

XVI — KAYNAKLARIN ISIL İŞLEMİ

İç bakiye gerilmeler, takım tezgâhları, takım ve aparatlar, yüksek hız dişli kutuları gibi büyük çalışma hassasiyetini gerektiren konstrüksiyonlarda hiçbir surette istenmezler. Zira bunlar işlenme (talaşlı) sırasında distorsiyona daha sonra da "sürünme"ye neden olabilirler. Bunların dışında, herhangi bir kırılmasının insan yaşamı için tehlike arz edeceği basınçlı kaplar ve benzeri konstrüksiyonlar, gerilme korozyonu çatlağının vaki olabileceği bazı kimyasal madde kapları, bakiye iç gerilmeleri makul bir ölçüde yok edecek bir gerilim giderme ısıl işlemine tabi tutulacaktır.

Çelikte 150°C sıcaklık yükselmesi, tam rijit bir konstrüksiyonda kalıcı gerilmelerin oluşması için yeterlidir. Sıcaklık 300°C civarına vardığında, işbu kalıcı gerilmeler akma sınırı mertebesine varırlar. Buradan da gerilim giderme işleminin önemi bir kez daha anlaşılmiş olmaktadır şöyle ki kaynak dikişinde koşullar bundan da daha olumsuzdur. Gerçekten, dikişin iki yanındaki ana metal bölgeleri, kaynak sırasında ileri derecede ısınırlar (IEB). Soğumada buraları çekerler ancak bu çekme kaynak metalininkinin ters yönünde olur. Dolayısıyla ana metal, dikiş içindeki gerilmeleri daha da artırıcı bir davranış içindedir. Hatta ana metalin, dikiş içindeki gerilme payı % 90'a varır.

Kaynağın ısıl işlemi, biri "hazırlık" döneminde, ikincisi doğruca kaynak işlemi sırasında, son üç tanesi de kaynak sonrasında uygulanan işlemlerin tümünü içine alan bir genel deyim olup bunlar

- Ön ısıtma
- Pasolar arası sıcak tutma
- Son ısıtma
- Gerilim giderme tavlama
- Rejenerasyon ve normalizasyon tavlamasından ibarettir.

Bir kaynak işleminde bunların mutlaka hepsinin uygulanması gerekmez. Koşullara göre bunların bir veya birkaçı ya da tümüne başvurulur. Bazen de hiçbiri gerekmez. Bu hususlara karar vermek, bu kaynak işleminden sorumlu kişinin önemli bir görevi olmaktadır. Aşağıda bunlara dair özet bilgiler verilecektir.

Kaynağın esas itibarıyla, bir *ısl darbe* olduğunu daha başlarda ifade etmiştik. Gerçekten bu "darbe", kaynak dikişi çevresinde sıcaklık dağılımının çok "sert", başka deyimle ısı gradieninin çok dik olmasına, soğuma hızının büyük olmasına götürür ki bu olgular iç gerilmelerin ve çarpılmaların bazen aşırı ölçülere kadar varmasını sonuçlandırır. Bu itibarla:

Ön ısıtma, ısıyı yaymakla her şeyden önce, kaynak işlemi sırasında ideal olarak gerçekleştirilmesine çalışılacak *ısl denge'nin* bir ölçüde oluşmasına yardımcı olur; kaynak dikişi çevresinde sıcaklık dağılımı böylece yumuşayınca ve dikişin soğuma hızı azalınca, iç gerilme ve bunun sonucu çarpılmalar bir ölçüde azalır. Konstrüksiyon şeklinin, dikişin serbestçe çekmesini önlediği durumlarda ön ısıtma daha da büyük önem kazanır.

Dikiş sıcaklığının, sert ve kırılğan bir yapıya sahip martensitin oluşma sınırına inmesini geciktirmekle ön ısıtma, ferrit, perlit ve bainit dönüşümlerine zaman kazandırır.

Ayrıca sıcaklık, hidrojen yayılması için gerekli sınır düzeyin üzerinde tutularak, dikişin hidrojeni massetmiş olması halinde, bu gazın dikişi terketmesi sağlanır.

Böylece da kaynak sonrası gerilim giderme gereksinimini hafiflemiş olmaktadır.

Kaynak kabiliyeti, bir metalin bilinen kaynak yöntemleriyle çatlaksız ve mekanik açıdan memnurluk verici kaynaklı birleşmeye, çok aşırı önlemlere başvurmadan, olanak veren ana metalle kaynak metalinin (elektrodun ya da çubuğun) bileşik bir temel niteliği olarak tanımlanır. Kaynak kabiliyetinin saptanması için çok çeşitli deney türleri mevcuttur.

