

## XVI — YÜKSEK ALAŞIMLI ÇELİKLERİN KAYNAĞI

En az bir ilâve elementinin oranı % 5'i geçtiğinde çeliğe «yüksek alaşimli çelik» adı verilir. Herhangi bir alaşım elementinin varlığı çoğu zaman bir çelik iç yapısını hayli değiştirir. Bu nedenle yüksek alaşimli çelikler genellikle dokularına göre adlandırılırlar. Örneğin kromlu ferritik çelikler, krom-nikelli austenitik paslanmaz çelikler v.s. Keza bunları başlıca elementlerinin oranlarıyla de göstermek mümkündür: bir 20-10-3 çeliği % 20 kromlu, % 10 nikelli ve % 3 molibdenli bir çeliktir.

### % 9 NİKELLİ ÇELİKLERİN KAYNAĞI

Sıvılaştırılmış gazların stokaj ve nakli (etilen  $-104^{\circ}\text{C}$ , tabii gaz  $-163^{\circ}\text{C}$ , sıvı azot  $-196^{\circ}\text{C}$ ), bazı kimya endüstrilerinin kademeli distilasyon kolonları gibi «soğuk» işlerde, bu sıcaklıklarda iyi bir rezilyans ve yeterli sünekliği koruyan metallere baş vurulur. Bazı alüminyum ve bakır alaşımlarıyla 18Cr8Ni tipinde paslanmaz çelikler bu ihtiyaca cevap verirlerse de birincilerin mukavemetlerinin az olması nedeniyle bunların büyük kalınlıklarda kullanılmaları gerekir ki bu hal ortaya bir çok imâl zorluğu çıkarır. Diğerleri ise çok pahalıdır. Bu nedenle, 25 mm kalınlığa kadar gerilim giderme tavı gerektirmeyen (ASTM Code Base 1308-5) % 9 Ni'li bir çelik meydana getirilmiştir.

Bu çeliklerde karbon oranı düşük (% 0,04), kalmajda kullanılmış bakiye alüminyum oranı yüksekçedir (% 0,04). Bundan başka % 9,5 Ni; % 0,5 Mn; % 0,2 Si bulunur. Kükürt ve fosforun her biri % 0,015'e sınırlandırılmıştır. Bu çelikte  $\alpha \rightarrow \gamma$  transformasyon sıcaklığı çok düşüktür.

Bu çelik ya  $800^{\circ}\text{C}$ 'ta su verilmiş (25 mm başına 1 saat, asgari 15 dakika) ve  $565-605^{\circ}\text{C}$ 'ta menevişlenmiş veya  $900$  ve  $790^{\circ}\text{C}$ 'ta çift normalizasyon ve  $570^{\circ}\text{C}$ 'ta menevişlenmiş halde teslim edilir.

Bu çeliğin oksijenle kesilmesi özel önlemi gerektirmezse de bazı hallerde bir saat süreyle  $570^{\circ}\text{C}$ 'ta bir rejenerasyon tavı gerekebilir. Her ne kadar elastikiyet sınırının yüksek olması nedeniyle daimi şekil değiştirmeler (tava imali, kıvrırma v.s.) güçleşirse de şekil verme nispeten kolaydır. % 10 kadar döğülme-haddelenmeye müsaade edilir.

Kaynak işleminde soğuma hızı çok önemlidir. Bu hız fazla olursa ısıdan etkilenmiş bölge martensitik bir dokuya dönüşür; buna karşılık daha yavaş bir soğumada karışık bir martensit-bainit dokusu meydana gelir. Birbirlerini izleyen pasolar, bahis konusu bölgenin yeniden austenitleşmesiyle sonuçlanan bir ısıtma sağlar. Sonuçta bir martensit, bainit ve austenit karışımı ile karşılaşılır. Mamafih karbon oranı düşük olduğundan martensit nispeten sünek olur. Böylece dikiş altı çatlama tehlikesi bertaraf edilmiştir.

Homojen kaynak, yani ana metalle aynı bileşimde çubuk veya elektrodla kaynak mümkün değildir.

Sonuç olarak ön ısıtma ve gerilim giderme tavlama olmadan 25 mm kalınlığa kadar, مناسب şekilde seçilmiş elektrodla kaynak edilebilir. 5 mm'nin altında kalınlıklarda dikişte

genişlemesine çatlak tehlikesi vardır.

İlk denemeler sırasında % 9 nikelli çelikler «Inconel» (Ni-Cr-Fe) tipi elektrodlarla kaynak edilmiş olup bugün dahi İngiltere'de bu tiplere yakın, bileşimleri aşağıda verilmiş elektrodlar kullanılmaktadır:

c	Cr	Fe	Mn	Nb	Diğer elementler	Ni
0.10 max.	14.5	8.0	7.0	1.75	Ti 0,50-1	Gerisi
0.06	13.0	11.0	1.6	1.2	Mo 3.7	Gerisi
0.15 max.	15.0	9.0	1-3.5	2.0	Si 0.75; Mo 0.5-2	Gerisi

Inconel tipi elektrodlar pahalı olup kullanılmaları da çok itina gerektirdiğinden (ısı girişinin kontrolü) Fransa'da, ısı uzama katsayısının farklı olmasına rağmen bazik austenitik elektrod kullanma yönüne gidilmiştir.

