 — 500 X.

Daha alçak sıcaklıkta tercihen tane sınırlarına çökelen Nb ve W karbürlü alaşımlara göre Ti karbürlü alaşımlar, taneler arası kırılmalığa daha az hassastırlar. Örneğın 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" tellerinin kullanımına bağılı özel ısıl 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. 388 ve 389, ön ısıtma olmadan terk edilmiş metal şeklinde böyle bir dökme demirin dokularını gösterir.



Şekil: 388 — 350 X



Şek. 389 — 1250 X

Şek. 388'de, X 300 büyültmeyle, dağlanmamış bir numune üzerinde belirlediği gibi dentritler arası grafit lamelleri görülür. Şek. 389, X 1.250 büyültmeyle bahis konusu dökme demirin grafit lamelleriyle perlitik tabanını gösterir.

#### *Teknolojik düzeyde*

##### a. Verim

Özgül tellerin verimi yüksektir. Bu verim % 86 ile 93 arasında olup bir çubuk elektrodunki, kaynakçının elektrodu tam koçana kadar yakmada gösterdiği özene bağlı olarak % 65 ilâ 70'tir. Yani 1 kg özgül telle 860 ilâ 930 gr metal terkedilebilir.

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

##### b. Donanımın basitliği

"O" tipi özgül teller, herhangi bir doğru akım menbaya kolaylıkla adapte edilebilen bir tel sürücü aracılığıyla kaynak eder; akım menbainın dış karakteristiği yatay da olabilir, "düşey" de olabilir.

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

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

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

Gerçekten özgül tel için gerekli akım menbaları hiçbir bakımdan gazaltında dolu tellerle

kaynakta kullanılanlardan herhangi bir fark arz etmezler. Bunlar sadece özlü tellere özgü verilere göre (başlıca akım şiddeti yoğunluğu) seçileceklerdir. Çok kullanılan bir ortalama tel çapı 0,24 mm olup, % 100 DKO (Devrede kalma oranı) altında bir 400 ila 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 tellerde yerde yatay kaynak için, düşen karakteristikli ya da alternatif akımlı mümkün olmakla birlikte bu takdirde telin hızı bazen arkın gerilimine bağlı olur. Kullanılan gerilimler 25 ila 35 V olup menba konvertisör grubu olabileceği gibi transformatör-redresör tipinde de olabilir.

### c. Çalışma kolaylığı

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

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:

$$P = A/C + FD + L/RG$$

Burada

A = ilâve metalin (elektrodun) kilo maliyeti

C = ilâve metalin verimi (bir kg ilâve 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 terketme hızı

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

C ort. = elektrodalarda (örtülü) 0,65 "O" telleri veya gazaltıda 0,90

R ort. = elektrodalarda 2 gazaltı tellerinde 5,5 "açık ark" tellerinde 7,5

G ort. = elektrodalarda 0,4 gazaltı tellerinde 0,5 "açık ark" tellerinde 0,6

olup aynı işçilik bedelleriyle:

a. "O" özlü teliyle sağlanan ekonominin, aynı kg fiyatı ile örtülü elektroda göre % 66 olduğu;

b. "O" telinin örtülü elektrodan üç kat daha pahalı olduğu varsayılsa bile, sağlanan ekonominin yine % 43 mertebesinde olduğu;

c. "O" telinin ayrıca bir avantajının, hiç de ihmal edilebilir mertebede olmayan FD gaz koruma masrafı faktörünü dahil etmediğinde olduğu ortaya çıkar.

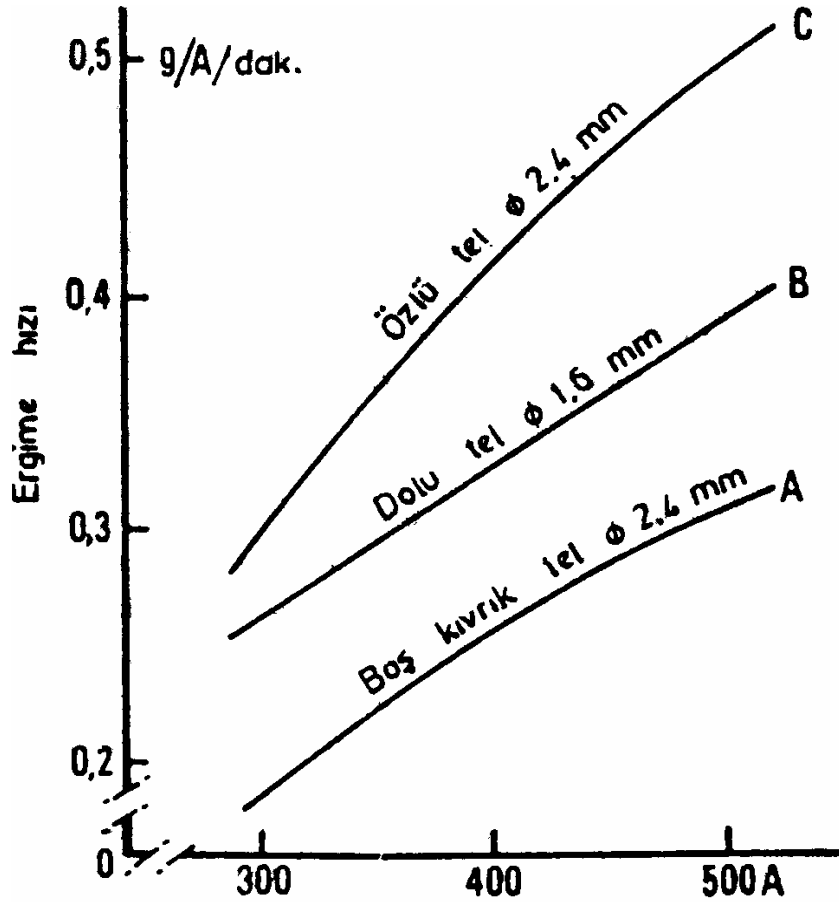
### Özlu Tellerin Ergimesi

Elektrik akımının dekapan tarafından iletilmediği kabul edilir (gerçekte dekapan az miktarda iletkenidir) şöyle ki, bir metre özlu telin ağırlı (p) gram ise, eşdeğer dolu tefin (d) çapı aşağıdaki formülden hesaplanır:

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

burada (a), dekapan tarafından işgal edilen hacimlerin kesitidir.

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



Şekil: 390

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

- Temas tübü dışındaki telin (l) serbest uzunluğu.
- Kaynak akımının (i) şiddeti
- Arkın gerilimi veya daha doğru olarak, arkın gerilimi + telin serbest uç kısmında ihmal edilemeyecek gerilim düşmesi.

(d), (i) ve (l)'nin belli değerleri için ergime hızı, kaynak gerilimi azaldıkça, artar.

Örnek olarak Şek. 390'da (i)'nin fonksiyonu olarak boş ve  $\phi 2,4$  mm kıvrık telle aynı çapta bir özlü tel ve de  $\phi 1,6$  mm dolu telin CO<sub>2</sub> altında ergime hızları kıyaslanmıştır. Her üç tel için 1 = 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 mm<sup>2</sup>) dikkate alınarak bile dolu  $\phi 1,6$  mm'lik tel, boş kıvrık telden biraz daha hızlı ergimektedir. Bu olgu, (1) uzunluğunda serbest kısımda her iki tel tipi üzerinde joule etkisi (I<sup>2</sup>RT) farkına bağlanır. Gerçekten de bu tel, kıvrık tele göre, daha az bir özgül rezistans arzeder.

Elektrod tipleri, çalışma karakteristikleri, teçhizat ve kullanma tekniklerine geçmeden önce mekanize, bütün pozisyonlarda elle çalışılabilir bir ark kaynağı yönteminin kaynaklı çelik konstrüksiyon üretim ve montajı üzerindeki büyük etkisini vurgulamak yerinde olur.