Yukarda da söylendiği gibi kaynak yöntemi çeliğin metalürjik yapısı ve sünekliği üzerinde etkili olur şöyle ki, demir - karbon diyagramına bakıldığında, kaynak sıcaklıklarının üst kritik noktanın üstünde olduğu görülür. Kaynaklı bölgeye komşu soğuk malzemenin hızlı soğutucu (su verici) etkisi nedeniyle de soğuma hızları göreceli olarak yüksek olur. Çok yüksek bir soğuma hızı elde edilebilirse, malzemenin, yapısını değiştirmeye vakti olmayacak, oda sıcaklığında, üst kritik noktanın üstünde edinmiş olduğu östenitik yapıyı ve beraberinde bunun yüksek sünekliğini muhafaza edecektir.

Adi karbonlu çeliklerle yeterli ölçüde yüksek soğuma hızları elde edilemeyip östenit muhafaza edilemez. Bununla birlikte kaynaktan sonraki normal soğuma tempoları, malzemenin perlit içeren ilk yapısına dönüşünü imkânsız kılacak kadar fazla yüksek olduğundan martensit oluşacaktır.

Ana metalin hasıl ettiği su alma etkisinin değerlendirilmesi hususunda sınırların akılda tutulması gerekir: Kalın levhalarda kaynak çevresindeki bölgeler, ince levhalara göre, daha yavaş ısınır ve kaynaktan sonra da daha hızlı soğur. Bir kalın levhada metal kitlesi büyük olduğundan ana metalin sadece kaynağa doğruca komşu küçük bir bölümü kaynak sıcaklığına ısınacaktır ve yine geniş ısı iletim kesiti dolayısıyla bu ısı, kaynağın bitiminden sonra hızla dağılacaktır.

Geniş kesitlerin kaynağında yüksek akım şiddetleri kullanılarak elde edilen büyük ısı girişi, kaynak edilecek malzemelerin daha çabuk ısıtılmalarının ötesinde, bunların soğuma tempolarını yavaşlatmaya yarar. Bu aynı amaçla köşe kaynaklı birleştirilecek levhaların kalınlığına göre belli bir minimum ölçünün üstünde tutulur ve ergiyecek yüzeylere, belli bir minimum sıcaklık tayin edilir: bu sıcaklığın altında kaynağa başlanmayacaktır. Bu sıcaklık, ön ısıtma sıcaklığıdır.

Çarpılmaların hasıl olup gerilmelerin kaynak ısısı tarafından meydana gelmesi halinde kaynak ve buna konusu malzemenin sünekliği birinci derecede önemli olmaktadır. Alçak karbonlu (% 0,25 C'a kadar) çeliklerin kaynaktan sonraki sünekliği genellikle yeterince yüksek ve akma noktaları en üst kopma mukavemetinin iyice altında olur şöyle ki kaynak ısı genleşme ve büzölmelerinin meydana getirdiği şekil bozulmalarına, çatlak arz etmeden dayanmak üzere yeterince akacaktır. Bununla birlikte büyük kalınlık farkını haiz iki levhanın birbirine kaynağında farklı ısınma ve soğuma tempoları kaynağı çok ağır bir şekil bozulmasına uğratabilir ve çatlama meydana gelebilir. Bu tür zorlukların üstesinden gelmek için daha büyük malzeme

kitlesini uygun bir ön ısıtmaya tabi tutarak kaynaktan sonra soğuma döneminde konstrüksiyonun değişik bölümlerindeki çekme miktarı eşitlenir.

Ancak, alçak karbonlu çeliklerden başka çeliklerin kaynağı bahis konusu olduğunda sorun daha güçleşir: Bir yüksek kopma mukavemetli çeliğin kaynak kabiliyeti, içerdiği karbon ve sair alaşım elementlerinin oranı arttıkça, azalır; bunda karbonun etkisi, öbür elementlerinkinden çok daha fazladır. Çeliğin içerdiği karbon, manganez, nikel, krom, molibden, bakır ve sair element miktarı ne kadar artarsa kaynaklı birleşme o denli sert olmaya meyleder ve bu sertleşmiş bölgede çatlak oluşumu eğilimi de o denli fazla olur.

Eşdeğer karbon

Çeliğin kaynak kabiliyeti üzerinde yapılmış etüdler "eşdeğer karbon" kavramına götürmüştür, şöyle ki çeliğin kaynak kabiliyeti üzerinde karbon ve öbür alaşım elementlerinin etkisi bu eşdeğer karbon oranıyla belirlenmiştir.