18Cr, 8Ni, 2Mo ve C<0,08 tipinde elektrodlar çevre sıcaklığında 62 kg/mm<sup>2</sup>'lik bir kopma mukavemeti ile iyi sonuç vermişlerdir.

Isıl çekmenin, yığılan kaynak metalinin elastikiyet sınırını yükselten bir «yoğurulma» hasıl ettiği gözlenmiştir.

18-8-2 elektrodları ıslâh edilmiş olup bugün aşağıdaki bileşimde elektrodlar bu amaç için satışa arz edilmiştir :

C	Mn	Cr	Ni	W
0,20	8,0	16,0	12,5	3,5

Karbonla birlikte tungsten, rezilyansa zarar vermeden mukavemeti artırmak imkânını sağlar.

Hangi elektrod seçilirse seçilsin, kullanılmadan önce etüvde 250-300°C'ta itina ile kurutulmalıdır.

Herhangi bir nedenle (kalınlık, doku, şekil v.s.) kaynaktan sonra bir ısı işlemine karar verildiğinde, bu işlemden sonraki soğuma, hiç değilse 300°C'ta kadar, yavaş olacaktır (en çok saatte 165°C).

% 9 nikelli çeliklerin kaynağı uzman' kaynakçı ve uygun bir tertip gerektirir zira kusurların tamiri daima güçlük arzeder. Kök pasosunun keski ile temizlenmesinden sonraki pasalarda dikişte fazla ısınma tehlikesi belirir.

### KROMLU ÇELİKLERİN KAYNAĞI

Krom, çeliğin mekanik karakteristiklerini yükseltmesi ve az miktarda dahi hem soğukta hem de sıcakta oksidasyona dayanmayı sağlaması nedeniyle çok önemli bir alaşım elementidir. Ayrıca ucuzdur da. Bir kilo manganez 2/3 kg Cr fiyatına ise de nikel kromdan 3 kat, molibden 7 kat daha pahalıdır.

Kromlu çeliklerin korozyona dayanması, yüzeyde bir krom oksidi (veya başka tuzlar) filminin teşekkülü nedeniyledir. Bu film yapışkan, sızdırmaz, mekanik olarak dayanıklı ve refrakterdir (yanmaz) .

Krom, alfa demiri içinde tamamen erir; ancak, oranı % 25 ile 60 arasında olursa, 450 ile 820°C arasında, evvelce gördüğümüz kırılğan *sigma fazı* hasıl olur. Gamma demirinde % 13'e kadar ve % 0,5 C'lu austenitte de % 20'ye kadar erir.

Endüstride kullanılan kromlu çelikler, krom oranına göre, 4 sınıfa ayrılır. Bunların karbon oranı çoğu zaman % 0,10 civarındadır.

- 1 - Kendiliğinden su alan % 4-10 kromlu çelikler. Bunlarda sık sık molibden de bulunur.
- 2 - % 18-27 kromlu çelikler. Bunlar dayanıklı konstrüksiyon ve alüminyum bulunup bulunmamasına göre bu çelikler kısmen ferritik ve martensitik olurlar.
- 3 - % 16-18 kromlu çelikler. Karbon oranı % 0,10 ise bunlar tamamen ferritiktirler.
- 4 - % 18-27 kromlu çelikler. Bunlar kaynaklı konstrüksiyonlarda nadiren kullanıldıklarından burada ele alınmayacaklardır.

Korozyona mukavemet dışında krom, çeliğe su verme ile sertleşme kolaylığı sağlar. Ancak bunun için oranı % 18 ilâ 20'yi geçmeyecektir. Daha % 14'ten itibaren, kromun austenit teşekkülüne karşı koymasını önlemek için karbon oranını yükseltmek uygun olur. % 20 kromda artık hiç bir surette su verilemez.

#### % 4-6 KROMLU VE % 0,5 MOLİBDENLİ ÇELİKLERİN KAYNAĞI

Bir yarı refrakter çelik tipi, petrol tesislerinde kullanılması en çok gelişmiş olanıdır. ASTM - A 357-54 T'ye göre sınır bileşimi aşağıda verilmiş alaşımlar iyi kaynak edilebilirler:

C	Mn	Si	Cr	Ma	S	P
≤0,15	0,30-0,60	≤0,50	4-6	0,45-0,65	≤0,030	≤0,040

Bunların tavllanmış halde mekanik karakteristikleri de şöyledir :

Kopma Mukavemeti..... 42 ilâ 56 kg/mm<sup>2</sup>

Elastikiyet sınırı..... > 21 kg/mm<sup>2</sup>

Kopma uzaması (50 mm üzerinde) ..... > % 20

Kaynak edilecek bazı dögme çeliklerde % 0,25'e kadar karbona müsaade edilir (ASTM A 182-F 5).

