

27746

KAYNAKLI BİR GEMİDE OLUŞAN DİSTORSİYONLAR VE
GİDERİLME ESASLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gemi İnşaatı ve Makinaları Müh. Halil BAŞ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 22 HAZİRAN 1992

Tezin Savunulduğu Tarih : 7 TEMMUZ 1992

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Ömer BELİK

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr.Selahattin ANIK

: Doç.Dr. Demir SİNDEL

TEMMUZ 1992

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ÖNSÖZ

Dünya gemi inşa sanayiindeki rekabet, maliyetlerin minumuma düşürülmesi gereğini ortaya çıkarmıştır. Maliyetleri etkileyen iki ana unsur malzeme ve Adam/Gün bazında işçiliktir. Tekne inşaatının ana parametresi olan kaynak işlemi gemi inşaatında bu yönden göz önünde bulundurulması gereken bir basamaktır. Bilindiği gibi kaynaklı işlem doğru uygulanmadığı taktirde oluşturacağı distorsiyonlar nedeniyle düzeltme ve/veya yenileme gerektirir. Bu da maliyetlere tesir eden önemli bir parametredir.

Bu çalışmada, çelik tekne malzemeleri ve gemi konstrüksiyonunda distorsiyon oluşum nedenleri ve düzeltilmesi esasları ve uygulamaları incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda arz edilen önlemler, maliyetleri etkileyen geriye dönüşleri minumum seviyeye indirecektir.

Bana yüksek lisans öğrenimi yapma izni veren Dz. K.K. lığına, Taşkızak Tersanesi K.'liğine, öğrenimim süresince danışmanlığımı kabul edip yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç.Dr. Ömer BELİK'e, tez konusunun belirlenmesinde ve daha sonraki aşamalarında büyük yardım ve desteğini gördüğüm Sayın Prof.Dr. Selahattin ANIK'a teşekkür ederim. Ayrıca tezin yazım aşamasında yardım eden Araş. Gör. Murat VURAL'a, Met.Y.Müh. M.Soner AKKURT'a ve tezin yazılmasını gerçekleştiren Zeynep KILIÇ'a teşekkür ederim.

HAZİRAN, 1992

HALİL BAŞ

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
BÖLÜM 2. GEMİ İNŞAATINDA KULLANILAN ÇELİK MALZEMELER	4
2.1. Giriş.....	4
2.2. Gemi İnşa Çeliklerinin Sınıflandırılması.	4
2.3. Çelik Özellikleri ve Çelik Özelliklerinde- ki Gelişmeler.....	7
2.4. Tekne Çelik Spesifikasyonları.....	15
2.4.1. American Bureau Of Shipping Spesifikasyonları.....	16
BÖLÜM 3. DİSTORSİYON NEDENLERİ VE DÜZELTİLMESİ.....	25
3.1. Distorsiyon Oluşumu.....	25
3.1.1. Isınma İle Distorsiyon.....	25
3.1.2. Dış kuvvet İle Distorsiyon.....	28
3.1.3. Distorsiyonun Şekli.....	29
3.2. Distorsiyonun Giderilmesi.....	33
3.2.1. Isı Etkisinin Kullanımı.....	35
3.2.1.1. Çizgisel Tavlama Yöntemi.....	35
3.2.1.2. Noktasal Tavlama Yöntemi.....	40
3.2.1.3. Üçgen Tavlama Yöntemi.....	41
3.2.1.4. "Red-Hot" Tavlama Yöntemi.....	45
3.2.1.5. Soğutma.....	45
3.2.3. Dış Kuvvet Kullanımı.....	49
3.3. Isı Etkisi Kullanımı İle Distorsiyon Giderilmesi Uygulamaları.....	50
3.3.1. Isıtma İşlemi Prensibleri.....	50
3.3.1.1. Alevin Ayarlanması.....	51

3.3.1.2. Isıtma Hızı, Alev Nozul Büyüklüğü ve Levha Kalınlığı Arasındaki İlişki.....	54
3.3.1.3. Alev Nozulunun Yüksekliği.....	56
3.3.1.4. Üfleç Pozisyonu ve Isıtma Çizgilerinin Yönü.....	57
3.3.2. Tavlama Yöntemlerinin Çeşitleri ve Özellikleri.....	58
3.3.3. Deformasyon Şekline Göre Isıtma Yöntemi.....	58
3.3.3.1. Panel Distorsiyonu.....	58
3.3.3.2. Dalga Şeklinde Distorsiyon.....	61
3.3.3.3. Dalga Şeklinde Levha Kenarı Distorsiyonu.....	66
3.3.3.4. Levha Birleşme Yerlerinin Boğumlu Distorsiyonu.....	67
3.3.3.5. Postaların Eğrililiği.....	69
3.3.6. Noktasal Tavlama Yöntemi.....	73
BÖLÜM 4. KAYNAKLI İMALATTA DİSTORSİYONLARIN ÖNLENMESİ İÇİN KAYNAK PLANLARININ VE KAYNAK SIRASININ HAZIRLANMASI.....	75
4.1. Giriş.....	75
4.2. Kaynak Planları.....	76
4.3. Kaynak Sırası Planları.....	78
4.4. Kaynak Sırası Planlarının Hazırlanmasında Göz Önüne Alınması Gereken Kurallar.....	82
4.5. Distorsiyon Önleyici Kaynak Sırası ve Konstrüksiyon Detayları.....	91
4.5.1. Levhalı Blokların ve Stifnerlerin Kaynak Sırası.....	98
4.5.2. Tamirat İşlerinde Tatbik Edilecek Kaynak Sırası.....	105
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	108
KAYNAKLAR.....	111
ÖZGEÇMİŞ.....	113

ÖZET

Bir metalik malzeme ısıtıldığında genleşir, soğduğunda ise kendini çeker. Eğer malzemenin durumu elastik sınırın ötesinde ise veya malzemeyi sınırlayan etkenler varsa distorsiyon oluşur. Distorsiyon oluşumun sebepleri ısı etkisi ve dış kuvvet etkisidir. Gemi inşaatında meydana gelen distorsiyonların hemen hemen hepsi kaynağın ısı etkisinden meydana gelir.