Eşdeğer karbon için çeşitli koşullarda dikkate alınarak birçok formül teklif edilmiş olup bunlardan bir ortalama olanı Dearden ve O'Neill'inkidir:

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{V}{5} + \left(\frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \right)$$

Burada C_e , yüzde olarak eşdeğer karbon ve C, Mn, Cr, Ni, Mo, V, Cu ve P de sırasıyla karbon, manganez, krom, nikel, molibden, vanadium, bakır ve fosforun yüzde miktarlarıdır: bakır ile fosfor, sadece herbirinin yüzdesi 0,05'i aştığında hesaba alınırlar.

$C_e <$ yüzde 0,45 için kaynak kabiliyeti göreceli olarak iyidir. $C_e >$ yüzde 0,45 için özel önlemler gerekli olur ve aşağıdaki sıcaklıklarda bir ön ısıtma genellikle uygulanır:

$C_e = \% 0,45—0,5$ için 100°C

$C_e = \% 0,5 —0,55$ için 150°C

$C_e = \% 0,55—0,6$ için 200°C

Her ne kadar uygun kaynak süreci ve yukarda sayılan işlemler çoğu kez istenilen sonuçları verirse de bazen özel kaynak malzemesi gerekebilir. Özellikle alaşımlı çelikler kaynak edildiklerinde, kaynak dikişi çatlamasından kaçınmak için 200°C 'lik bir ön ısıtma ve/veya alçak hidrojenli (LH) (bazik) elektrod kullanmak gereklidir. Zira bu çatlama, bildiğimiz gibi, hidrojenin çok olumsuz etkisinden ileri gelir.

Pasolar arası sıcak tutma. Ön ısıtmanın uygulandığı durumlarda bu sıcaklığın pasolar arasında muhafazası gerekir. Mamafih, çoğu kez sürekli olarak yürütülen kaynaklarda kaynağın kendi ısısı dikişi istenilen sıcaklıkta tutmaya yeterli olur. Aksi halde dışardan ısı verilmesi gereklidir. Konumuz olan el kaynağında, çok pasolu çalışmak, kaynak ağzını geniş tutmak ve çalışmayı aralıksız sürdürmek, kalın elektrodla yüksek akım şiddeti kullanmak, yavaş ilerleme hızı ile çalışmak, elektroda salıntı vermek gibi önlemler, dışardan ısı vermek gereksinimini ortadan kaldırabilir.

Ön ısıtma yapılmamış soğuk bir metal kitlesi üzerinde başlatılan kaynağın soğuması önceleri çok hızlı olur. Örneğin kalın kesitler üzerine atılan kısa punta kaynaklarında genellikle

çatlama olur. Aşağıdaki rakamlar 19 mm (3/4 ") kalınlıkta çelik levha üzerine çekilen tek pasoda değişik uzunlukta dikişlerin 870°C'a soğuma sürelerini verir:

Dikiş uzunluğu (mm)	Soğuma süresi (dak)
63	1,5
100	5
225	33

Son ısıtma, pasolar arası sıcak tutma için dışardan verilen (ya da doğrudan kaynak işleminin sağladığı) ısının kaynağın bitiminde de bir süre sağlanmasına verilen addır. Havada soğumayla sertleşen çelikler (yüksek karbon eşdeğerli çelikler), kaynaktan hemen sonra soğumaya terk edildiklerinde, sıcaklık ön ısıtma derecesinin altına indiğinde çatlaklar ortaya çıkabilir. Bunu önlemenin iki yolu vardır:

- Kaynak biter bitmez, dikişin soğumasına zaman bırakmadan gerilim giderme tavlmasına girişmek.

- Buna imkân olmaması halinde, kaynak dikişi henüz ön ısıtma derecesinin altına düşmeden onu bir ara sıcaklığa ısıtıp bu sıcaklıkta bir süre tutmak ve sonra soğumaya terk etmek. Örneğin Cr - Mo çelikler için bu ara sıcaklığı 300 - 500°C ve bunda tutma süresi de 15 dakika kadardır.

Bu ikinci önlem son ısıtma işlemi olup bunun amacı kaynağı M_8 martensit dönüşümünün başlangıcı sıcaklığının altına düşürmeden onu bunun üstündeki sıcaklıkta bir süre tutarak östenit tanelerinin bainite dönüşmelerini sağlamaktır. Böylece çatlama götüren martensite dönüşebilecek östenit ya hiç kalmayacak, ya da dikişte hasıl olan sertleşme, çatlama meydana vermeyecek düzeyde kalacaktır.