Bu yarı-otomatik sürecin, örtülü çubuk elektrodun kullanıldığı her yerde kullanılabilmesi, çelik inşaat ve montajında tek yöntem kaynağını mümkün kılmaktadır. Büyük konstrüksiyon projelerinde gözlemlendiği gibi bu olanak, imal maliyetinin düşürülmesi hususunda yarı-otomatik kaynağın yüksek metal terk etme oranları kadar önemli olmaktadır. Gerçekten tek yöntem, işyerinde gerekli donanım sayısını ciddi şekilde azaltıp her kaynakçı bu sayede her birleştirmede çalışabilir duruma gelir. Böylece de tek yöntem kaynağı, puntalamadan kolon bağlantılarına ve giriş-kolon irtibatlarına kadar montajcılara, büyük kolaylık ve tasarruf imkânı sağlamaktadır (Şek. 391).



Şekil: 391. Bütün pozisyon, özlü kendini koruyan elektrodlar geliştirilmeden önce, çelik konstrüksiyonlarda giriş-kolon irtibatları örtülü çubuk elektrodlarla yapıyordu. Flanş-kolon bağlantısının yarıotomatik donanım ile yapılması halinde kaynakçı, dikey birleştirme için çubuk elektroda dönüşmek zorunda kalırdı. Oysa ki bütün pozisyon özlü "açık ark" teli ile hiç yöntem değiştirmeden ve dolayısıyla herhangi bir duraklama olmadan, bütün birleştirmeleri gerçekleştirmek mümkün olmaktadır.





Şekil: 392. Kendini koruyan "açık ark" özlü tel elektrodla bir buldozer bıçağı için boru mesnet tertibinin kaynağı.

## STANDARDLAR

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

Kendini koruyan "açık-ark" özlü tel elektrod ile kaynak sürecinin göreceli olarak yeni bir çalışma şekli olması itibariyle tellerin elle yarı-otomatik olarak kullanılması, kaynakçılarda bir endişe yaratır. Ancak deneyimli bir kaynakçının bir gün içinde gerekli performansa ulaştığı saptanmıştır.

#### *Elektrod Sınıflandırması*

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

Özlü tel elektrodlar için gerekli bileşim

AWS Sınıflandırılması	Bileşim, max.(%)						
	Mn	Si	Ni	Cr <sup>+</sup>	Mo <sup>+</sup>	V <sup>+</sup>	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						

Buradaki E, elektrod (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 sistemi performans karakteristiklerini tanımlamaz.

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

AWS Sınıflandırması	İstenen deney tipleri				
	Röntgen	Kaynak metali çekme	Enine çekme	Uzunlamasına gaydli 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" elektrodlardır. Öbürleri CO<sub>2</sub> ile kullanılırlar.

Özlu tellerin terkettiği kaynak metali için AWS A5.20-69 mekanik nitelik koşulları:

AWS Sınıflandırması	Koruma gazı	Akm 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 <sub>2</sub>		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 <sub>2</sub> 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	

a. Kaynaklı hal mekanik nitelikleri.

b. Koruyucu gaz şöyle gösterilir:

CO<sub>2</sub> = Karbondioksit

Yok = Ayrıca koruma gazı yok.

c. Ters kutup, elektrodun (+); düz kutup, elektrodun (-) anlamındadır.

d. Tek paso elektrodları için gerekli.

e. Çok paso elektrodları için gerekli.

f. Minimum üzerinde uzamada her yüzde bir için, gerekli akma sınırı ya da kopma mukavemeti minimumu veya her ikisi birden, 1000 psi azalabilir.

Aşağıda sadece "açık ark" elektrodlarının karakteristiklerinden söz edilmiştir.

*E60T-7 elektrodları*, tek ve çok pasolu kaynaklar için kullanılabilirler. Terk edilen kaynak metali çatlamaya yüksek mukavemetlidir.

*E60T-8 elektrodları*, tek ve çok pasolu uygulamalarda, yerde yatay ve dikey düzlemde yatay (borda) kaynaklarında kullanılabilirler. Terk edilen kaynak metali çatlamaya yüksek mukavemet ve  $-18^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{F}$ )'ta iyi çentik darbe mukavemetini haizdir.

*E60T-3 elektrodları*, başlıca yerde yatay ve dikey düzlemde yatay pozisyonlarda, ince saç levhalar üzerinde tek pasolu yüksek hızlı kaynaklar için olup kalın kesitler ya da çok pasolu kaynaklarda kullanılmayacaklardır.

*E70T-4 elektrodları*, hızlı doldurma karakteristiklerini haizdir. Yerde yatay ve dikey düzlemde yatay pozisyonlarda tek ve çok pasolu uygulamalarda kullanılabilirler. Bu elektrodlar yüksek metal terketme oranı, alçak püskürme kaybı, yassı ilâ dışbükey dikiş profili ve kolay kalkan cüruf ile nitelenirler. Terk edilen kaynak metali, tespit edilmiş (esnekliği olmayan) birleştirme ve yüksek kükürt ve karbon içerikli levhalarda bile çatlamaya yüksek mukavemet arz eder. Kaynak metali düşük hidrojenli olup Röntgen koşulları standard süreçlerle elde edilir. Bu elektrodların pratik avantajlarından bir tanesi, iyi alıştırmamış birleştirmelere uygunluğudur.

*E70T-5 elektrodları* dış gaz korumalı veya korumasız olarak kullanılabilip başlıca yerde yatay köşe veya ağız kaynakları için tasarlanmışlardır. Dikey düzlemde yatay köşe kaynakları da memnuluk verici şekilde gerçekleştirilebilir, ama yerde yatay ağız kaynaklarına göre terk edilen metal oranı daha düşük olur. Bu elektrodlar, asgari yüzey hazırlıklı tek pasolu uygulamalarda kullanılabilirler. Karakteristikleri arasında küresel geçiş (transfer), az nüfuziyet, hafifçe dış bükey dikiş profili ve ince, kolay kalkan cüruf sayılabilir. Terk edilen kaynak metali  $-27^{\circ}\text{C}$  ( $-20^{\circ}\text{F}$ ) ta iyi bir çentik darbe mukavemetini haizdir.

*E70T-6 elektrodları*, bundan öncekilerle aynı olup bunlar dış gaz korumasız olarak uygulanmak üzere tasarlanmış olduklarından, kimyasal bileşimleri hafifçe farklıdır.

*E70T-G elektrodları*, yukardaki sınıflandırmaya dahil olmayan özlü tel elektrodlar olup bunların karakteristikleri ve uygun kullanım şekilleri için imalatçısına müracaat edilmelidir.

*Alçak alaşımlı özlü tel elektrodları* ayrıca sınıflandırılmamışlardır. Bunlar AWS 55.5 spesifikasyonunda muadil tanımlamalarıyla anılırlar. Bütün kimyasal bileşim, mekanik nitelikler, mukavemet deneyleri ve kullanma ile ilgili talepler bu spesifikasyonlar (veya imalatçı ile kullanıcı arasında anlaşma) ile tayin edilirler.

## AÇIK ARK ÖZLÜ TEL ELEKTRODLARIN PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİ

Performans karakteristikleri arasında kaynak pozisyonu kabiliyeti, terk edilen metal oranı, nüfuziyet, cüruf örtüsü ve kaynak püskürmeleri sayılır. Belli bir sınıflandırma içinde bile bu karakteristikler imalâtçıdan imalâtçıya değişebilir.

Kaynak pozisyonu kabiliyeti kaynak banyosunun boyutu, cüruf hacmi, elektrod çapı ve akım şiddeti kabiliyeti tarafından etkilenir. Bütün açık ark özlü tel elektrodları yerde yatay pozisyon performansına yatkın olup yüksek metal terketme oranını haiz olanlar yerde yatay kaynakları en ekonomik şekilde gerçekleştirirler. Elle örtülü çubuk elektrodlarda olduğu gibi, yukardan aşağıya dik kaynağa uygun küçük çaplı özlü tel elektrodlar, aşağıdan yukarı dik ve tavan kaynaklarında da kullanılabilirler, ancak bunların performans ve kaynak kalitesi; özgül olarak zor pozisyonlar için tasarlanmış elektrodlarınkilerin ayarında olmaz.