Bunları iki türlü kaynak etmek mümkündür.

a) Homojen kaynak, yani ana metal cinsinden elektrodlarla. Bunlarda, silisyum tercihen az olmalı, meselâ % 0,25.

300°C'lık bir ön ısıtma elzendir. Bu sıcaklık fazla geçilmemelidir. Her paso arasında, kısmî soğumaya imkân bırakmak üzere yaklaşık 4 dakikalık bir durma uygulanır. Bu durma süresi, austenitin bir kısmının ayrışmasını ve dikişin tanelerinin tavlama ile incelmesini sağlamaya yetecek kadar olacaktır.

Son paso bitip de parça 300°C'a soğuyunca 740°C'lık bir meneviş uygulanır. Takriben 800°C olan değişme noktasına hiç bir zaman çıkılmayacaktır.

Meneviş ya bir ocakta, veya ısıtılmış bir kum kitlesi içinde uygulanır. Ön ısıtmaya gelince, çoğu zaman uygun şekilde yerleştirilmiş brülörler kullanılır; sıcaklık renkli endikatörlerle kontrol edilir.

Bu homojen kaynak metodu, sonuçların çok iyi olması itibariyle, çok yaygınlaşmıştır. Ergimiş kaynak metalinin kimyasal bileşimi aşağıdaki sınırlar içinde bulunacaktır:

<b>C</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>S</b>	<b>P</b>
≤0,10	≤0,75	≤0,50	≤0,40	4-6	0,45-0,65	≤0,030	≤0,030

b) Heterojen kaynak, yani ana metalden farklı ve kaynak metali daha sünek olmak itibariyle çatlamayı önleyen bir austenitik elektrodla. Yukarıdaki yöntemde söylenen ısı işlemlerin uygulanmasına olanak bulunmadığı zaman bu yola başvurulur. Burada da yine, parçaların kalınlığına göre 150-250°C'lık bir ön ısıtma şarttır.

Çatlamaya mukavemeti iyi olan 20-10-3 elektrodları önerilir. Olmazsa, 25-12 tipinde veya austenitik 25-20 elektrodları kullanılabilir.

Önemleri dolayısıyla bu çeliklerin kaynağının metalürjik yönleri üzerinde biraz duracağız. Isıl işlemlerin çeliğin doku ve karakteristiklerine etkileri

<b>C</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>	<b>S</b>	<b>P</b>
0,15	0,46	0,37	4,43	0,52	0,31	0,016	0,010

bileşiminde, kalın, kaynaklanabilir çelikler üzerinde yapılan deneylerle belirlenmiştir. Bunlara göre

1) meneviş süresinin etkisi, işlem sıcaklığının yüksekliği oranında belirgindir.  
2) 710°C'ta işlem ince iğneler halinde (asiküler) ferritli bir doku verir. Bu doku, işlem süresi arttıkça kabalaşmaya meyleder.

3) İlk karbür nüveleri, iki saatlik işlemde, 750°C'tan itibaren meydana çıkar; karbür oranı meneviş süresiyle artar ve sertlik azalır. 870°C'ta işlemle perlitik dokuların oluşması tamamlanır.

Böylece, gamma bölgesinin altında meneviş sıcaklıkları için, soğuma sakın havada olursa, bu sıcaklıklarda tutma süresi birinci derecede önemli olur.

Sonuç olarak kaynaktan sonraki işlem, 750°C mertebesinde sıcaklıklardan itibaren sakın havada soğutmadan ibaret olabilir. Ancak bunun için şart, parçaların kitle ve kalınlığına bağlı, oldukça uzun bir işlem süresiyle fazla ısıtılmış austenitin tam ayrışmasını sağlamaktır.

Bununla birlikte bu işlem ancak az çok sabit ısıl ataletli veya zayıf şekilde tespit edilmiş birleşmelere tatbik edilebilir. Değişik kesitli birleşmelerde, bütün parçanın ısıl dengesini kolaylaştırmak için daha yavaş soğuma devreleri öngörülecektir.

Kaynak kabiliyeti koşullarına gelince, bunda üç metalürjik faktör etkili olacaktır:

a) % 6 kromlu çeliklerde ötektoid noktasının çok belirli yer değiştirmesi;

b) bu çeliği yüksek su alır çelikler sınıfına sokan austenitin zayıf ayrışma hızı ile martensit oluşmasının başlama sıcaklığının pozisyonu (375°C);

c) karbürün austenit içinde zayıf erime kabiliyeti, ark kaynağı ısı devrelerinde, karbürün austenit içinde ancak kısmen erimesi ve dolayısıyla karbondan yavaş fakir bir martensit oluşması sonucuna götürür.