Gemi konstrüksiyonunda karşılaşılan distorsiyonların ortadan kaldırılması için büyük masraflara neden olan doğrultma ve düzeltme işlemlerine gerek duyulur. Doğrultma işlemleri zaman kaybına neden olduğu gibi yeni yeni gerilmelerde doğurur. Doğrultma ve düzeltme işinde genellikle ısıl işlem uygulanır.

Çalışmada, gemi inşaatı sırasında karşılaşılan distorsiyonların oluşum nedenleri, düzeltilmesi esasları incelenmiştir. Tersanelerde uygulanması gereken gemi konstrüksiyon kaynak planı ve gerilmeleri, çarpılmaları minimum düzeye indirgeyecek kaynaklı konstrüksiyon detaylarında incelenmiş ve pratik çözümler önerilmiştir.

DISTORTIONS AND DISTORTION FAIRING IN A WELDED SHIP

SUMMARY

In selecting a process for production welding, ability consideration is the ability of the process to give the required quality at the lowest cost and to complete the work in a certain limited time.

The steels used in shipbuilding are defined mainly by requirements on chemical composition, mechanical properties and in some cases also on heat treatment. Up to a few years ago only mild steel was used in shipbuilding. During recent years, steels with higher tensile strength are used to an increasing extent in shipbuilding.

Steel is expanded by heating and shrunk by cooling, also deformed by adding of force. If the state of material is beyond elastic limit or the restraint of material is not relieved, so called distortion occurs in material. The causes of distortion are roughly divided into the following two classes.

- 1- Distortion by heating
- 2- Distortion by external force

DISTORTION BY HEATING

The distortion is grown by heat effect generally, Heating sources of the effect are gas cutting, electric welding, arc air gouging. etc. Particularly on present arc welding, the high temperature of 2.000°C and above is generated and it becomes the cause of distortion in material.

Almost of distortion in shipbuilding are caused by the heating effect of welding. Especially the effect to thin plate of less rigidity is serious. Besides, the steel plate is locally heated by the above mentioned heating sources and the temperature differences appear in each direction of plate thickness, breadth and length (heating progress direction). Consequently a lack of uniformity occurs in the plate elongation and results in the distortion by plasticization.

Sometimes no distortion appears at a glance but internal stresses remain in the steel members, in this case distortion occurs by a little heat input. If it appears on the surface of steel member as the deformation it is an object of the fairing work, but if it is hidden inside as internal stresses, we have no means to take measures. Then we have to take proper measures whenever it appears as the distortion on surface. This kind of distortion is apt to appear on the thin plate structure of accommodation quarters of the ship.

DISTORTION BY EXTERNAL FORCE

The distortion is grown during assembly, erection and transportation processes of the steel members and hull blocks. The distortion described on distortion by heating is caused by the shrinkage (by cooling after elongation), but the distortion by external force is all caused by the elongation of steel members, and grown on the following working stages.

- i)- Turnover of hull block
- ii)- Storage of hull block (Mis-piling, Mis-arrangement of cribbing)
- iii)- Transportation of hull block
- iv)- Erection of hull block
- v)- Concaved damage by falling of steel member of tool
- vi)- Concaved damage of ships' bottom due to mis-arrangement of cribbing
- vii)- Impact during docking and undocking

viii)- Concaved damage by water hammering etc.

The causes of distortion have many varieties. The form of distortion is very irregular, then you have to take adequate measures according to the form of distortion on the fairing work.

FORM OF DISTORTION

The distortion caused by the heat is classified into the following groups according to the appearance

a)- Sharp pointed deformation

The distortion caused by fillet welding appears mainly on the construction having face plate, that is built-up longitudinals transverse webs, etc.

b)- Curved deformation

The distortion appears as a whole of steel member and caused by the wrong sequence of welding and the difference of shrinkage between welding parts.

c)- Panel deformation (skinny horse back)

The distortion occurs by fillet welding, and appears throughout the ship, that is, on shell plating, skin plating of accommodation structure, etc. even though on the thicker plate.

d)- Waved deformation

The distortion is caused by the shrinkage difference of steel plate by heating and is apt to appear on the complicated hull block. It has always a special feature, that is curved with hump and hollow having inflection points on frame lines.

e)- Twisted deflection

The distortion is caused by the imperfect restraint defective jigs, unproper welding sequence, etc. at assembly stage. Also at the fairing work on hull block, if the work is carried out on the twisted block condition caused by the use of defective setting jigs, the twisted deflection is plasticized occasionally.

f)- Knuckled deformation

This distortion appears on the butt welding of plates. It is caused by the shrinkage difference in thickness direction of welded part, and the amount of distortion is different depending on the rigidity of plate. Namely, the knuckled deformation of thicker plate is comparatively flat but that of thinner plate is sharp. Sharply knuckled deformation by the shrinkage appears on curved parts (shell plating on bow and stern parts) in case of insufficient reinforcement. It is very difficult to make fair the sharp distortion and sometimes it is necessary to correct the distorted part by cutting off. Sufficient reinforcement such as strong back is important consequently we can prevent the growth of knuckled deformation.

DISTORTION REMOVAL

The methods of the distortion removal are classified as follows:

a)- Use of heat effect

Use of heat effect is the most popular. It is a general saying that steel is shrunken after heating. It is true so far as we see the phenomena come to the surface, but we have to understand the process of that. If not you will fail in the distortion removal by the misdirected heating, so it is necessary to pay attention.

In case of the heat effect utilization, it is accompanied with the quality change of steel material because of an excessive heating on high temperature and water cooling. Then, it is necessary to consider the reduction of heat input as far as possible in the distortion removal. Especially in the distortion removed on

high tensile steel and normalized steel, a severe heat control is necessary. The heating methods are classified as follows:

1- Line Heating Method

The line heating method is the most popular method and a 90 % or more of the fairing work is carried out by this method. A knuckled deformation occurs on steel plate by line heating.

2- Spot Heating Method

This is one of the heating method and the whole thickness of steel plate will be heated in the method.

3- Triangle Heating Method

This method can be applied if you understand the line heating method, and is applied for the fairing and bending of angle bar and flat bar.