Fikir vermiş olmak için  $\phi$  3,2 mm çapında E70T-4 elektrodunun, doğru akım, elektrod (+) ve 70 mm elektriksel serbest uç uzunluğu ile tipik metal terketme oranları aşağıda gösterilmiştir.

Akım şiddeti	Tel sürme hızı mm/dak.	Metal terketme oranı kg/sa
350	3300	6,6
400	3800	8,0
450	4450	9,1
500	5100	10,4
550	5750	12,0
600	6350	13,6

Toz dekapan (öz)'in bileşimi ve yumuşak çelik boru kılıfın akım taşıma kabiliyeti, terk edilen metal oranını etkiler. Elektrodun, gerekli mekanik nitelikleri ve kaynak metali kalitesini tutturarak daha uzun elektriksel serbest uç uzunluğuna imkân verme kabiliyeti de terk edilen metal oranını etkileyen bir faktör olmaktadır.

Açık ark özlü telin ark karakteristikleri, nüfuziyetin başlıca etkeni olmaktadır. Akım şiddetini ve elektriksel serbest uç uzunluğunu tolerans sınırları içinde değiştirmek de nüfuziyeti etkiler, ancak bu etki, farklı sınıflandırma elektrodlarının nüfuziyet farklarıyla kıyaslandığında, asgaride kalır. Sınırlandırılmış bir arka sahip elektrodlar, küresel, yumuşak tip arklılara göre daima derin nüfuziyet sağlarlar. Nüfuziyet ihtiyacı birleştirme tasarımı ile alıştırmadaki hassasiyete göre değişir.

Çeşitli özlü tellerde cüruf örtüsü hacim ve tip olarak değişir. Büyük cüruf hacmi, sınırlı pozisyon çalışmasında hasıl olur. Büyük hacimde cüruf veren elektrodların bu cürufu genellikle "gözenekli-gevrek" ya da "yoğun-katı" tipten olur. Her iki tip de kolay kalkar.

Büyük hacimde cüruf veren açık ark özlü tel elektrodlar ya özellikle dik ve tavan

kaynaklarına ya da saç malzemelerin yüksek hızla birleştirilmesine özellikle uygun olanlardır. Zor pozisyonlar için tasarlanmış elektrodlar, çabuk oluşan ve kolayca kalkan büyük hacimde cüruf hasıl ederler. Sac levhaların hızlı kaynağı için tasarlanmış olanların hasıl ettikleri cüruf, kaynağın kenarları boyunca iyi bir ıslatma etkisi ve ana metalle terk edilen metal arasında bir uniform ergime meydana getirir. Bu tür cüruf, çok kesif ve cam gibi bir görünüm ve yapıyı haiz olup kaldırılması güçtür.

Kaynak püskürme hacim ve boyutu arkın karakteristiklerine göre değişir. Sınırlı bir arkı haiz elektrodlar genellikle küçük damlacıklar halinde geçiş arzederler. Bu tipin püskürmesi, küresel, yumuşak ark karakteristiğini haiz olan elektrodlarınkine göre daha ince olur.

Bir grup olarak kendini koruyan açık ark elektrodları pratik olarak rutubet almazlar. Bu itibarla normal kullanma koşullarında özel depolama tertiplerine gerek göstermezler.

### *KAYNAK DONANIMI*

Kendini koruyan açık ark özlü telle kaynak için gerekli donanım bir güç menbaı, bir tel sürme mekanizması ve bir de kaynak tabancası (pensesi)'nden ibarettir.

*Güç menbaları:* Doğru akım menbaları ya transformatör-redresörler ya da jeneratörlerden oluşur. Transformatör-redresör tercihen yassı-meyilli tiptendir.

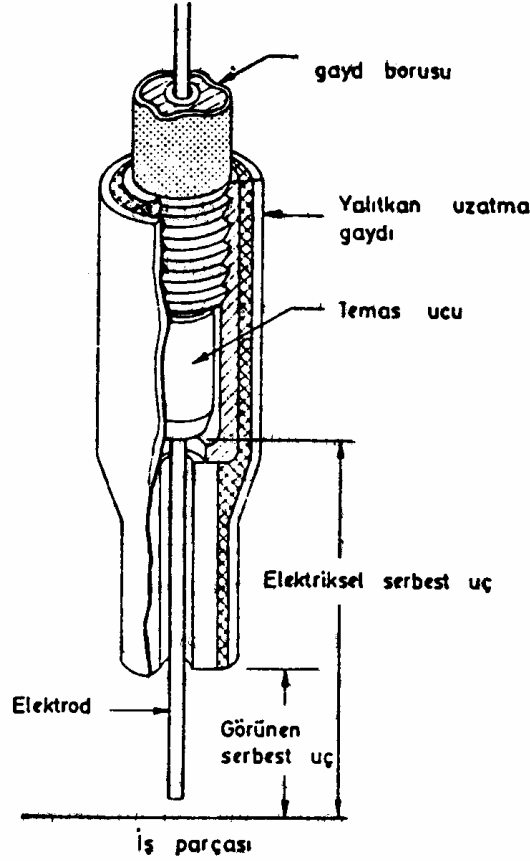
*Tel sürme tertipleri:* Bunlar, yarı-otomatik kaynaktaki olduğu gibi arktan belli bir mesafede ya da tam otomatik kaynaktaki, memenin hemen üstünde olur. Yarı-otomatik tertipte sürücü elektrod bobininin 12 m. kadar önünde ve 4,5 m kadar da kaynak tabancasının gerisinde bile olabilir. Standard çalışmada elektrod, yarı-otomatik tabancaya itilir, um otomatik kaynak kafasına çekilir. Tipik bir tam-otomatik kafada tel sürme motoru ve makaraları memenin hemen üstünde olur, elektrod, kaynak kafasıyla birlikte araba üzerinde gidip gelen makaradan çekilir.

*Kaynak tabancaları:* Bunlar hafif, orta, ağır iş modelleri olarak farklı akım şiddeti ve elektrod çapına göre imal edilirler. Elektriksel temas, tabancanın memesinin içinde olur ve tetiğe basılana kadar elektrod elektriksel olarak "soğuk"tur. Bir kılıf kaynakçının elini, orta ve ağır iş tabancalarında, aşırı ısıdan korur.

### *Elektriksel serbest uç gayd başlıkları:*

Kendini koruyan açık ark özlü tel kaynağında elektrod tipi, çapı, akım şiddeti ve gerilim sınırlarıyla birlikte elektriksel serbest uç uzunluğu da belirtilir.

Bir uzun elektriksel serbest uç (Şek. 393), arkta ergimeden önce teli ön ısıtarak metal terketme oranını artırır. Kaynak maliyeti üzerinde bunun etkisi önemli olabilir; metal terketme oranları % 50'ye kadar artabilir. Çeşitli özlü tellerde, kullanma yönetmeliklerinde elektriksel serbest uç 19 mm'den 95 mm'ye kadar değişir. 95 mm'lik serbest uç uzunluğu genellikle 8 mm daha büyük



Şekil: 393. Elektriksel serbest uç, bir tabanca ya da kaynak başlığında, elektriksel temas noktası ile ark arasındaki elektrod uzunluğudur.

dikiş kenarlı yerde yatay köşe, çok pasolu yerde yatay köşe ve yerde yatay derin ağızlı alın kaynaklarıyla sınırlandırılmıştır.

### *YARI OTOMATİK ÇALIŞMA TEKNİKLERİ*

Kaynaktan önce, ayarlar özenle kontrol edilecektir. Sürme makaraları ve tel gayd tüpleri tel çapına uygun olacak ve sürme makaralarının basıncı imalâtçının talimatına göre ayarlanacaktır.