Ön ısıtmasız ark kaynağı ısı devrelerinde pratik olarak üst ve ara değişimleri yok edip martensitik dokular elde etmelidir. Ön ısıtma ve özellikle kaynaktan sonraki ısı işlem, denge dokularına dönüşü kolaylaştırmalıdır.

Seferian formülü ile 10 mm kalınlıkta birleşmelerde ön ısıtma sıcaklığının hesabı (sah. 94) şu sonucu veriyor :

$$\begin{aligned} \text{Kimyasal eşdeğer karbon} \quad [C]_c &= 0,82 \\ \text{Toplam eşdeğer karbon} \quad [C] &= 0,82 (1 + 0,05) = 0,85 \\ T_p &= 350 \sqrt{0,85 - 0,25} = 275^\circ\text{C} \end{aligned}$$

25 mm kalınlık için de  $T_p = 290^\circ\text{C}$  oluyor.

25 mm kalınlıkta

C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo
0,15	0,50	0,35	0,010	0,014	4,7	0,55

bileşiminde ve kopma mukavemeti  $R = 54 \text{ kg/mm}^2$ ; elastikiyet sınırı  $E = 37,3 \text{ kg/mm}^2$ ; kopma uzaması (4 d üzerinde)  $A = \% 30$ ; Brinell sertliği  $H_B = 162$  mekanik karakteristiklerini haiz çelikle meydana getirilen homojen birleşmelere uygulanmış

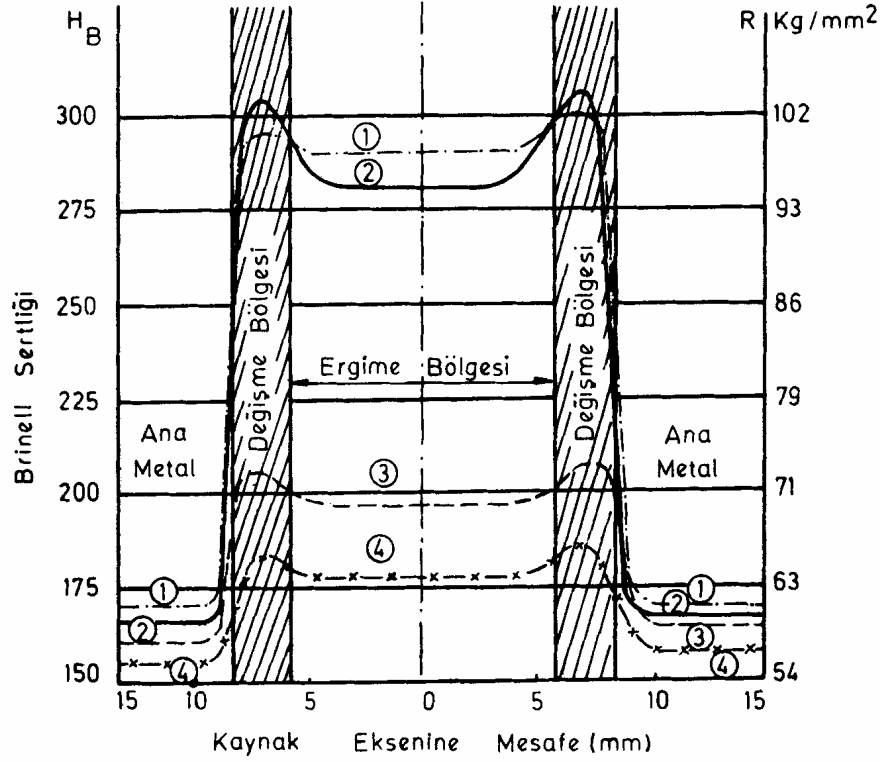
1 — 300°C'lık ön ısıtma, sakın havada soğuma, kaynaktan sonra başka işlem yapılmamış;  
2 — 300°C'lık ön ısıtma, kaynaktan sonra ocakta 400°C'ta 2 saat süreyle tutma ve ocakta yavaş soğuma (saatte 50°C);

3 — 300°C'lık ön ısıtma ve arada soğuma olmadan 730°C'ta iki saat süre ile tutma ve ocakta yavaş soğuma (saatte 50°C);

4 — 300°C'lık ön ısıtma ve kaynaktan sonra soğutma olmadan 870°C'a çıkartılıp bu sıcaklıkta 2 saat tutma ve sakın havada soğuma,

ısı işlemlerinin sonuçları şek. 103'de verilmiştir. Bu deneylerden, 300°C'lık ön ısıtma işleminin metalürjik kaynak kabiliyetinin ıslâhı için yetersiz kaldığı anlaşılıyor. Özellikle kalın parçaların kaynağı bahis konusu olduğunda mekanik karakteristiklerin homojenleştirilmesi için kaynak sonrası işlem elzem gibi görünüyor.

Diğer taraftan eğme deneyleri, sadece ön ısıtmanın uygulandığı hallerde, aşağı yukarı sıfır eğilme açısı ile anî kırılmalar arzedip çatlamaların kaynaktan başlayıp ana metala doğru yürüdüğünü gösterir.