4- Red-Hot Heating Method

This method applied for an excessive deformation and different from the above mentioned line heating method. The deformations are unable to correct easily by line heating, such as an excessive concave dent caused by impact, an concave dent caused by supporting fittings during hull block storage, a sharp concave dent appeared during turnover and erection of hull block etc.

b)- Use of enternal force

Correction force by proper physical tools is used together with line heating for fairing. Deformation occurs on the steel plate convex to the heating surface side. This is an inverse deformation against on expected knuckle. Accordingly when external force is applied to restrain the deformation, the transformation will occur.

Namely the whole difference of elongation caused by temperature difference is absorbed by the inflation of steel plate and the amount of inflation is larger than the case without use of external force. In other words, the same amount of inflation is got by the use of external force with lesser heat input. Consequently the distortion induced in adjacent parts is lessened and the deterioration of steel material is prevented.

Distortion Prevention

Good design should ensure as few welded joints as possible in a structure, particularly when it is made up of thin section plate. Where they exist, welded joints should be accessible, preferably for downhand welding.

The edge preparation of joints can be arranged to reduce distortion. For example A single -V preparation joint with four runs of welding will distort A double-V preparation joint welded with four runs will only exhibit slight shrinkage of the joined plates.

Restraint is the usual method of distortion prevention in shipbuilding. Where units are faired ready for welding they are tack welded to hold them in place during welding. The parts will then remain dimensionally correct and the rigidity of the structure will usually restrain any distortion. Strongbacks or clamping arrangements are also used on butt and fillet welds.

Despite the most stringent methods to eliminate it, distortion can still occur. Where the distortion in a joint is considered unacceptable the joint must be gouged, grooved or completely split, and then rewelded. Strongbacks can be placed across the joint to restrain distortion during rewelding.

Straightforward mechanical means may be used, such as hydraulic jacks or hammering on localised areas of distortion or buckling. Where such methods involve straining the welds, they should be examined for cracks after correction. Every effort should be made to avoid mechanically straightening structures for this reason.

The application of concentrated heat from a gas-burning torch may be used for correcting distortion in steels other than the higher tensile, quenched and tempered types. A small area is heated on the side where the contraction would bring about an improvement. The steel is heated to a "red heat" and the torch slowly moved along a previously drawn line, at such a speed that the "red heat" does not pass right through the material. The recrystallisation absorbs the expansion and, on cooling, contraction occurs which brings about a favourable distortion, thus correcting the original distorted structure.



BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ

2. Dünya Savaşından sonra, gemi inşa yöntemi, çelik üretim işlemlerinin gelişimi ve kaynak tekniklerinin ilerlemesi sonucunda büyük bir değişim göstermiştir. Günümüzde, çelik gemi elemanlarının büyük bir kısmı kaynak ile birleştirilerek gemi blokları oluşturulmakta, bu bloklarda kızak üzerinde birleştirilerek gemi inşaatı yapılmaktadır. Bu işlem blok montaj ile gemi inşa yöntemi olarak adlandırılır.

Kaynakta, çelik malzemeler bir noktada yüksek sıcaklıkta ısıtılırlar ve buna uygun olarak kaynaklanmış yapıda malzemelerin distorsiyonu kaçınılmaz olur. Şüphesiz imal etme ve dizayn safhalarında distorsiyon giderici önlemlerin alınması ile distorsiyonu minimuma indirmek mümkündür. Bu önlemler şunlardır:

- 1)- Kaynak konstrüksiyonunu ısı girdisini azaltmak için minimum kaynak artığı ile dizayn etmek.
- 2)- Çelik elemanların, ilk montaj, imal ve kesimlerinde titizliğe dikkat edilmeli ve imal hatalarını minimuma indirmek.
- 3)- Uygun kaynak sırasını tutturmak.
- 4)- En uygun kaynak yöntemini seçmek.
- 5)- Açısal deformasyonu önlemek için kuvvetli destek kullanmak, geçici kuvvetlendirme uygulamak, malzemeyi dizginleyici tedbirler almak ve ters distorsiyon vermek.

Yukarıdakilerden birini alma ile iyi neticeler elde edebiliriz fakat distorsiyon ihtimali halen bulunmaktadır. Yukarıdakilere ilave olarak, çelik elemanlardaki distorsiyon, çelik eleman ve blokların birbirlerine montajı safhalarında ve taşınması sırasında oluşan dış kuvvetle oluşabilir.

Gemi sahiplerinin görüş ve reaksiyonlarını dikkate alarak, anılan çelik yapılarda distorsiyonun izin verilebilir limitini standartlaştırma veya tanımlama oldukça zordur. Bununla birlikte J.S.Q.S, LR, ABS, NV gibi klas müesseselerinin standartları mevcuttur.

Eğer konstrüksiyon üzerindeki distorsiyon miktarı büyükse, yapılan işin kalitesi iyi olmayacak ve görünüşleri de kötü olacaktır. Belirli durumlarda, böyle bir distorsiyon konstrüksiyonun yeterli mukavemete sahip olmasını engelleyecek ve anında tamire ihtiyaç duyulan kaza ve hasarlarla sonuçlanacaktır.

Distorsiyon giderme ustalığı, bitmiş konstrüksiyonun kalitesini belirleyecektir. Bir safhada oluşan distorsiyon gecikmeksizin aynı safhada düzeltilmelidir. Belirli bir safhada oluşan distorsiyon bir başka distorsiyonun sebebi olabilir ve sonuç olarak son safhada bunun düzeltilmesi oldukça zordur.

Distorsiyonu kolaylıkla gidermek ve bitirilmiş ürünlerin kalitesini ve görünüşlerini iyi elde etmek için açık olarak distorsiyonun sebebini bulmak ve daha sonrada uygun düzeltme yöntemine karar verecek düzeltici çalışmaya başlamak gereklidir.

Ayrıca, her ne kadar distorsiyonun görünüşü ayırd-
edici değilse de belirli iç gerilmeler yüzünden bazı dü-
zeltici önlemlerle distorsiyonun artma ihtimali vardır.
Bu yüzden distorsiyonla ilgili olarak sürekli ve uzman-
laşmış bir takip, olayın şartlarına göre yeterli önlem-
leri almak için gereklidir.