Gerilim giderme. Daha önce de sözünü etmiş olduğumuz gerilim giderme tavlaması, tanımlama olarak, malzemeyi A, alt kritik sıcaklığın altında bir sıcaklığa kadar ısıtmak, o sıcaklıkta bir süre tutmak ve yavaş soğutmaktan ibaret bir kaynak sonrası ısıl işlemidir. Buna *temperleme* veya *menevişleme* adları da verilir. Şek. 239'da, demir - karbon diyagramının bir bölümünün üzerinde çeliğe uygulanan başlıca ısıl işlemler görülür.

Kaynaktan sonra gerilim gidermeyi gerektiren malzemeler şunlardır;

1. Ferritik çelikler

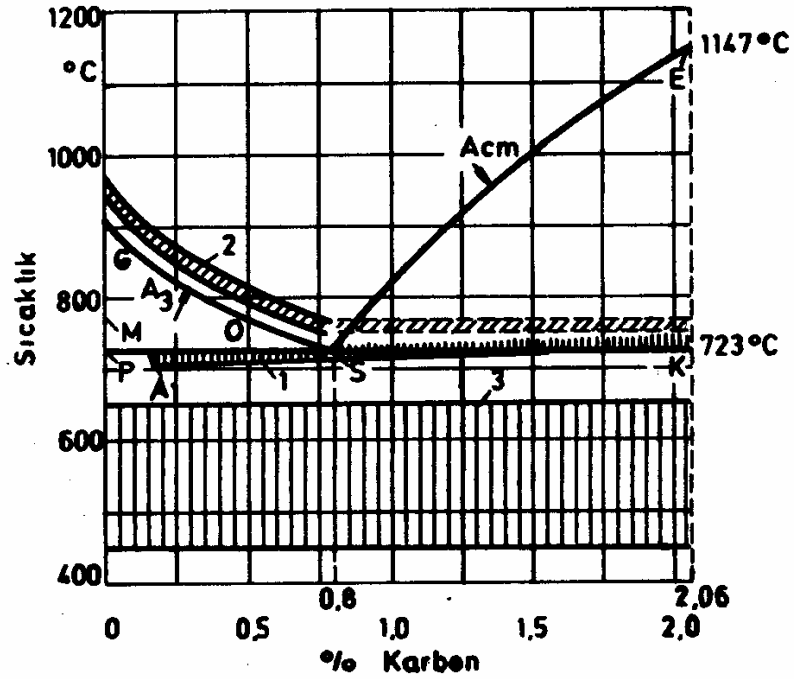
a. Karbonlu çelikler

b. Alçak alaşımlı çelikler

2. Yüksek alaşımlı (paslanmaz) çeliklerin martensitik türleri

Karbonlu çelikler de genel olarak üç gruba ayrılır:

- Alçak karbonlu (<0,25). Bunlarda ön ısıtma ve gerilim giderme tavlaması gereksizdir.
- Orta karbonlu (0,25-0,50). Bunlarda her iki işlem gereklidir.
- Yüksek karbonlu (>0,50). Bunlarda her iki işlem zorunludur.

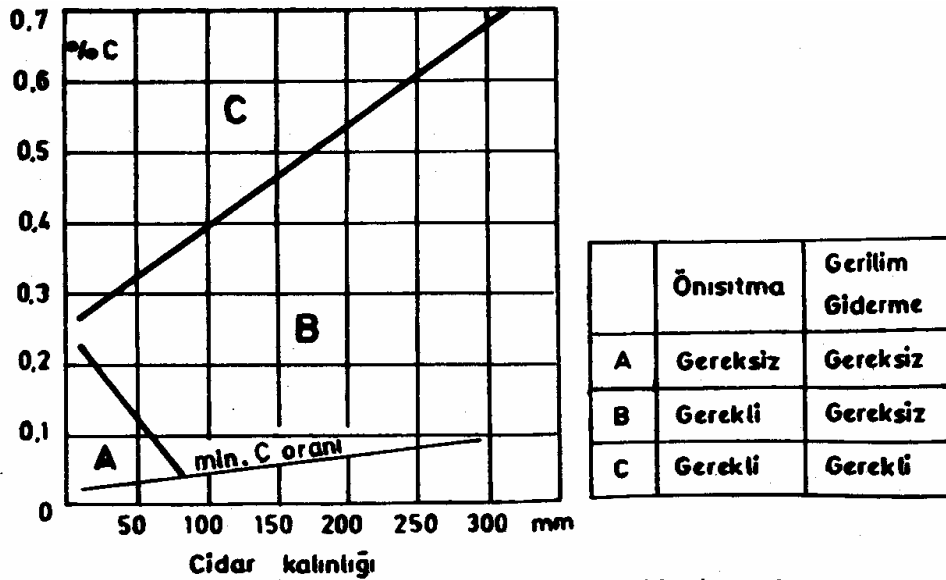


Şek. 239 — Karbonlu çeliklere uygulanan ısı işlemlerinin sıcaklıkları.