Şek. 103 — Değişik koşullarda 4-6 Cr, 0,5 Mo çeliğinin arkla homogen birleşmeleri.

Halbuki 730°C'ta işlem görmüş birleşmede, her iki yönde tam katlama ile % 45 uzama elde edilir.

29 mm kalınlıkta ve

C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo
0,15	0,40	0,15	0,015	0,010	4,1	0,57

bileşiminde ve

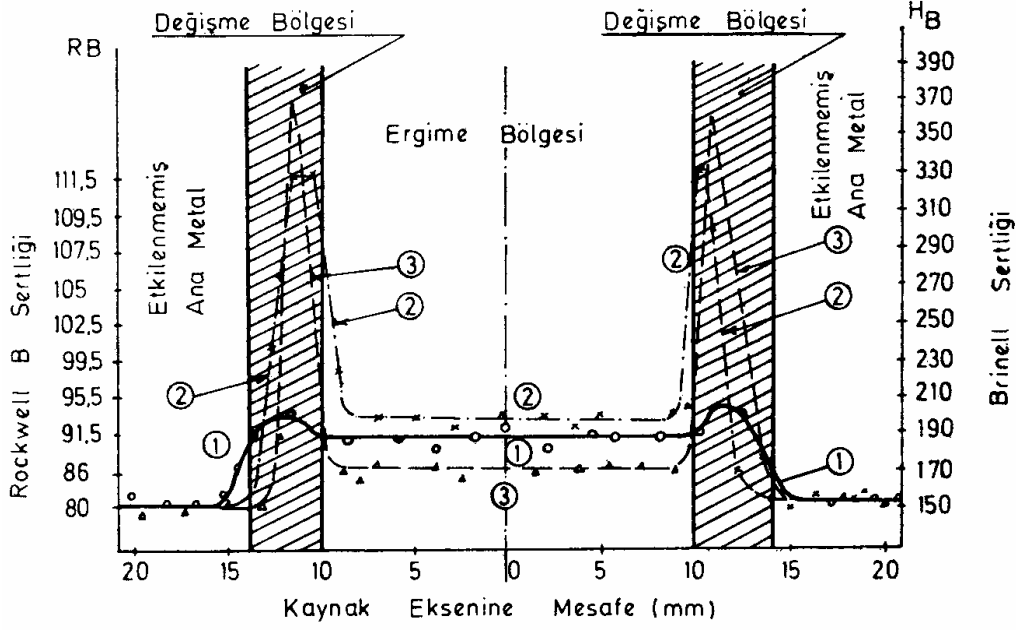
$$R = 48,8 \text{ kg/mm}^2$$

$$E = 25,2 \text{ kg/mm}^2$$

$$A = \% 38$$

$$H = 162 H_B$$

mekanik karakteristiklerini haiz çeliğe önce homojen kaynak yapılmış (300° ön ısıtma ve kaynaktan sonra 730°C'ta ısıtma işlemi) (şek. 104,1 eğrisi), sonra 300°C'lık ön ısıtma ile ve vakumda soğutarak 20 Cr-10 Ni-3 Mo tipinde austenitik elektrodla homojen olmayan kaynak denemesi uygulanmış (2 eğrisi). Ve nihayet aynı ısıtma işlemi bu kaynak denemesi bu kez 25 Cr-20 Ni tipinde austenitik elektrodla tekrarlanmış (3 eğrisi). Sonuçlar şek. 104'de açıkça görülür.



Şek. 104 — 4-6 Cr, 0,5 Mo çeliklerinin heterogen birleşmeleri.

3.cü deneye ait eğme denemesinde üstten yeterli eğme elde edilmişse de tersten pratik olarak sıfır açı ile anî kırılma görülmüştür.

#### % 12 - 14 KROMLU ÇELİKLERİN KAYNAĞI

Uygun şekilde ısı işleme tabi tutulmuş bu çelikler iyi bir mekanik mukavemetin yanısıra çok değişik ortamlarda mükemmel bir korozyona dayanma özelliğine sahiptirler. Keza erozyona da iyi karşı koyduklarından supap yatakları, türbin kanatları v.s. gibi parçaların imalinde kullanılırlar.

% 4-6 Cr'lu çelikler gibi bunlar da havada su alan çeliklerdir. Bu itibarla kaynak edilmeleri aynı şartlarla olacaktır. Fazladan, ısıl iletkenliklerinin daha fena olduğu da göz önünde tutulacaktır.

Karbon oranı % 0,10 ilâ 0,30 olduğunda çelik martensitiktir. 350°C'lık ön ısıtma ve 300°C'ın altında ara soğutma olmadan 725°C'ta meneviş işlemine tabi olacaktır. Ana metalle aynı bileşimde elektrodlarla kaynak edilir.

Austenitik elektrod kullanılması mükemmelen mümkün ise de yukarıdaki ısı işlemlerden kurtarmadığı için bunun faydası yoktur.