Distorsiyonla ilgili üçüncü olarak, gemi gövde ya-
pısına hasar vermemek için dikkat edilmelidir. Ayrıca
jiglerin yanlış uygulanması ile çelik elemanlara zarar
verme ve çelik malzemelerin aşırı ısınmadan kırılğan-
lıklarını önleme göz önüne alınmalıdır.



BÖLÜM 2. GEMİ İNŞAATINDA KULLANILAN ÇELİK MALZEMELER

2.1. Giriş

Çelikler, üstün mekanik özellikleri, şekillenebilme ve kaynak kabiliyetleri nedeniyle uzun yıllardan beri gemi inşaatında kullanılan geleneksel malzemelerdir. Gemi ve diğer deniz yapılarında kullanılan çelik kalitelerinin gelişimi, kaynak teknolojisinin ilerlemesiyle paralellik göstermiştir. Son yıllarda, korozyon direnci ve/veya spesifik mukavemeti daha yüksek alternatif malzemeler tercih edilmeye başlanmasına rağmen mukavemet, tokluk, süneklik ve kaynak kabiliyetlerinin değiştirilmesi ile çelikler gelecekte de önemini koruyacaktır[1].

2.2. Gemi İnşa Çeliklerinin Sınıflandırılması

Gemi inşa çelikleri tüm klas müesseseleri tarafından birbirine benzer tarzda sınıflandırılmışlardır. Bu sınıflandırma normal mukavemetli, yüksek mukavemetli ve çok yüksek mukavemetli çelikler olarak yapılmıştır. Bu malzemelerin tanımları Türk Loydu esas alınarak tablolar halinde mekanik özellikleri açısından gösterilmiştir.

Tablo 2.1.'de A,B,D,E sınıflarından oluşan mukavemetli çelikler gösterilmiştir. Bu sınıflandırmada yer alan tüm çeliklerin çekme deneyine esas olan mekanik özellikleri (akma dayanımı, çekme gerilmesi, % uzama) eşdeğer darbe dayanımları için öngörülen sıcaklıklar farklıdır.

TABLO: 2.1. Normal Mukavemetli Çelikler.

Kalite	Akma Dayanımı N/mm	Çekme Gerilmesi N/mm	Uzama % $l_0=5,65\sqrt{A_0}$ en az	Darbe Dayanım Sıcaklık Enerjisi J		
				°C	L	T
TL A	235	400-490	22	-	-	-
TL B	235	400-490	22	0	27	20
TL D	235	400-490	22	-10	27	20
TL E	235	400-490	22	-40	27	20

Yüksek mukavemetli gemi inşa çelikleri için sınıflandırmada sadece A,D ve E kaliteleri mevcuttur. Tablo 2.2'de bu çeliklerin mekanik özellikleri gösterilmiştir.

TABLO: 2.2. Yüksek Mukavemetli Çelikler

Kalite	Akma Dayanımı N/mm^2 en az	Çelik Gerilmesi N/mm^2	Uzama $l_0=5,65\sqrt{A_0}$ en az	Darbe Dayanım Sıcaklık Enerji		
				°C	L	T
TL A 275	265	400-510	22	-20	27	20
TL D 275				-40	27	20
TL E 275				-40	27	20
TL A 32	315	440-590	22	0	31	22
TL D 32				-20	31	22
TL E 32				-40	31	22
TL A 96	355	490-620	21	0	34	24
TL D 36				-20	34	24
TL E 36				-40	34	24
TL A 40S	390	530-650	20	0	39	26
TL D 40S				-20	39	26
TL E 40S				-40	39	26

Tablo 2.2'den görüldüğü gibi yüksek mukavemetli çeliklerin sınıflandırılmasında akma dayanım artışları göz önüne alınmıştır. Akma dayanımının artışına paralel olarak darbe dayanımlarındaki değerlerde artmıştır.

Çok yüksek mukavemetli çelikler için Tablo 2.3'de verilen değerlere göre malzemelerin sınıflandırılmasında yine akma dayanım artışı göz önüne alınmış, darbe dayanımları için istenen sıcaklık düşürülürken istenen dayanım değerleride artırılmıştır.

TABLO: 2.3. Çok Yüksek Mukavemetli Çelikler

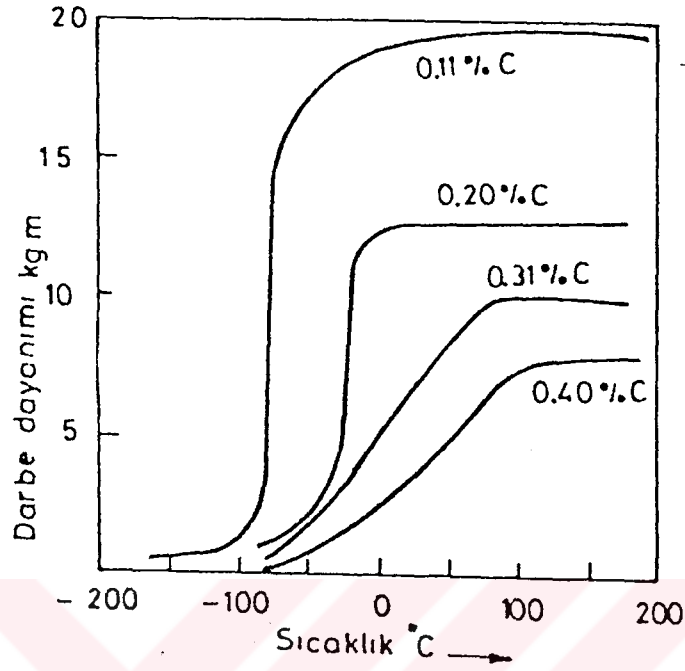
Kalite	Akma Dayanımı N/mm ² en az	Çekme Gerilemsi N/mm ²	Uzama % $\epsilon_0 = 5.65 \sqrt{A_0}$ en az	Darbe Dayanımı Sıcaklık Enerji J		
				°C	ort	Tek
TL D 420 TL E 420 TL F 420	420	530-680	18	-20 -40 -60	40L 27T	27L 20T
TL D 460 TL E 460 TL F 460	460	570-720	17	-20 -40 -60	40L	27L
TL D 500 TL E 500 TL F 500	500	610-770	16	-20 -40 -60	40L	27T
TL D 550 TL E 550 TL F 550	550	660-830	16	-20 -40 -60	40L 27T	27T 27L
TL D 620 TL E 620 TL F 620	620	720-890	15	-20 -40 -60	40L 27T	27L 20T
TL D 620 TL E 620 TL F 620	620	720-890	15	-20 -40 -60	40L 27T	27L 20T
TL D 690 TL E 690 TL F 690	690	770-940	14	-20 -40 -20	40L 27T	27L 20T