Bu sonuçlarda ayrıca pasolar arası sıcak tutma ve son ısıtma da, düşük hidrojenli (bazik) elektrod kullanımı ile birlikte, kesinlikle gereklidir.

Yukarda söylendiği gibi, kaynak dikişinin sertleşip çatlamasında karbon oranının dışında, kaynak edilen parçanın cidar kalınlığının etkisi de önemlidir.

Bu konuda şek. 240'da gösterilen bölgelere göre ısı işlem gereği yandaki tabloda verilmiştir.



Şek. 240 — Saf karbonlu çeliğin kaynağında ısı işleminin gereksinimi.

Düşük hidrojenli elektrod kullanılması halinde, şek. 240'daki bölgeleri ayıran sınırlar yukarıya kayarlar (şek. 241). Bu sonucu durumda da, bölgelere göre ısı işlem şöyledir:

— A. Gerilim giderme nadiren gereklidir.

— B. Gerilim giderme boyutsal kararlılık için gereklidir. Kaynaktan sonra parçanın talaş kaldırmayla işlenmesi halinde uygulanır.

— C. Gerilim giderme, 25 mm'den kalın ve ayrıca darbeli ve tekrarlanan yüke maruz parçalar veya rijit konstrüksiyonlar için gereklidir.

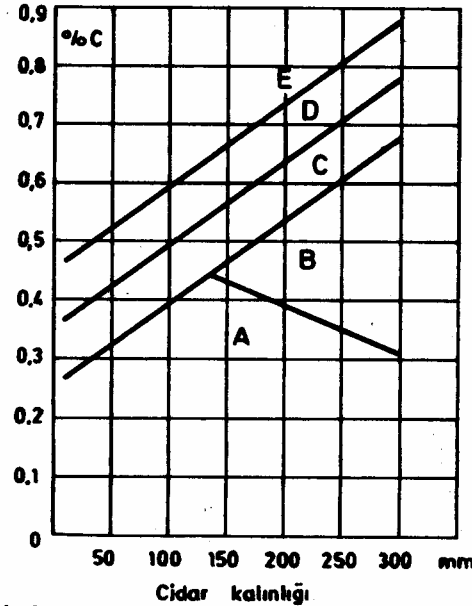
— D. Gerilim giderme, darbeli veya tekrarlanan yükte her kalınlıkta, durağan yükte 50 mm kalınlığın üzerinde gereklidir.

— F. Gerilim giderme, her durum için gereklidir.

Bunlara karşılık

- Östenitik (paslanmaz) çelikler
- Nikel ve alaşımları
- Alüminyum ve alaşımları
- Bakır ve alaşımları
- Titanyum ve alaşımları

kaynak sonrası gerilim gidermeyi gerektirmezler. Son üç grup malzemede bazı istisnaî hallerde ısıtma işlemi gerektiren türler bulunur.



Şek. 241 — Düşük hidrojenli elektrod kullanılması halinde, saf karbonlu çeliğin kaynağında ısıtma gereksinimi.

Bir gerilim giderme ısıtma işlemi, varılan sıcaklık, parçanın bu sıcaklıkta tutulma süresi ve sıcaklığın yükselme ve azalma hızlarıyla belirlenir. Yumuşak çelikten mekanik konstrüksiyonların genel olarak kabul edilmiş sıcaklığı 600 - 650°C olup çok hızlı soğuma nedeniyle gelişen yeni gerilmelerden kaçınmak için tav fırını kapaklarının sıcaklık 300°C'a düşmeden açılmaması önerilir. Yüksek presizyon konstrüksiyonlarında kapakları açmak için sıcaklığın 100°C'a düşmesi beklenir.

Isıtma temposu ve "ısıtmanın içine geçme süresi", yani sıcaklığın tav fırınının içinde 600 - 650°C'ta tutulma süresi, uniform bir ısıtmayı sağlamaya ve konstrüksiyonun değişik bölümleri arasındaki sıcaklık farkını 50°C'ın altında tutmaya yeterli olacaktır.