Kalın parçalar «yağlama» usulü ile de kaynak edilebilir. Dikiş altında bir martensitik değişme olursa da müteakip pasoların hasıl ettikleri tavlama bir su alma durumunu az çok yok eder.

% 13 Cr ve % 0,08'den az karbonlu ve ayrıca % 0,7 alüminyum içeren çelikler varsa da bunların kaynağından iyi sonuç alınmaz. Mutlaka kaynak edilmeleri gerekiyorsa bunun 20-10-3 tipi elektrodla yapılması ve 725°C'ta meneviş tavsiye edilir.

Pompa, kompresör ve türbin yapımında kullanılan malzemelerden korozyon direnci,

yüksek çekme mukavemeti ve akma sınırı, erozyon ve kaviteasyona mukavemet, yüksek tenesite ve iyi kaynak kabiliyeti gibi değişik nitelikleri kendi içinde toplaması beklenir. % 13 Cr % 4 Ni'li tip paslanmaz çelikler bu yönde geliştirilmiştir. Bugün en çok kullanılan bu tür yumuşak martensitik krom çelikleri X 5 Cr Ni 13/4, X 5 Cr Ni 13/5 ve X 5 Cr Ni Mo 1651 çelikleri olup aşağıdaki tablodan görüldüğü gibi bunlar % 13 Cr'lu ticari çeliklerden yüksek nikel ve düşük karbon oranlarıyla ayrılmaktadırlar.

Tipi	DIN Kodu	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Isıl işlem sonrası içyapı
Martensitik Cr çelikleri	× 10 Cr Ni 13/1	≤ 0.10	0.6	0.20	12.5	1.0	-	Menevişlenmiş martensit
Yumuşak martensitik Cr çelikleri	× 5 Cr Ni Mo 13/4 14313	≤ 0.05	0.4	≤ 0.40	12.0	3.5	0.45	İnce dağılmış stabil austenit
			0.8		13.0	4.2	0.55	
	× 5 Cr Ni Mo 13/6	≤ 0.05	0.4	≤ 0.40	12.0	5.5	0.45	Menevişlenmiş martensit
× 5 Cr Ni Mo 1651	≤ 0,05	0.4	≤ 0.40	15.0	4.5	0.7		
			0.8		16.0	5.5	1.2	

% 1 Ni'li Cr'lu çelik, ısıl işleme tabi tutulmuş halde 700 N/mm<sup>2</sup> lik bir çekme mukavemetini haizken aynı ısıl işlemin uygulandığı bir yumuşak martensitik 13 Cr/4 Ni çeliği 900 N/mm<sup>2</sup> lik bir çekme mukavemeti arzeder. Oysa ki birincisinde bu mukavemeti elde edebilmek için karbon oranını yaklaşık % 0,2 ye çıkarmak gerekirdi ki bu takdirde bu çelik alçak sıcaklıklarda kullanılmaz hale gelir.

Gerçekten, daha önce de gördüğümüz gibi, nikel oranı arttıkça, alçak sıcaklıklarda çentik darbe değerleri de o denli iyileşir. Bu değerlerin austenitik malzemelerde oldukça yüksek olmasına karşın bunlarda çekme mukavemeti 550 N/mm<sup>2</sup> civarındadır. Bu itibarla hem uygun çentik darbe, hem de çekme mukavemetleri sadece % 13 Cr ve % 4 - 6 Ni'li çeliklerde sözkonusu olmaktadır. Ayrıca X 10 Cr Ni 13/1 çeliği gibi ticari krom çeliklerinin sertliği 500 HV'ye kadar çıkabilirken bu değer öbürlerinde, karbon oranının düşük olmasıyla kaynak kabiliyetini olumlu yönde etkileyecek şekilde 350 - 400 HV ile sınırlıdır.

Söz konusu yumuşak martensitik kromlu çelikler 500°C'in üstünde tavlendiğinde ince dağılmış austenit meydana gelir. Tavlama sıcaklığına bağlı olarak bu işlem sırasında oluşan austenitin belli bir bölümü soğumadan sonra da kalır ki buna «stabil austenit» adı verilir. Bu faz optik mikroskopla görülemez.

Stabil austenitin miktarı nikel oranına bağlı olarak, 600°C'da ki tavlama sonrası en yüksek düzeye ulaşır. Bu miktar 13/4 krom çeliğinde de yaklaşık % 30'dur. 600°C'in üstünde sıcaklıklarda artan bir dengesizlik ve dolayısıyla dönüşebilen austenit oluşmaya başlar.

13/4 Cr - Ni'li çeliklerin kaynağında iyi bir tokluk değeri elde edilmesi bazı koşullara



bağlıdır :

— Mümkün olduğu kadar alçak karbonlu ve ana metalle aynı bileşimde bir kaynak metalinin elde edilmesine çalışılacaktır.