*Arkın tutuşturulması:* Elektrod çapı ve gayd başlığı için tavsiye edilen görünür serbest uç ayarlanır. Elektrodun ucu iş parçasına çok yakın veya ona hafifçe dokunur gibi tutulup arkı tutuşturmak için tetiğe basılır. Elektrod, örtülü çubuklarda olduğu gibi birleşme yerine doğru itilmeyecektir zira burada mekanik sürme tertibatı elektrodu iletme görevini üstlenmiştir. Kaynak, tetik bırakılarak veya tabanca hızla iş parçasından uzaklaştırılarak durdurulur.

Uygun bir elektriksel serbest uç kullanıldığında, 12 mm civarında bir görünür serbest ucla arkı tutuşturup bundan sonra görünür serbest ucu tavsiye edilen uzunluğa getirmek daha iyidir.

*Fena alıştırmış parçaların kaynağı:* Daha önce de söylendiği gibi, özlü tel elektrodun avantajlarından biri, iyi alıştırmamış parçaların kaynağına uygunluğudur. Bir hızlı doldurma elektroduyla, görünür serbest ucu 75 mm'ye kadar artırarak fena alıştırmış birleşme yerleri

kaynak edilebilir. Görünür serbest ucu artırmak için tabancayı iş parçasından uzaklaştırmak, akım şiddetini ve böylece de nüfuziyeti azaltır ve yanma çentiklerinin oluşmasından kaçınmaya yardımcı olur. Fena alıştırılmış bölgeden geçildikten sonra, birleşmenin gerisi için normal serbest uç kullanılır. Nüfuziyet kontrolünün bu yöntemi sadece kısa gayd başlığı ile kullanılacaktır.

Doldurma-donma<sup>(\*)</sup> elektrodlarıyla fena alıştırılmış parçalar, akım şiddeti tarifnamede gösterilen asgari değere indirilerek kaynak edilebilir. Keza serbest ucu 38 mm'ye artırarak da nüfuziyet ve yanma çentik ve delikleri azaltılır.

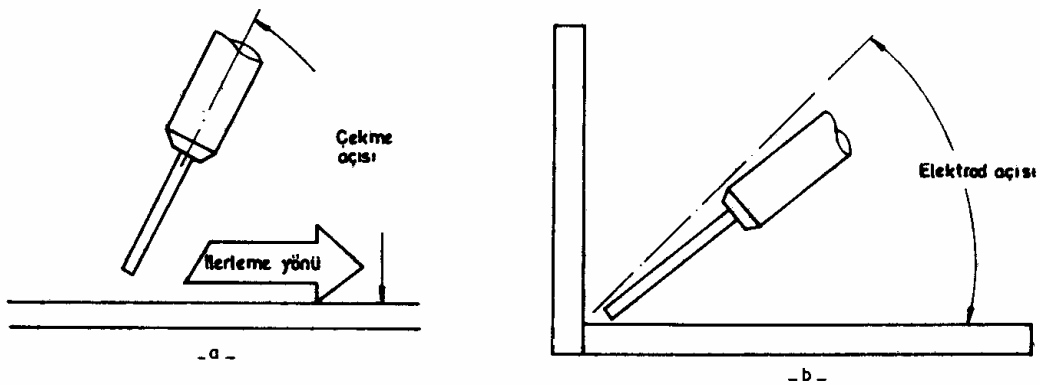
(\*) Doldurma-donma elektrodları, hızlı donma ve hızlı doldurma elektrodları ansında, ona metal terketme oranı ve orta nüfuziyet sağlayacak şekilde bileştirilmiş elektrodlardır. Bunlara hızlı takip elektrodu da denir. Hızlı donma elektrodları ise ark tarafından ergitildikten sonra hızla katılaşıp ve özgül olarak dik ve tavan pozisyonları için tasarlanmış elektrodlardır.

#### *Cürufun kaldırılması:*

Cürufun kaldırılması, kendini koruyan açık ark özle telle kaynakların çoğunda kolaydır. Büyük kesitte hızlı doldurma çalışmasında cüruf çoğu kez kıvrılır ve kaynak tabancasının arkasından soyulur. Aksi halde kaynakçı çekici veya tel fırça ile hafif kazıma bu iş için yeterli olur. Bazen 90° dik kaynaklar veya yukardan aşağı dış bükey dikişte cüruf sıkışabilir. Uygun çekme açısı ve iyi bir dikiş şekli sağlayan yumuşak, yeksanak bir ilerleme hızıyla bunun önüne geçilir.

#### *Elektrod pozisyonu:*

Çekme açısı, elektrodun merkez çizgisi ile dikişin merkez çizgisi arasındaki ilerleme yönünde açıdır (Şekil: 394 a). Gerekli çekme açısı az çok örtülü çubuk elektrodunkinin aynıdır. Cürufun arkın önüne akma eğilimi durumunda, çekme açısı küçültülecektir.



Şekil: 394.

8 mm ve daha büyük yatay köşe kaynaklarının çoğunda en iyi dikiş şeklinin sağlanması için elektrod, alt levhaya yönelecek (Şekil: 394 b) ve elektrodla alt levha arasındaki açı 45° den



az olacaktır. Bu tertiple ergimiş metal dikey levayı yalar. Elektrodu doğruca birleşme yerine yöneltip bir 45 ilâ 55° açı kullanmakla, vaki olursa, kök gözenekliği sorunlarını azaltır ama püskürme ve bir dışbükey dikiş hasıl olur. 6 mm ve daha küçük köşelerde tel, doğruca birleşme yerine yöneltilecek ve elektrod açısı 40° civarında tutulacaktır.

İnce saçlar üzerinde takip-donma elektrodu kullanıldığında ark tutuşturulması, en iyi 12 mm görünür serbest uç uzunluğu ile başlamak ve sonra da bunu 25 mm uzatmakla sağlanır. Kaynak, bütün pozisyonlarda bir düz çekiş tekniği ve istikrarlı ilerleme hızı ile yapılacaktır. İstikrarlı hız önemlidir şöyle ki tereddüt yanma deliklerine, birleşmenin altında metal sarkmasına ve dikiş içinde gözeneğe neden olur.

İnce malzemede alıştırma sıkı olacak olmakla birlikte 0,25 mm (12 gage) ilâ 5 mm kalınlıkta çelikte küçük bir aralık, akım şiddeti ve gerilimini yaklaşık % 10 kadar azaltarak kapatılabilir.

İnce malzeme üzerinde hafif cüruf sıkıca yapışır ama kaldırılması gerekmez. Hafif bir asit eriyiği ise boyanmadan önce silinmesiyle kaynak alanı nötralize edilmiş ve duman çökmelerinden temizlenmiş olur.

E 70 T-G elektrodu ile zor pozisyon kaynağında en iyi sonuç, iş parçasını yukardan aşağı dik pozisyona getirmekle sağlanır. Düz çekiş tekniği kullanılacak, akım şiddeti, müsaade edilen sınırların ortası ve bunun yukarisına ayarlanacaktır. Tabanca, ilerleme yönüne eğilecek şöyle ki arkın kuvveti ergimiş metali birleştirme yerinde tutacaktır. Doldurma-donma elektrodlarıyla aşağıdan yukarı dik ve tavan kaynağında, E6010 tekniklerinin aksine, alçak hidrojen teknikleri kullanılacaktır. Akım şiddeti en alt mertebede tutulacaktır. Şekil 395'de aşağıdan yukarı dik ve tavanı kaynağında genel teknikler gösterilmiştir.