Bu genel prensipin ışığında alaşımsız çeliklerde klasik gerilim giderme ısıtma işlemi şöyle bir sıra takibeder:

- a. 300°C'tan itibaren, parça kalınlığı milimetresi başına saatte 50°C ve azami 200°C olmak üzere sıcaklık yükselişi;
- b. 600 ilâ 650°C (azami)'ta, asgari 20 dakika olmak üzere, parça kalınlığı milimetresi başına 2,5 dakika süreyle tutmak;
- c. 300°C'ta kadar, saatte 150 ilâ 300°C olmak üzere soğuma. 300°C (hassas parçalarda 100°C)'tan sonra parça ocaktan *sakin* havaya çıkarılabilir (soğuma sırasında odada hiçbir hava akımının olmamasına özen gösterilecektir).

Azami sıcaklığın seçimi, bu sıcaklıkta tutma süresiyle doğruca ilintilidir. (550°C'ın altında işlemin hiçbir pratik yaran yoktur). 550°C'de tutma süresi 600°C'ta tutma süresinin üç katıdır.

Alaşımli çelikler için bazen özel işlemler önerilir. Aşağıdakiler bunlardandır:

% 0,5 Mo	}	li çelikler	1 saat 620-660°C'ta ger. gid.
% 1 Cr ve % 0,5 Mo			
% 2,25 Cr ve % 1 Mo'li çelik			2 saat 600-690°C'ta ger. gid.
% 0,5 Mo + % 0,25 V + % 1 Cr'lu çelik			6'saat 680-710°C'ta ger. gid.

Isıl gerilmeler

Gerilim giderme sıcaklığına çıkarılan çelik büyük oranda genişleceğinden, bu genişmeyi çelik serbestçe yapabilmelidir; buna imkân bulamazsa, gerilimlerin giderilmesi amaçlanırken aksine yeni gerilmeler oluşur ki bunlara ısıl gerilmeler adı verilir. Bunların malzemenin akma sınırını aşması halinde distorsiyon, çekme ve basma dayanımını aşması halinde de çatlama meydana gelir.

Isıtmanın yerel olması halinde genişlemenin o oranda azalacağı doğaldır. Aşağıdaki ayrıntılarına gireceğimiz bir boru hattının üzerinde çevresel kaynak dikişinin gerilim giderilmesi, hat toprak üstünde yatarken yapılmayacaktır zira hattın kendi ağırlığının toprakla yaratacağı sürtünme kuvveti, ısıtılan kaynak bölgesinin genişlemesine engel olur ve yukarıda sözü edilen ısıl gerilmeler meydana gelir. Bu nedenle yerel gerilim giderme işlemine hat kayıcı mesnetler üzerine alındıktan sonra girişilecektir.

Tav fırınında konstrüksiyonun topluca ısıtılması da bazı sorunlar yaratır. Örneğin uzun bir parça ayrıca karmaşık bir yapıya sahipse (bir ısı eşanjöründe olduğu gibi), uzun kısımlar, uzunlukları oranında genişirken enlemesine kaynamış kısa ayna, bayrak... gibi aksam buna engel olacak ve konstrüksiyon büyük olasılıkla çatlaklar arzedecektir. Böyle durumlarda (eşanjör örneğini ele alalım) gövde ile boru demeti ayrı ayrı fırınlanıp sonra montajı yapılır. Bunun gibi içinde bölmeler, perdeler, takviyeler... bulunan basınçlı kapların gerilim giderilmesi böyle bitmiş halde kesinlikle olanak dışıdır. Mutlaka her bileşen ayrı olarak ısıl işleme tabi tutulup sonradan montaj yapılacaktır. Isıl işlem sonrası montajda mümkün olduğu kadar kaynaktan kaçınılacak, buna mecbur olunması halinde bu kaynaklara yerel gerilimi giderme tavı uygulanacaktır.

Bu konularda ilginç bir örnek de büyük karesel tanklardır. Bunların insan delikleri (manhole)ne takılan brülörle tankı içerden ısıtıp üzerindeki kaynak dikişlerini topluca gerilim

gidermeye tabi tutmak mümkündür. Küre bu sırada metrede 2,5 mm genişleceğinden onu krikolarla sabit ayaklardan kaldırıp geçici tekerlekli ayaklar üzerine oturtmak gerekir; ısıtmaya bundan sonra başlanır. Aynı şekilde zemine oturan silindirik tanklar da gerilim gidermeye tabi tutulacaksa, bunlar da kayıcı kızaklar üzerine alınacaklardır.