— Mümkün olduğu kadar saf kaynak metali elde etmek için çok saf ana hammadde kullanımına gidilecektir. Aynı husus elektrod telinin malzemesi için de söz konusudur.

— Hidrojen çatlaklarının önlenmesi için kristal suyu olmayan veya giderilmiş hammaddeler kullanılacak, cüruf bazik karakterde olacaktır.

— En uygun sonucu tam alaşımli tel vermektedir. Elektrodun örtüsü aracılığı ile alaşımlandırılmış elektrodlar daha düşük çentik darbe değeri verdiği için çekirdek telinin ana metal bileşiminde olması gerekmektedir.

### % 17 KROMLU ÇELİKLERİN KAYNAĞI

Tamamen ferritik olan bu çeliklerin  $A_1$  ,  $A_3$  değişme noktaları yoktur. Ergitilmeleri veya fazla ısıtılmaları, kaynağı kırılğan kılan kaba tanelerin oluşmasına yol açar.

Bu çeliklerin imali sırasında azot ilâvesi, bunların kaynak kabiliyetini çok artırmıştır.

Kaynaklar gevrek olma eğilimindedir. Gevreklik hem ergime, hem de birleşme bölgelerinde görülür. 750 ile 800°C arasında bir kaç dakikalık ısı işlem, bundan sonra havada soğuma ve hafif bir dekapaj bu çift gevrekliği azaltır.

Ergime bölgesinin gevrekliği, yığıldığı metal yan austenitik olan alçak karbonlu 18 Cr-8 Ni elektrodları kullanılarak da azaltılabilir. Kaynak, 25-20 elektrodu kullanarak austenitik kılınacak olursa bu gevreklik tamamen ortadan kalkar. Bu takdirde geriye birleşme bölgesinin gevrekliği kalır. Bu da fazla belirli olmayıp ancak parçaya kaynaktan sonra şekil verilmesi halinde sakınca oluşturabilir.

Ve nihayet her iki yöntemin birlikte uygulanması, yani austenitik kaynak ve ısı işlem, her türlü gevrekliği yok eder.

Uygulama şeklinde bir özellik yoktur. Isı girişi ve pasolar arası sıcaklığı mümkün olduğu kadar aşağıda tutma amacıyla çok sayıda küçük pasolar halinde çalışılır.

Elektrodlarda ne nikel ne de molibden bulunuyorsa dar ve kısa dikişler yapılacak, çekmenin etkilerini sınırlamak için dikiş derhal çekiçlenecektir. Elektrodlar Ni içeriyorsa aynı şekilde hareket edilir fakat çekiçleme yapılmayabilir.

Keza 20-10-3 elektrodları da kullanılmaktadır. Parçanın sıcaklığının yükselmesini önlemek için su ile ıslatma düşünülebilir.

Bazı uzmanlar kaynaktan sonra bir sert su vermeyi tavsiye ederler.

### % 12 - 14 MANGANEZLİ ÇELİKLERİN KAYNAĞI

Hadfield çelikleri adı altında bilinen çelikler özellikle abrazyon ve darbeye çok dayanıklıdır.

Bu çeliklerin kaynağa uygun gelmeyen iki özelliği vardır. 485°C'a yaklaşık 2 saat, veya

370°C'a 50 saat, veya 315°C'a 800 saat ısıtılacak olurlarsa bunları gevrek kılan bir karbür çökmesi vaki olur. Buna karşı 20 ilâ 30 dakika süreyle 1000°C'ta tutup su verilir. Bu su verme çok çabuk olmalıdır. Parça kalınsa (150 mm'den fazla) göbeğe kadar su almaz. Ayrıca, metalin yanmasını önlemek üzere 1200°C'a çıkılmaması önemlidir.

Öbür olumsuz özelliği de katılaşma sırasında % 7'ye varan büyük çekmesidir.

Fosforun etkisi çok olumsuz olduğundan elektrodlar çok düşük fosforlu olacaktır. American Welding Society (AWS) aşağıdaki bileşimleri veriyor :

C	M	Si	Ni	Mo	V	P
0.50 ilâ 0.90	11-16	0.3 ilâ 1.3	2.75 ilâ 5	—	—	0,07 max
0.50 ilâ 0.90	11-16	0.3 ilâ 1.3	—	0.6 ilâ 1.4	—	0.07 max
0.25 ilâ 0.55	13-18	1,2 max.	2 max.	2 max.	0.7 max.	tespit edilmemiş

Bu bileşimler, kaynak esnasında kaçınılmaz surette vaki olan karbon ve silisyum kayıplarını telâfi etmek üzere öngörülmüştür. Bununla birlikte bu kayıpları azaltacak hiçbir önlemin ihmal edilmemesi gerekir.

Hem dalgalı, hem de doğrul akımda kaynak edilebilir. Hazırlık ve uygulama karbonlu çeliklerdeki gibidir. Ancak burada her türlü sıcaklık yükselmelerinden kaçınılacaktır. Elektrodların çapı akım şiddeti, paso sayısı v.s. buna göre seçilecektir.