Gemi ve deniz yapılarında kullanılan çelik malzemelerde bir taraftan iyi kaynak edilebilir, diğer taraftan akma dayanımları yüksek fakat bunun yanı sıra darbe dayanımlarında yüksek ve çalışma ortamı sıcaklıkları daha da düşük sıcaklıklara indirilmiş yani malzemenin sünek davranıştan gevrek davranışa geçişi (transizyon sıcaklığı) düşük (-60°C gibi) sıcaklıklara kaydırılması yönlerinde gelişmeler kaydedilmektedir.

2.3. Çelik Özellikleri ve Çelik Özelliklerindeki Gelişmeler

Çelikler bileşiminde bulunan en önemli element karbona göre sınıflandırılabilirler gibi yapıları, özellikleri ve kaynak edilebilirlikleride karbon değişimine yakından bağlıdır. Çeliklerin yapı ve özelliklerine karbon ile beraber diğer alaşım elementleri ve çeliklere uygulanan çeşitli türdeki ısı işlemleri ile değişik mekanik işlemlerde etkili parametrelerdir.

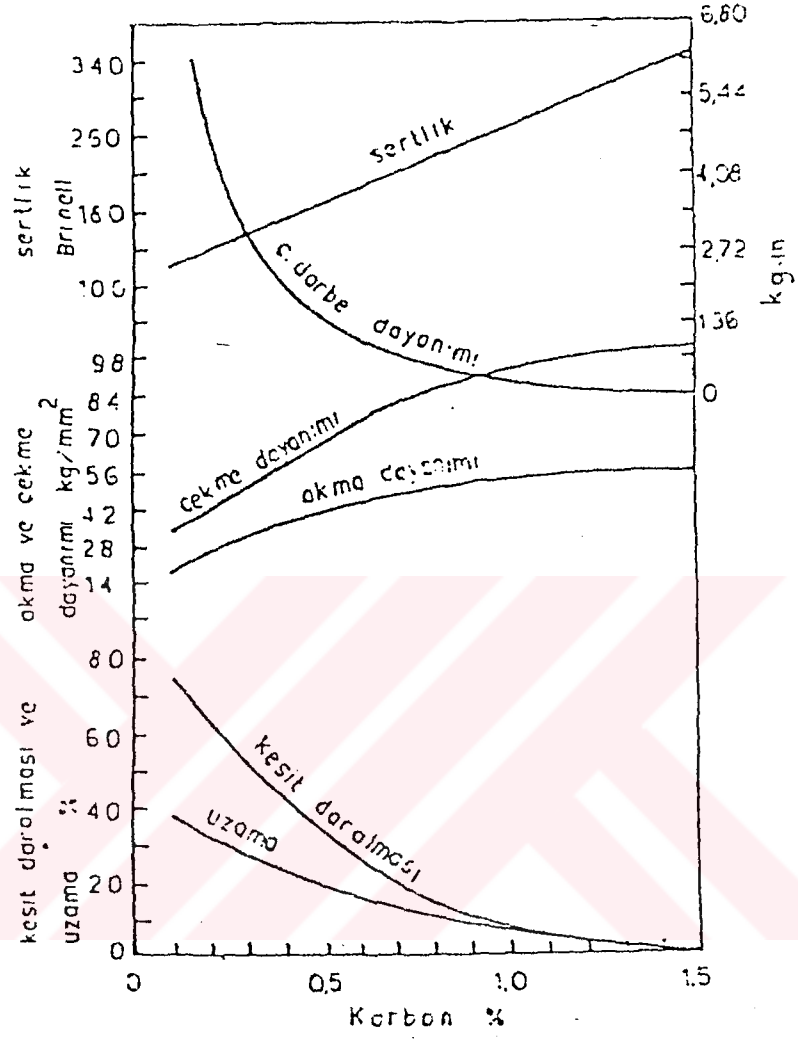
Çeliklerde mukavemeti arttırmak için karbon miktarının arttırılması darbe dayanımını düşürücü bir etki yapmaktadır. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi karbon miktarının artışı ile darbe dayanımı azalırken transizyon sıcaklığı artmıştır. Şekil 2.2'den görüldüğü gibi karbon artışına paralel olarak mukavemet ve sertlik değerleri artarken süneklik ve tokluk özelliklerinde azalmalar olmaktadır. Ayrıca karbon miktarının artışı kaynak kabiliyetini azaltan bir faktördür.



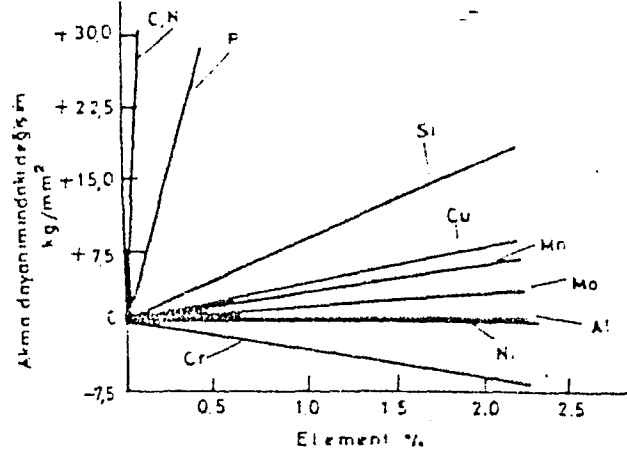
ŞEKİL: 2.1. Çeliklerde Karbon Miktarının Darbe ve Transizyon Sıcaklığına Etkisi.