Yukarda sözü edilen boru ya da küresel veya silindirik tankların sorunları bunlarla bitmemektedir. Yüksek sıcaklığa ısıtılan borunun veya kulenin içinde canlı bir hava akımı başlar: bir rüzgâr tüneli oluşmuştur. Büyük ısı kaybı olduğu gibi, özellikle büyük çap ve cidar kalınlığında konstrüksiyonlarda iç ve dış yüzeyler arasında oldukça önemli sıcaklık farkları meydana gelir. Bu nedenle ısıtılacak boru hattı üzerinde vanalar, nozullar ve öbür çıkışlar tümüyle kapatılacaktır. İmkân olduğu takdirde gerilimi giderilecek kaynak çerçevesinde bir *sıcak oda* oluşturulur, yani kaynak dikişinin iyi yanına yalıtım malzemesiyle geçici iki duvar örülür.

Parçanın tümüyle tav fırınına girmeyecek kadar büyük olması halinde, onun kısım kısım tavlınması da mümkündür. Ancak bu takdirde her defasında ısıtılan genişlik daha öncekinin üzerine en az

$$1,5 \text{ m veya } 5\sqrt{Rt}$$

(hangisi daha büyükse) kadar binmelidir. Burada R yarıçap, t de cidar kalınlığıdır. Böyle kısmi ısıtma sırasında parçanın dışarı taşan bölümü yalıtılarak, ısıtılan ve ısıtılmayan bölümler arasında sıcaklık geçişi (gradieni) yumuşatılır.

Yerel ısıtma da geniş ölçüde kullanılmaktadır. Burada da anî sıcaklık değişimine izin verilmeyecektir. Sıcak kuşağın (şek. 242) asgari 1 genişliği, Alman (AKV-37) ve İngiliz (B.S. 3351-5500) normlarına göre

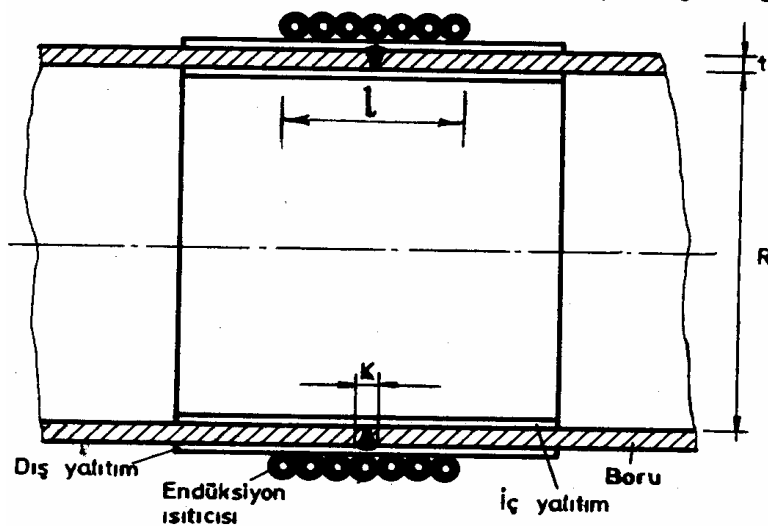
$$l = 5\sqrt{Rt}$$

Amerikan (ASME sec. 1) normuna göre basınçlı kaplar için

$$l = K + 6t$$

borular için de

$$l = 3K \text{ dir.}$$

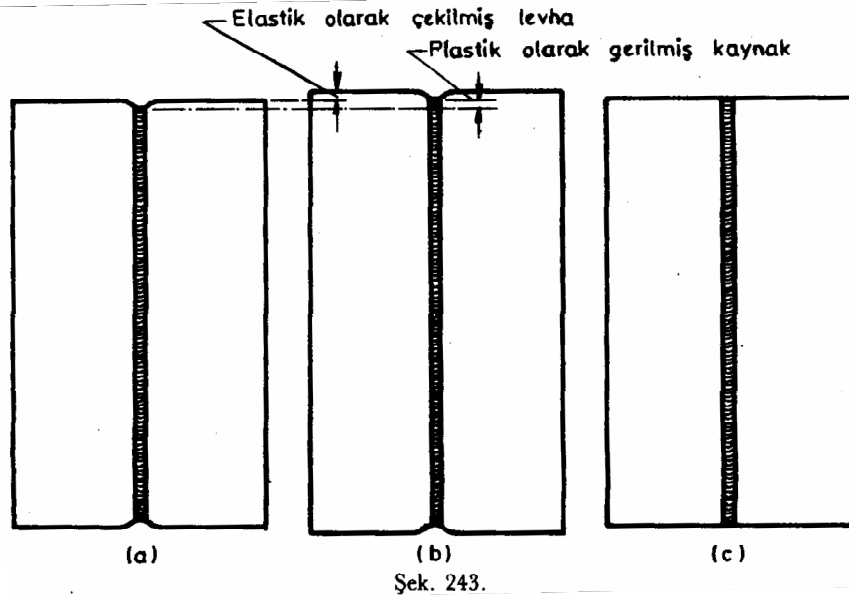


Şek. 242 — Bir boruda yerel ısıtma düzeni.