#### DOKUSAL SERTLEŞMELİ «MARAGING» ÇELİKLERİNİN KAYNAĞI

Bu çelikler adlarını martensitin kısaltılmışı «imar») ve «aging» (yaşlanma) dan alırlar. Bunlar Ni'li ve çok alçak karbonlu olup gecikme (histerezis) olayım kullanmak suretiyle martensitik fazda yaşlandırılarak sertleştirilmişlerdir. Örneğin % 20 nikelli bir çelikte martensitik değişme 200°C civarında olur; halbuki ters yönde değişme (*alfa demiri'nin gamma demiri'ne dönüşmesi*) 600°C civarında vaki olur. Bu itibarla bu çelik, martensitik fazda kalmak kaydıyla nispeten yüksek sıcaklığa ısıtılabilir (ve böylece de yaşlandırma ile sertleştirilebilir).

Gerçekte böylece elde edilen martensit, su verme ile karbonlu çeliklerde elde edilenden farklıdır. Daha ılımlı bir sertliği haiz olup soğuma hızına bağlı değildir.

Üç seri Maraging çeliği meydana getirilmiştir.

Birinci seri % 20 Ni içerip alüminyum ve niobium (veya kolombium Cb) ilâveleri bulunur. 815°C'a tavlama ve havada soğumadan sonra tamamen martensitik olur. 4 saat süre ile 450°C'ta bir yaşlandırma işlemi ona nihaî mekanik karakteristiklerini verir:

$$R = 179 \text{ kg/mm}^2; \quad E = 170 \text{ kg/mm}^2; \quad A = \%12$$

Bu dikkate değer kıymetler, özellikle E elastikiyet sınırınınki, bu çeliklerin 'havacılık endüstrisinde kullanılmalarını haklı çıkarır.

Soğukta şekil verme ve derin çekme için meydana getirilen tiplerin ortalama bileşimi de şöyledir :

<b>C</b>	<b>Ni</b>	<b>Ti</b>	<b>Al</b>	<b>Nb</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>
0,006	25,3	1,37	0,20	0,54	0,17	0,12

Tavlama ve havada soğumadan sonra bu tip austenitiktir. Sünekliği iyi olup (A = % 35) soğukta önemli şekil değişmelerine elverişlidir. Bundan sonra 4 saat süreli 700°C'ta bir stabiliteyi bozan işlemle austenit martensite dönüştürülür. Bunu bazen 730°C'ta 16 saatlik bir işlem takibeder. Bu takdirde 450°C'ta bir saatlik yaşlandırma işlemini uygulayıp R = 200 kg/mm<sup>2</sup>; E = 193 kg/mm<sup>2</sup>; A = % 12 karakteristiklerini elde etmek mümkün olur.

Bir üçüncü seri de bundan öncekilerden çok daha iyi zorlama altında korozyona mukavemet eder. Bu nikel-kobalt-molibden-titanlı çelikler arasında sırasıyla 140, 175 ve 210 kg/mm<sup>2</sup> elastikiyet sınırını haiz olanlar bulunur ki bu sonuncu değer az çok kopma mukavemetine eşittir. Bunun dışında bu çelik serisinin rezilyansı fevkalâdedir. 18 Ni, 8,5 Co, 3,2 Mo tipi, mutlak sıfır sıcaklığında, hâlâ 39 joule/cm<sup>2</sup> (4 kgm/cm<sup>2</sup>) rezilyansı haizdir.

Bu % 18 nikelli tiplerde yaşlandırma işleminden sonra ölçülebilen hiçbir şekil değişme vaki olmaz şöyle ki bu işlem, bitmiş parçalara uygulanabilir.

Metalürjik özellikleri itibariyle Maraging çelikleri kolay kaynak edilebilirse de çok pahalı olmaları bunların kullanılmasını sınırlar.

Tavsiye edilen elektrod % 18 Ni ve Co ve Mo'li ve ayrıca % 2,2 titanium içeren çelik tipinden yapılmıştır.

Su almış şekilde ön ısıtmasız kaynak edilir; fakat önemli ısı girişinden kaçınılacak ve pasolar arası sıcaklığı 120°C'in altında tutulacaktır. Kaynaktan sonra bir yaşlandırma işlemi uygulanır.

Dikişte mukavemet ana, metalininkinin % 95'i ilâ % 100'üdür, şöyle ki bazı tiplerde E = 200 kg/mm<sup>2</sup> değerine varılır.

Bu zikredilenlerden daha ucuz dokusal sertleşmeli çelik tipleri de vardır. Örneğin

<b>C</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Nb+Ta</b>
0,07	15,5-17,5	3-5	0,5-1	3-5	0,15-0,45

480°C'ta yaşlandırmadan sonra bunların mekanik karakteristikleri R = 140 kg/mm<sup>2</sup>; E = 129,5 kg/mm<sup>2</sup>; A = % 14 dır.