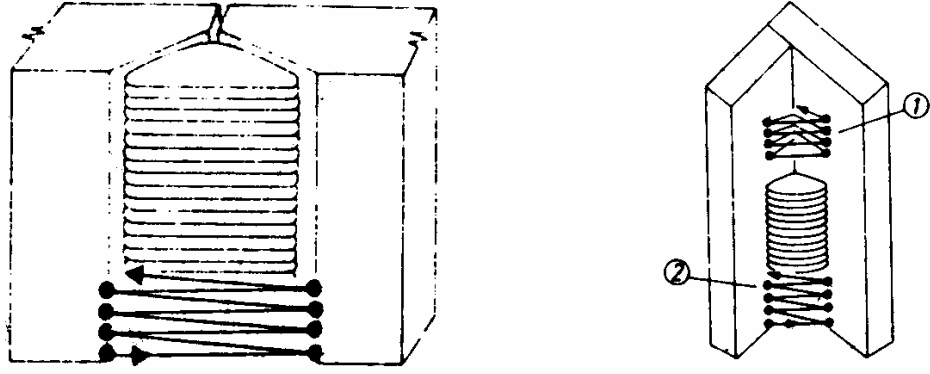
#### *Çubuk elektrodla borunun ilk iki pasosu dahil, alın kaynakları*

1. Ağzın dış kenarlarında belirgin bir duraklama yap.
- 2.. Her yukarı adımı asgaride tut. Kenarlarda yukarı çıkma; duraklama noktasından düz çık ve kaynak içinde yukarı hareket et.

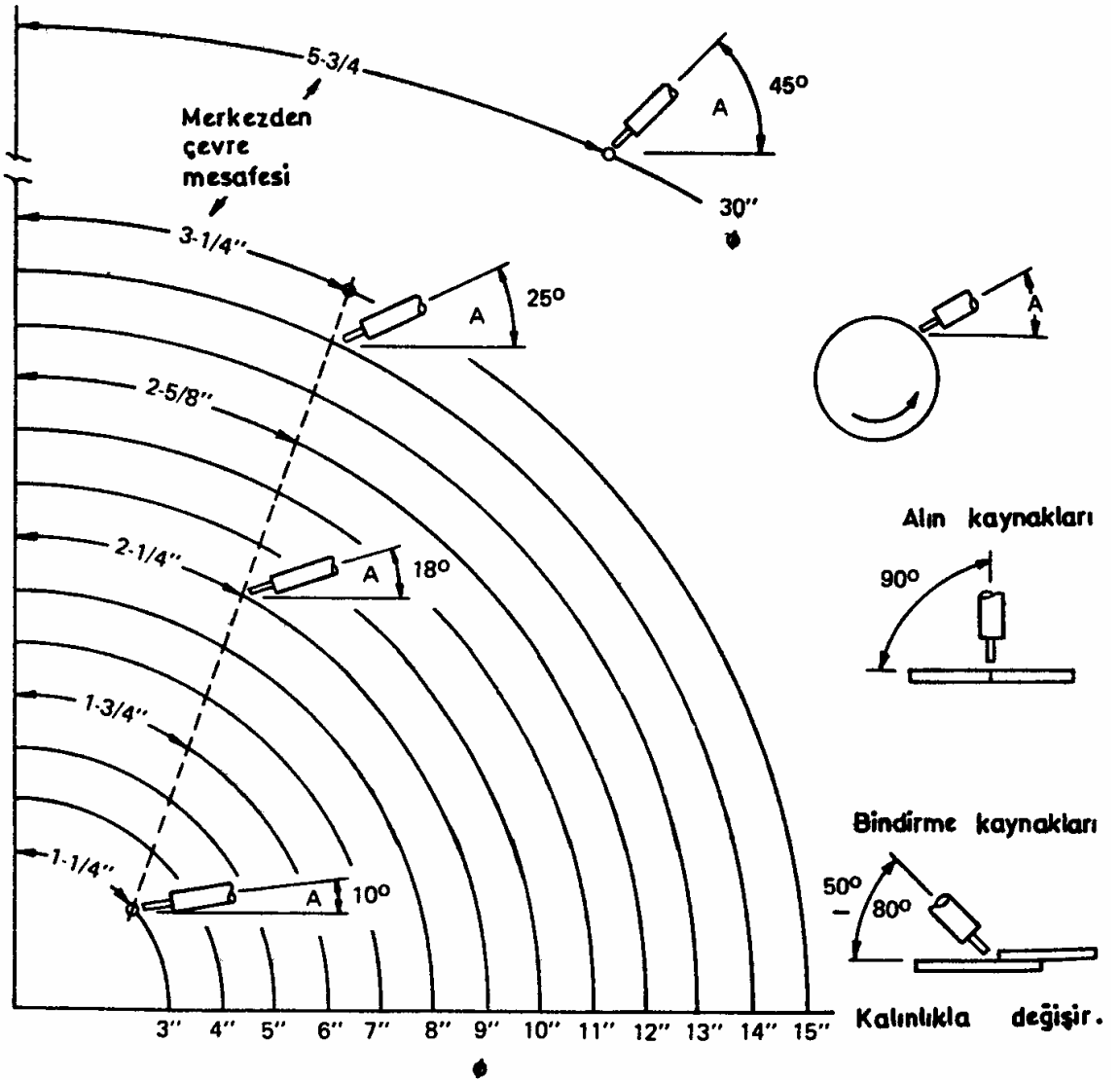
#### *8 mm ve daha yukarı köşe ve bindirme kaynakları*

1. Birinci Paso: Dış kenarlarda duraklama ile bir üçgen tertip kullan.
2. İkinci Paso: Alın kaynaklarında kullanılan kenardan kenara tertibi kullan. Önceki dikiş bir 8 ilâ 10 mm'lik bir yüz genişliğini haiz olmalıdır.

Kendini koruyan açık ark özlü tel elektrodlarla tam otomatik kaynakta, iş parçasının pozisyon açısı elektrodun birleşme yerine açısı, elektrodu çekme açısı kritik olup Şekil 396, dairesel kaynaklarda (boru) elektrod açılarıyla çevrelerin merkezden mesafelerinin ve bindirme kaynaklarında nasıl 75 ilâ 750 mm çaplarda değiştiğini gösterir.



Şekil: 395 — E 70 T—G elektrodları ile aşağıdan yukarı dik ve tavan kaynağı teknikleri.



Şekil: 396 — Tam otomatik özlü tel kaynağı ile silindirik birleştirmelerde alın ve bindirme kaynakları yapılırken elektrod açısı (A) ve merkezden dairesel mesafelerde değişimler.

## ÇALIŞMA DEĞİŞKENLERİ

Başlıca dört değişken, özlü tel elektrodlarla kaynak performansını etkiler. Bunlar ark gerilimi, akım şiddeti, ilerleme hızı ve elektriksel serbest uç uzunluğudur. Bu değişkenler birbirlerine bağlı olup birinin değişmesi halinde öbür üç tanesinden biri ya da daha çoğunun genellikle yeniden ayarlanması gerekir.

*ARK GERİLİMİ* değişimleri, akım şiddeti, ilerleme hızı ve elektriksel serbest uç uzunluğu sabit tutulduğunda, şu etkileri hasıl eder:

1. Bir yüksek ark gerilimi daha geniş ve daha yassı dikiş hasıl eder.
2. Aşırı bir ark gerilimi gözenekli dikiş verebilir.
3. Düşük gerilim bir dışbükey, burmalı dikiş hasıl etme eğiliminde olur.
4. Fevkalade düşük gerilim teli, levhaya çarpmaya meylettirir. Tel, ergimiş metal içine dalıp birleşmenin dibine çarpabilir ve böylece de tabancayı yukarı itebilir.

Çoğu uygulamada iyi bir dikiş şekli, gözenek hasıl etmeden mümkün olan en yüksek gerilimi kullanarak elde edilir. Daha yüksek akım şiddetleriyle, gözenek hasıl etmeden daha yüksek ark gerilimleri kullanılabilir.

*AKIM ŞİDDETİ* değişimleri, ark gerilimi, ilerleme hızı ve elektriksel serbest uç uzunluğu sabit tutulduğunda, şu etkileri hasıl eder:

1. Artan akım şiddeti, ergime ve terkedilen metal miktarını artırır.
2. Aşırı akım şiddeti dışbükey dikişler hasıl eder ki böylece dikiş görünümü bozulur ve kaynak metali ziyan olur.
3. Çok alçak akım şiddeti, damlacıklar halinde geçiş hasıl edip nüfuziyet azalmasına götürür.