Yalıtım genişliği ise pratik kural olarak sıcak kuşağın iki katıdır.

Isıl denge, vazgeçilmez bir kaide olduğuna göre yerel ısıtılarda da buna riayet edilecek, örneğin borularda sıcak kuşağı bütün çevreyi kaplayacaktır. Dikişin bütün çevreyi dolanmaması halinde bile ısı çevre boyunca uygulanacaktır.

Gemi inşasında uzun dikişlerin gerilimlerinin giderilmesi hususunda Amerika'da ilginç bir yöntem geliştirilmiştir. Uzun bir kaynak dikişine hemen komşu bölgenin soğuma sırasında kaynak metalinin uzunlamasına çekmesi nedeniyle büyük ölçüde gerilmiş olduğu görülmüştür (bu sırada kaynaktaki gerilme akma sınırı civarındadır) (şek. 243 a). Levha ve kaynak malzemesi, çekmiş olan kaynak metalini ilk levha uzunluğuna getirecek miktarda gerilecek olursa (şek. 243 b), kaynak içindeki germe, gerilme akma noktasının üstünde olduğundan, plastik olacaktır; oysa ki levha malzemesi, elastik sınırının altında gerilmiş olduğundan, koyu verildiğinde ilk uzunluğuna geri yaylanacaktır. Böylece germe işleminin tamamlanmasından sonra kaynak ile levha malzemesi eşit uzunlukta ve uzunlamasına gerilmelerden arındırılmış



olacaklardır (şek. 243 c).

Germe işlemi levha malzemesini, istenilen germe miktarına eşit bir genleşme hasil eden bir sıcaklığa kadar ısıtarak uygulanır; bu arada kaynak metali daha soğuk tutulmuştur ve böylece de, onu çevreleyen levhalar tarafından mekanik olarak gerilmiştir.

Levha ile kaynak metali arasında gerekli sıcaklık farkının 120°C civarında olduğu bulunmuş olup bütün bu işlem sırasında kaynak dikişini oda sıcaklığında tutmak mümkün olmadığına göre levha malzemesi yaklaşık 175 - 200°C'a kadar ısıtılmaktadır. İşlem iki takım oksi - asetilen aleviyle yürütülmekte, bunların her biri kaynağın bir yanında ilerlemekte, bunları levhayı ısıtmadan hemen sonra soğutan su fiskiyeleri izlemektedir; böylece de levhaların fazla ısınıp distorsiyona uğraması önlenmiş olmaktadır. Alev, soğutma suyu fiskiyesi ve işlem hızının

optimum koşullarda ayarlanması halinde uzunlamasına gerilmelerin tümüne yakın bölümünün giderilebildiği, deneylerden anlaşılmıştır.

Parça tav fırınına sokulan konstrüksiyonlarda, bu parçaları ısıtılma işleminden sonra birleştirmek amacıyla aksesuarların sonradan kaynak edilebileceği irtibat parçaları ana parçaya peşinen kaynak edilir.

Normalizasyon terimiyle çeliği üst kritik sıcaklığın (A_3) 40°C kadar üstünde bir sıcaklığa ısıtılması ve sonra sakin havada soğutulması işlemi anlaşılr. Bunun' amacı çeliğin tane (kristal) yapısını inceltmek, çeliği hafifçe sertleştirmek (talaşlı işlemenin kolaylaştırılması) veya döküm ya da dövme - haddeleme sırasında hasıl olan element (karbon) ayrılıp birikmesini (segregasyon) azaltmak olabilir. Böylece mekanik değerler düzelir.

Alaşımsız çeliklerde bu tavlamanın en uygun sıcaklığı

% 0,10'dan az karbonlu çeliklerde 900°C

% 0,10 ilâ 0,25 karbonlu çeliklerde 880°C

% 0,25 ilâ 0,35 karbonlu çeliklerde 850°C dir.

Bu sıcaklıklarda tutma süresi, dakika olarak, 1,5 t (t, mm cinsinden cidar kalınlığı) olup kaplar için bu süre asgari 20 dakikadır. Çok ince parçalarda bu asgari değer çok daha düşük olabilir. Çok uzatılmış veya fazla yüksek sıcaklıkta uygulanmış bir tavlama, beklenen sonucun aksine götürür, yani tanelerin büyümesine yol açar.