Çeliklerin sınıflandırılmasındaki iki önemli kriterin (akma dayanımı ve darbe geçiş sıcaklığı) ve kaynak kabiliyeti üzerinde kısaca durarak bu kriterleri etkileyen metalurjik faktörlerin gözden geçirilmesi gereklidir.

Çeliklerde elastik sınırın sonu olarak tanımlanan akma dayanımı bileşim, deoksidasyon, ısıt işlemleri ve mekanik değişimlerle ilişkilidir. Bileşim miktarlarının akma dayanımına etkisi Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



ŞEKİL: 2.2. Karbon Miktarının Çeliklerin Mekanik Özelliklerine Etkileri.

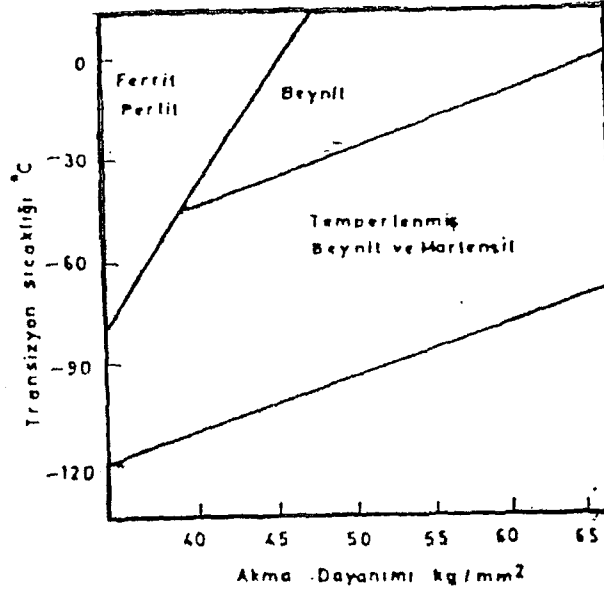


ŞEKİL: 2.3. Çeliklerde Ferritte Çözünen Alaşım Elementlerinin ve Miktarlarının Akma Dayanımdaki Değişme Etkileri.

Tane büyüklüğü ve mikroyapılarında akma dayanımına etkisi önemlidir. Şekil 2.4'te tane büyüklükleri ve mikro yapılarla akma dayanımı arasındaki ilişki görülmektedir.

Şekil 2.4.'ten görüldüğü gibi akma dayanımının artırılması için çelikte karbon miktarını artırmak, bunun yanında tane küçültücü etkinlikleri ile malzeme mikroyapısını Perlit+Ferrit'den Beynit+Martensit'e doğru değiştirilmesi gerekli olmaktadır.

Çeliklerin kaynak kabiliyeti kaynak esnasında veya sonrasında çatlamalara meydan vermeden kaynak edilebilirliğidir. Kaynak kabiliyeti çeliğin kimyasal bileşimine bağlı olarak değişir ve CE ile gösterilen karbon eşdeğeri ile yakından ilgidir.



ŞEKİL: 2.4. Çeliklerde Tane Büyüklüğünün, Malzeme Mikro Yapısına Bağlı Olarak Akma Dayanımında Yaptığı Etkiler.

CE ile pekçok formül kullanılmakta olup bunlardan en çok kullanılanı ise aşağıda verilmiştir.

$$CE = \%C + \% \frac{Mn}{6} + \frac{\%Si}{24} + \frac{\%Ni}{40} + \frac{\%Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{\%V}{14}$$

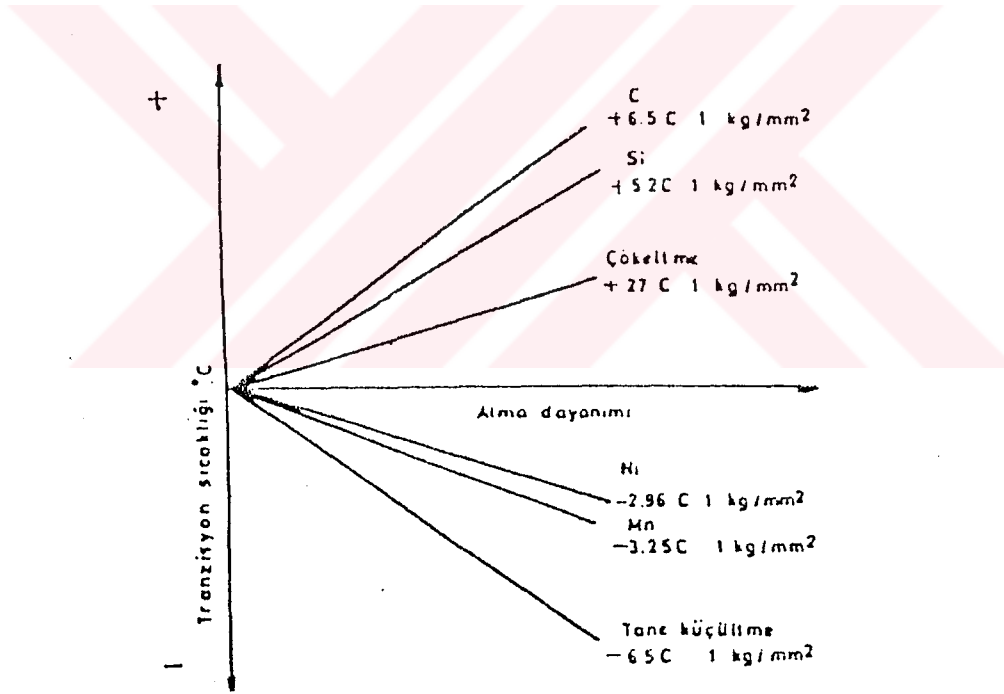
Çeliklerde karbon eşdeğeri ile kaynak kabiliyetleri arasında aşağıdaki empirik bağlantılar kullanılmaktadır.