Akım şiddeti artırıldığında, iyi bir dikiş şeklini korumak için ark geriliminin de artırılması gerekir. Yüksek akım şiddeti, gözenektik hasıl olmadan kullanılabilen maksimum ark gerilimini de yükseltir.

*İLERLEME HIZI*, öbür değişkenler sabit farzedilerek aşağıdaki etkileri hasıl eder:

1. Aşırı ilerleme hızı, dikişin dışbükeyliğini artırır ve kenarların intizamını bozar.
2. Çok yavaş bir ilerleme hızı, araya cüruf girmeleri ve kaba, yeknesak olmayan dikişle sonuçlanır.

Kendini koruyan açık ark özlü tel elektrodlarla ilerleme hızı, örtülü çubuk elektrodlarınkine göre daima daha yüksek olup böylece daha yüksek terkedilmiş metal miktarı sağlanır. Yarı-otomatik sürece yeni başlamış bir kaynakçı, örtülü elektrod alışkanlığıyla yavaş ilerleme eğiliminde olur.

İlerleme hızında yeknesaklık önemlidir. Bunun sağlanması için telle telin arkasında ergimiş cüruf arasında hep aynı mesafenin tutulması gerekir.

ELEKTRİKSEL SERBEST UÇ UZUNLUĞU'nun değişimleri, öbür değişkenler sabit farzedilerek, aşağıdaki etkileri yapar:

1. Elektriksel serbest ucun artması akım şiddetini azaltır ve aksi de vâki olur.
2. Elektriksel serbest uç uzunluğu artırılınca, ark arasında mevcut gerilim azalır. Daha düşük ark gerilimi de dikişin dışbükeyliğini artırır ve gözeneklilik eğilimini azaltır.
3. Kısa elektriksel serbest uç uzununa göre daha büyük nüfuziyet verir.

Gerçekten bu dört değişkenin uygun bir dengesi, en iyi performans için gereklidir. Aşağıdaki tablo, arıza vukuunda yapılması gereken ayarlamaları gösterir.

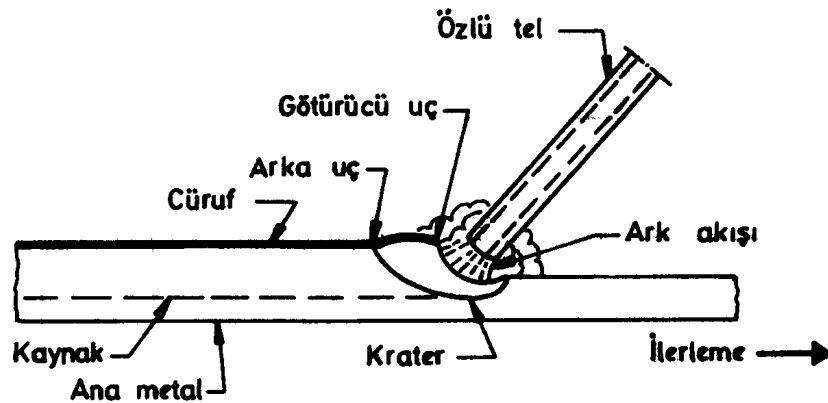
Özle tel elektrodlarla kaynak için arıza giderilmesi ayarları:

Sorun	Çözüm *				
	Akım	Voltaj	Hız	Serbest uç	Çekme açısı
Gözeneklilik	5↑	1↓	4↓	2↑	3↑
Püskürme	4↓+	1↑	5↓	3↓	2↓
Dışbükeylik	4↓	1↑	5↓	2↓	3↑
Geriye ark üflemesi	4↑	3↓	5↓	2↑	1↑
Yetersiz nüfuziyet	2↑	3↓	4↑	1↓	5↑
Yetersiz takip	4↑	1↓	5↓	2↑	3↑
Yanma delikleri	4↓	1↓		3↓	2↓

\* Oklar, sorunu düzeltmek için ayarı artırıp azaltma gereğini, numaralar da önem sırasını gösterir.  
+ E 70 T — G elektrodlarıyla, akımı artırmakla damlacıkların boyutları küçülür ve püskürtme azalır.

### TAM-OTOMATİK ÇALIŞMA TEKNİKLERİ

Tam otomatik kaynakta, kaynak banyosu performansın iyi bir göstergesi olmaktadır. Banyo, kaynağın başlamasında Şekil: 397'de gösterildiği gibi olacaktır.



Şekil: 397 — Tam-otomatik kaynakta uygun şekilde oluşmuş kaynak banyosu.

Mevcut ergimiş metal miktarıyla ark kuvvetinin miktar ve yönü, banyonun şeklini etkileyen başlıca iki etkidir. Banyoyu oluşturmak üzere yeterli miktarda ergimiş metal bulunacak ve banyo da arkı geriden muntazam şekilde takip edecektir. Aşağıya doğru meyilli kaynakta, ark kuvveti ve buna eklenen yerçekimi kuvvetinin sonucu olarak şekildeki gibi keskin bir götürücü kenarlı banyo gereklidir. Aşağıya doğru meyil açısı, yatayla kaynak edilen birleşme yeri arasındaki açıdır.

Arkı muntazam şekilde takip etmek demek, kaynak ilerledikçe arkla banyonun ön kenarı arasındaki mesafenin sabit kalması demektir. Muntazam takipte metal arka kenarda, götürücü kenara yeni metal eklenmesi oranında donar ve bitmiş dikiş, Şekil: 398 'daki gibi, uniform olur.

Güzel şekilli bir stabil götürücü ucun oluşmaması, takip kusurunun göstergesi olur. Bu durumda banyo arkı gayrimuntazam şekilde takip eder ve kaynak ince, intizamsız olup açık noktalar arzedebilir.



Şekil: 398 — Dikişin görünümü üzerinde çekme açısının etkisi. (a) da uygun açı; (b) de fazla büyük açı.

Takip kusurunun bazı durumlarında, kaynak banyosunun götürücü kenarı, kaynak ilerledikten sonra oluşmaya başlar, ancak ark kuvveti onu geriye, banyonun içine üfler. Kaynağın görünümü intizamsız olur.

Takip kusurunun başlıca nedenleri yetersiz ergimiş metal veya çok küçük aşağıya doğru

meyil açısıdır. E70T—3 elektrodlarıyla tam otomatik kaynakta, aşağıya doğru meyilli kaynak, banyonun uygun şekilde oluşmasına büyük ölçüde yardımcı olur . Yerçekimi dolayısıyla aşağıya doğru meyilli kaynakta banyo aşağıya doğru akma eğiliminde olur. Ark kuvveti metali banyo içine geri iter. Bu iki kuvvetin uygun karşılıklı etkileşimi, keskin götürücü kenarlı iyi bir kaynak banyosu sağlar.

Takip kusuru çoğu kez aşağıya doğru meyli artırarak düzeltilebilir. Bu açığı azaltmak, banyoyu arkı çok yakından takibetmekten alıkoyar. Keza bu kusur aşırı ilerleme hızı veya alçak akım şiddetinden ileri gelebilir.

Çok yakından takip, kaynak banyosunun arkın içine akıp elektrodun ucuna değmesi halinde vaki olur. Hasıl olan kısa-devre akımı püskürme yağmuru halinde metali uzağa üfler ve kaynak içinde dolmamış noktalar kalır.

*ÇEKME AÇISI* (Şekil: 398 a) da, tam-otomatik kaynakta performans ve dikiş şeklini etkiler. Uygun çekme açısı yüksek ilerleme hızlarında püskürmeyi önler; sınırları içinde ilerleme hızı ne kadar büyük olursa, açı o kadar küçük olacaktır. Çekme açısını azaltmak ark kuvvetini biraz artırıp nüfuziyeti azaltır. Kaynak hatalarını düzeltmek üzere çekme açısını değiştirmek, bir hassas ayar olarak telakki edilecek ve ancak ilerleme hızı, iş parçasının açısı ve akım şiddeti ayarlandıktan sonra buna girişilecektir. Şekil 398, dikiş görünümü üzerinde çekme açısının etkisini gösterir.

*İLERLEME HIZI*, tam-otomatik kendini koruyan özlü tel elektrod kaynağında önemli olup takip kusuru, ilerleme hızı azaltılarak düzeltilir. Böylece keskin götürücü kenarlı bir kaynak banyosunun oluşması için gerekli daha büyük bir ergimiş metal havuzu meydana gelir. Fazla takip ilerleme hızı artırılarak düzeltilir; böylece banyonun boyutu küçülür ve bunun sonucunda da götürücü kenar ark kuvvetini zorlayacak kadar ağır olmaz.

İlerleme hızı ayrıca nüfuziyeti etkiler. Genellikle ilerleme ne kadar yavaş olursa, nüfuziyeti o kadar derin olur. İlerleme hızı azaltıldığında, yanma deliklerinin oluşmasını önlemek için akım şiddetinin de azaltılması gerekebilir.

*AKIM ŞİDDETI*, hem nüfuziyeti, hem de ergime oranını etkiler. Birkaç kaynak pozisyonunda yarı-otomatik kaynak parametreleri aşağıda verilmiştir.

Yerde Yatay								
Saç Kalınlığı (in.)	5/16				3/8			
Paso	1	2	1	2	1	2	1	2
Elektrod Sınıfı	E701-4		E701-4		E701-4		E701-4	
Çapı	3/32		1/8		3/32		1/8	
Doğru Akım (+)	375		475		375		500	
Volt	33-34		32-33		33-34		33-34	
İlerleme Hızı (in./dak.)	11-13	20-22	14-16	22-24	9,5-11,5	17-19	12-14	19-21
Elektriksel Serbest Uç	2-3/4 in.							

Yerde Yatay				
Saç Kalınlığı (in.)	1/2	5/8	3/4	1
Paso	1-3	1-4	1-6	1-8
Elektrod Sınıfı	E701-4			
Çapı	3/32			
Doğru Akım (+)	350			
Volt	30-31			
İlerleme Hızı (in./dak.)	11,5-13,5	11,0-13,0	12,5-14,5	11,0-13,0
Elektriksel Serbest Uç	2-3/4 in.			

Düzyüzeyde Yatay (Borda)	<p style="text-align: center;">3/32 elektrod 1/8" elektrod</p>							
	Saç Kalınlığı (in.)	1						
Pase	1	2-3	4-6	7	1*	2	3 4	5**
Elektrod Sınıfı	E701-4	E701-4	E701-4	E701-4	E701-4	E701-4	E701-4	E701-4
Elektrod Çapı	3/32	3/32	3/32	3/32	1/8	1/8	1/8	3/32**
Doğru Akım (+)	325	325	325	275	400	400	400	275
Volt	28	28	28	26	28*	28	28	26
ilerleme Hızı (in./dak.)	11,0 - 13,0	12,5 - 14,5	13,0 - 15,0	10,0 - 12,0	11,5 - 13,5	13,5 - 16,5	13,0 - 15,0	10,0 - 12,0
Elektriksel Serbest Uç	2-3/4 in.							

\* Sıkı alışırma halinde 30-32 V veya birinci-paso için 7/32 in E 7018 elektrodu kullan.

\*\* Elektrod çapını değiştirmenin bir alternatifi, nihai pasoyu 3/16 in E 7018 elektrodu ile çekmektir.

Aşağıdan Yukarı Dik				
	Saç Kalınlığı (in.)	3/8	1/2	3/4
Pase	1-2	1-3	1-5	1-8
Elektrod Sınıfı	E601-7	E601-7	E601-7	E601-7
Elektrod Çapı	5/64	5/64	5/64	5/64
Doğru Akım (-)	175	175	175	175
Volt	18-19	18-19	18-19	18-19
ilerleme Hızı* (in./dak.)	2,8-3,1	2,8-3,1	2,8-3,1	2,8-3,1
Elektriksel Serbest Uç	7/8 in.			

\* Sadece birinci paso için. Sonraki tam salıntılı pasolar daha yavaştır.



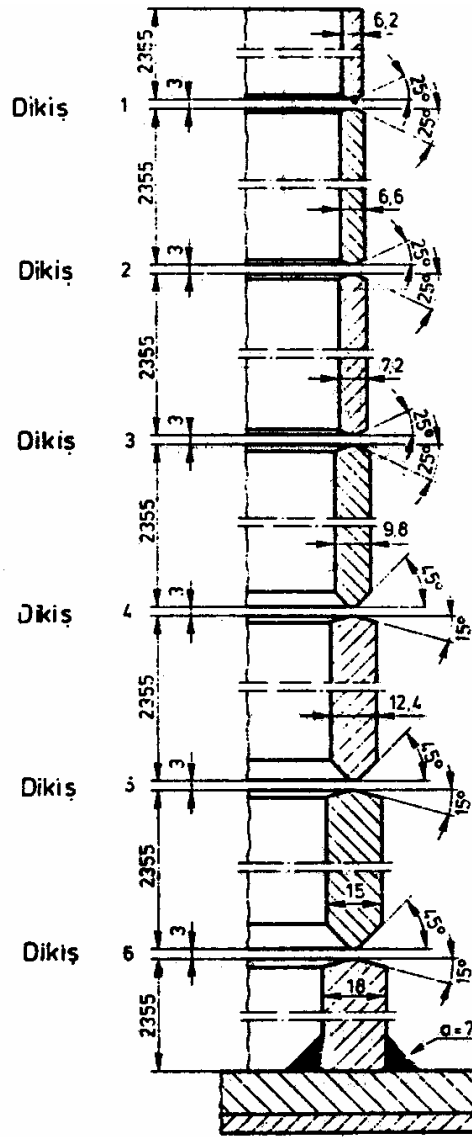
## BİR İLGİNÇ ÖRNEK

Olumsuz iklim koşulları (imalât-montaj, Ocak-Haziran 1986 arasında gerçekleşmiş ve rüzgâr altında özlü telle (tel, x 2 Cr Ni Mo 1912; koruma gazı M21 ve argon) x 10 Cr Ni Mo Ti 1810 paslanmaz çeliğinden 25 m çap ve 20 m yükseklikte 3 adet tank imal-inşa edilmiş olup dış çevre saçının kalınlıkları Şekil 399'da gösterilmiştir.