CE = 0.35	kaynak kabiliyeti mükemmel
CE = 0.35-0.40	kaynak kabiliyeti çok iyi
CE = 0.41-0.45	kaynak kabiliyeti iyi
CE = 0.46-0.51	kaynak kabiliyeti zayıf

Çeliklerde darbe dayanım değerlerinin ani düşme gösterdiği, sünek davranıştan gevrek davranışa geçiş sıcaklığına transizyon veya darbe geçiş sıcaklığı adı verilmektedir. Çelik bileşimindeki karbon ve diğer

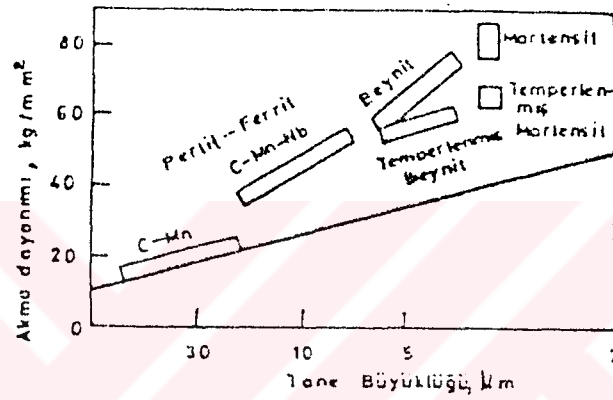
alaşım elementlerinin mevcudiyeti ve miktarlarının artışı transzisyon sıcaklığını artırırken tane boyutunun küçülmesi önemli ölçüde transzisyon sıcaklığını azaltıcı rol oynamaktadır.

Yüksek mukavemetli çeliklerin üretimindeki hedef, akma noktası yüksek, iyi kaynak edilebilir ve transzisyon sıcaklığının düşük olmasıdır. Bu üç özellik en az seviyede karbon ve alaşım elementi içeren çeliklerin küçük boyutlu tanelerden oluşması şeklinde gelişmeleri gerekli kılmaktadır. Bu durum Şekil 2.5'teki diyagramdan görülmektedir.



ŞEKİL: 2.5. Karbon ve Diğer Alaşım Elementlerinin Tane Küçültme Yolu ile Her 1kg/mm²'lik Akma Dayanımı Artışına Karşın Transzisyon Sıcaklığındaki Değişmeler.

Daha öncede belirtildiği gibi akma dayanımı ile transzisyon sıcaklığı aynı zamanda çelik malzemelerin mikro yapıları ilede alakalıdır. Şekil 2.6'ta bu özellik gösterilmiştir.



ŞEKİL: 2.6. Çeliklerde Mikro Yapının Akma Dayanımı ile Transzisyon Sıcaklığına Etkisi.

Çeliklerde mikro yapının oluşumu karbon ve alaşım elementleri ile değişebildiği gibi özellikle çeşitli ısıt işlemler ilede (örneğin su verme ve temperleme yolu ile) değişikliğe uğratılabilmektedirler.

Çeliklerde tane küçültme işlemleri ise çeliğin bileşimine bağlı olarak üretim esnasında uygulanan deoksidas-yon pratiğine , hem deoksidasyon hemde tane küçültücü

olarak kullanılan fakat normal alaşım elementlerinden çok daha az kullanılabilen Al, V, Ti, Nb, R, Zr gibi elementlerinin yanı sıra örneğin Ferritik - Perlitik çeliklerde normalleştirme (A_3 sıcaklığının hemen üzerine tavlayıp soğutma koşulu) ısıtma işlemi veya diğer temperleme veya bunların kombinasyonları şeklinde özetlenebilir.

Bu münasebetlerin ışığı altında çelik kalitelerindeki gelişmelerin başında az alaşımlı yüksek mukavemetli çeliklerin geliştirilmesi gelmiştir. Bu tür çeliklerin üretiminde ana hedef C ve bilinen alaşım elementlerini düşürmek, buna mukabil çok az miktarda Al, V, Nb, Ti, Zr gibi alaşım elementlerinin ilave edilmeleri şeklinde olmaktadır. Ancak küçük tane yapıları çelik üretimi konuyu tamamlayan en önemli husustur.

Az alaşımlı yüksek mukavemetli çeliklerin kaynak kabiliyetlerinin mükemmelere eriştirilmesi yine CE'nin düşük tutulması sayesinde olmaktadır. Bu çelikler için yaygın olan CE formülü aşağıdaki gibidir. Formülde alaşım elementlerinin % miktarları;

$$CE = \% C + \% \frac{Mn}{30} + \frac{\% Cr + \% Mo + \% Zr}{10} + \frac{\% Ti}{2} + \frac{\% Nb}{3} + \frac{V}{7} + \frac{C (ksi)}{900} + \frac{t(inç)}{20}$$

ile çekme gerilmesi (σ_g) ksi olarak (1 ksi=0.7 kg/mm²) ve inç olarak malzeme kalınlığı dahil edilmiştir.

Az alaşımlı yüksek mukavemet çeliklerinde, çelik yapımının bir gereği olarak çelikte bulunan gaz yapıcı, sünekliği azaltıcı, kırılkanlığı artırıcı ve metalik olmayan kalıntıların oluşmasına sebebiyet veren hidrojen,

Azot, Oksijen, Kükürt, Fosfor gibi elementlerde çok önemli olmuşlardır. Yüksek mukavemetli çeliklerin kullanım yerleri özelliği dolayısıyla (örneğin büyük tonajlı gemiler) kalın olarak üretilmeleri gerekli olmuştur. Malzeme kalınlığı arttıkça kaynaklı konstrüksiyonlardaki çeliklerde lameler çatlamalar önem kazanmış, kalınlığa (z istikameti) yönünde kesit daralması, süneklik ve darbe dayanımı özellikleri diğer (boyuna ve enine) yönlerindeki özelliklere eşit seviyelerde aranır olmuşlardır. Bu özelliği belirleyen küçük fakat izotropik ve homojen tanelerden oluşan fakat metalik olmayan kalıntılardan arındırılmış çelik malzemelerdir. Bu nedenlerle yeni üretim yöntemleriyle çeliklerde özellikle Karbon, Oksijen, Kükürt, Azot, Hidrojen gibi elementler çok az seviyelere kadar indirilmiştir.[2].