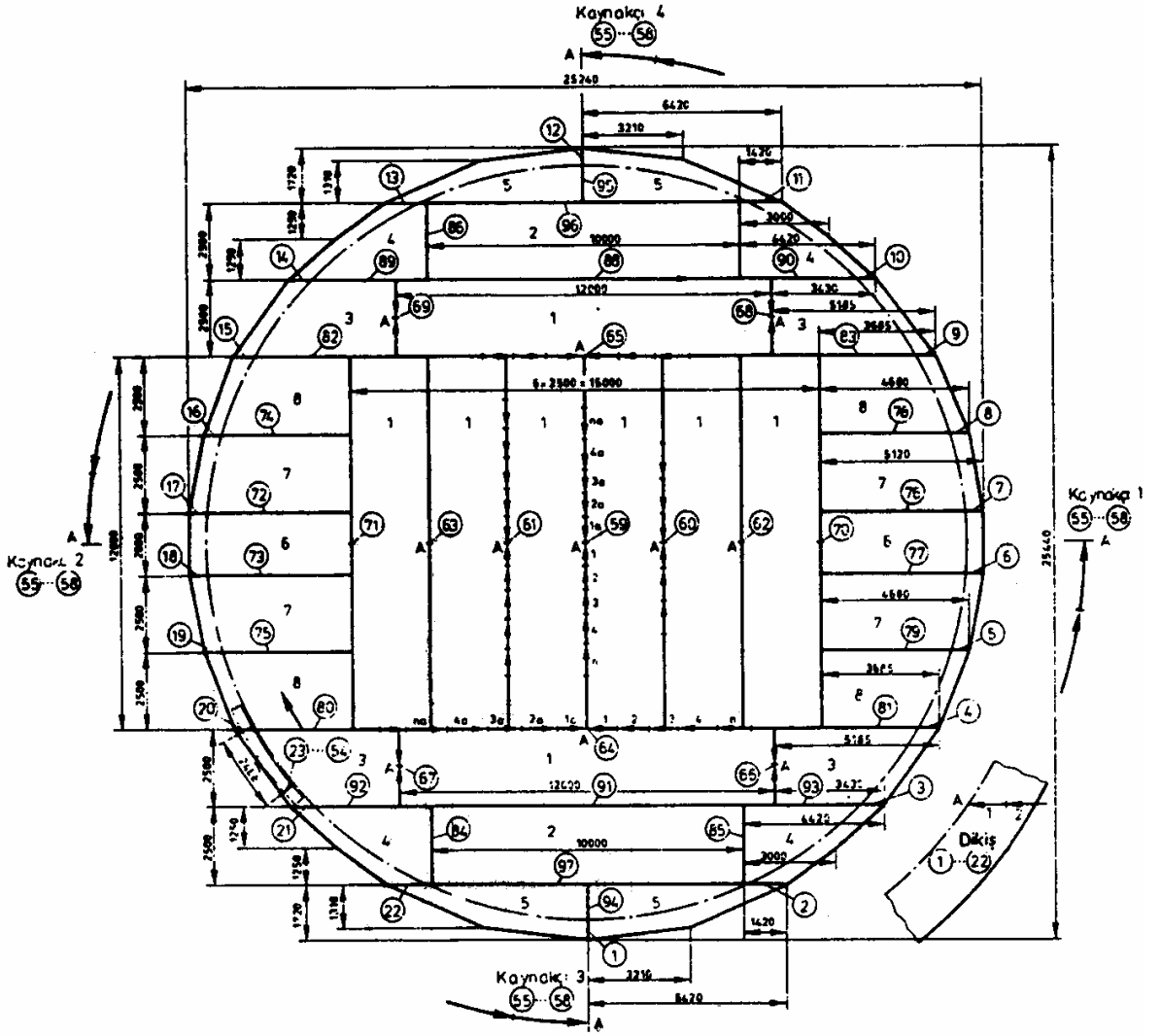
Toplam yaklaşık 10.000 m dikiş, özlü telle çekilmiş olup mümkün olan her yerde otomatik kaynağa! gidilmiştir. Cüruf oluşturucu östenitik elektrod telleri on değişik kaynak pozisyonunda denenmiş, kaynakçılar ve gözetimciler bu iş için özgül olarak bir eğitimden geçirilmişlerdir. Kaynak sıraları ve deneme planları dahil genel planlama yapılmış olup Şekil 400, tankların taban kaynak sıralarını ve kaynak yönlerini gösterir. Distorsiyon ve sair kaynak kusurlarını belli sınırlar içinde tutmak üzere hacı adımı (geri adım) yöntemi (Şekil 401) kullanılmış. Her adım bölümü 400 ila 500 mm olmuş. Taban kaynak sıraları şöyle olmuş; (1) ilâ (22), çevrede, uzunluk (radyal) yaklaşık 600 mm; (23) ilâ (54), çevre takviye dikişleri (küt alın); (55) ilâ (58), köşe dikişleri - (57) ve (58), (55) ve (56) dikişlerinin çekilmesinden önce puntalanmış (Şekil 402) —; (59) ilâ (97), taban dikişleri (ilk tabaka oklar yönünde kaynak edilmiş, ikincisi ters yönde çekilmiş). Bütün birleştirmeler puntalanmıştır (TIG yöntemiyle). (A) kaynak dikişi başlangıcı hep birleştirmenin ortasında olmuş. Taban halkası ve alt takviyede kaynak sırası Şekil 402'de gösterilmiştir. 5 ilâ 7 mm kalınlıkta saçların birleştirilmesi iki taraftan aynı anda TIG kaynağı ile gerçekleştirilmiş. Koruma gazı olarak saf argona % 3 hidrojen ilâvesiyle kaynak gücü artırılmış. İki taraftan birden kaynağın avantajı, arkadan da gaz korumasının bulunması olmuş. Ayrıca dış zarfın uzunlamasına dikişleri, kısmen otomatik gaz korumalı özlü telin avantaj sağlamadığı yerlerde, TIG (kök pasolar) ve elle örtülü elektrodla (geri kalan tabakalar) çekilmiştir.

Kaynaktan önce saçların rutubeti propan gazı üfleçleriyle giderilmiş (ağır kış koşulları). Montaj planı, taban saçı serildikten sonra en üst silindirik dış zarf halkasının (kalınlık 6.2 mm) yapımı mümkün olmuş. Burada uzunlamasına dikişler, dördüncü halkanın kine kadar, aynı anda iki taraftan TIG ile çekilebilmiş. Sonra dam-çatının ferritik çelik köşebentten köşe halkası değişik metal kaynağına uygun bir östenitik özlü telle kaynak edilmiş; bundan sonra çatı kirişlerinin montajı yapılmış ve çatı örtü saçları yine aynı özlü telle kaynak edilmiş. Burada çoğunlukla köşe kaynakları yerde yatay, dikey düzlemde yatay ve tavan (alttan) pozisyonlarında olmuş. İlk dış zarf ve çatıyı ve de müteakip bitmiş zarf halkalarını kaldırmak için hızlı tank montaj avadanlıkları kullanılmış. Bu "yukardan aşağıya" montaj şeklinin avantajları şöyle olmuş:

- İş, bir platformun üzerinden sadece iki metre yüksekliğe kaldırılmış ve tüm tankın daha başka donanıma gereksinmesi olmamış;
- Kaza ihtimali azalmış.
- Kumanda-ayar ve tutma halatlarına gerek kalmamış.
- Daha az iskele gerekmiş.



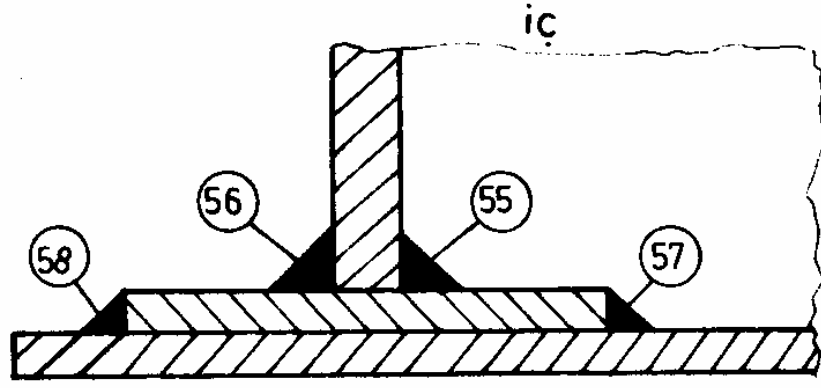
Şekil: 399 — Tank dış zarfının kesiti (kök yüksekliği 2 mm).



Şekil: 400 — Tank tabanında geri adım kaynak sırasının saptanması (A, kaynak dikişi başlangıcı).



Şekil: 401 — Geri adım sıra kaynağında.



Şekil: 402.

"Ferrit bulaşması" ve buna bağlı olan tankın dış yüzeylerinde korozyonu önlemek üzere tank kaldırıncılarının temas yüzeylerine östenitik çelik saçlar öngörülmüş. Sözü edilen 10.000 m dikiş için yaklaşık 2700 kg. kaynak ilâve metali gerekmiş. İşin bitiminde taban saçının düzlükten kaçması istenen sınırlar içinde kalmış: 25 m tank çapında bu kaçma en fazla 30 mm olmuş (taban saçının kalınlığı 5 mm). Puntalar arasındaki mesafe saç kalınlığının 10 katı olup sırası yine saçların kaynak sırası olmuş.