2.4. Tekne Çelik Spesifikasyonları

II. Dünya savaşında kaynaklı gemilerde ortaya çıkan yapısal bozulmalar, çeliğin çok yönlü gerilmeler altında gevrek bir şekilde bozulmasına karşı mukavemeti hakkında sürekli araştırmalara konu oldu. Bu özelliği ölçmek için yapılan araştırmalar arasında en önemlisi çentik açılmış bir deney parçasının çatlatılması için gerekli olan enerjinin saptanmasıdır. Bu deneylerde sıcaklığın çeliğin çatlamasında etken olduğu saptanmıştır.

Enerjinin büyük ölçüde artırılması sonucu haddelenebilir bir şekilde bozulan yumuşak bir çelikte sıcaklığın daha az olduğu zamanlarda çatlamanın gereksindirdiği enerjinin daha az değerlerinde bozulma meydana gelir

Sıcaklığın dışında geometrik faktörlerde çentik esnekliğini etkiler. Aynı yapıdaki ince saçlar eş sıcaklıklar altında kalın saçlara göre daha fazla çentik

esnekliği gösterirler.

- Çeliğin çentik mukavemeti ve sıcaklık geçiş derece-
leri için karbon yüzdesinin % 0.25'in altında olması ge-
rekmektedir. Nikel, Manganez, Molibden gibi alaşım kat-
kıları faydalıdır.

Kritik sıcaklıkların biraz üzerindeki sıcaklıklarda
hızlı bir soğutma işlemi ince yapılı bir çelik meydana
getirir. Aynı zamanda alüminyum katkısı ince yapılı bir
çelik elde edilmesinde yardımcı olur.

2.4.1. American Bureau Of Shipping Spesifikasyonları

Klaslama kuruluşlarının karşılaştığı sorun, mal
oluş fiyatlarında pek fazla bir artış meydana gelmeden
düşük sıcaklıklarda bile dayanıklı çelik yapımını sağla-
yabilen spesifikasyonları hazırlayabilmektir. Bu düşün-
ce şeklinin hazırlanan spesifikasyonlara etkisi önemli
olmuştur. Dönüşüm sıcaklığını, normalize ısıl işlem sı-
caklığından geçirmek yani kritik sıcaklığın biraz üstün-
de havada çabuk soğutma yoluyla oluşturulan metod buna
bir örnektir. Normal yapısal çelik yapımından ayrı ola-
rak ısıl işlem operasyonunu ek bir fiyat olarak düşünmek
gereklidir.

Tamamen kaynaklı olarak yapılmış ufak teknelerde
1/2"(12.7 mm)'den daha az kalınlıktaki saçlarda daha az
hatalara rastlanmıştır. Bu nedenle 1/2"(12.7 mm)'den
daha ince saçlarda yalnız fosfor ve kükürt elementlerinin
en fazla olacağı değerleri istemekle yetinmiştir.

American Bureau of Shipping'in eski kuralları ile
yenileri arasındaki orantılı bir araştırma çeliğin gerek-
li çentik mukavemet istekleri için belirli bir gelişme

olduğunu göstermiştir. Eski çeliklerin dönüşüm sıcaklıklarından yeni çelikler için çok daha az değerler elde edilmiştir. Tablo 2.4'e bakıldığında A, B ve D(grade) çelik türleri A.B.D'deki çelik yapımı ve yeni yapım pratiğini göstermektedir.

Avrupa'daki bazı çelik yapımcılarının daha az kimyasal gereksinimleri yeğlemeleri nedeniyle çeliğin çentik deneylerine tabi tutulması koşuluyla D türü kalitesi ABS kurallarına eklenmiştir. Yüksek çentik mukavemetinin istendiği perçinli bir armuzdan kaynaklı bir armuza geçişteki özel tatbikatlarda daha düşük karbon yüzdeli E türü ve daha sonra biraz daha fazla manganez yüzdeleri isteyen CS türü çelik kaliteleri geliştirilmiştir. ABS istekleri diğer belli başlı klaslama kuruluşlarının isteklerine yakındır. Tablo 2.5 ve 2.6'da ABS'in yüksek mukavemetli çelikler için istekleri verilmiştir[3].

NORMAL MUKAVEMETLİ A, B, D, E, DS, ve CS TÜRÜ TEKNE ÇELİKLERİ İÇİN ABS İSTEKLERİ

TÜRLER	A	B	D	E	DS	CS
Oksijeni alma Yöntemi	12.55 mm.'den kalın levhalarda kaynamış (rimmed) çeliğin dışında herhangi bir yön.	Kaynamış çelikten başka herhangi bir yöntem	Tamamen öldürülmüş ince yapılı yöntem (2)	Tamamen öldürülmüş ince yapılı yöntem	Tamamen öldürülmüş ince yapılı yöntem	Tamamen öldürülmüş ince yapılı yöntem
Kimyasal Analiz (Pota Analizi)	A türü profil ve lamalar dışında bütün türler için Karbon yüzdesi 1/6 (manganez yüzdesi) yüzde 0.40'dan az olmalıdır. Manganez yüzdesinin üst sınırı yukarıdaki denklemi sağlamak koşulu ile yüzde 1.65'e kadar yükselebilir.					
Karbon % (en fazla)	0.20 (1)	0.21	0.21	0.18	0.16	0.16
Manganez	2x5x Karbon (en az) 12.55 mm. den kalın levhalar için	0.80-1.10 Tamamen öldürülmüş veya soğuk flençlenebilen çelikler için en az 0.60	0.70-1.35 25 mm'den daha az kalınlıktaki çelikler için en az 0.60	0.70-1.35	1.00-1.35	1.00-1.35
Fosfor, % (en fazla)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Kükürt, % (en fazla)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Silisyum, %		(en fazla) 0.35	0.10-0.35	0.10-0.35	0.10-0.35	0.10-0.35

Koparma deneyi :

Koparma Mukavemeti

Bütün türler için: 41-50 kg/mm² (58.000-71.000 psi) : A türü profiller için
 41-56 kg/mm² (58.000-80.000 psi) : Soğuk flenç yapılabilen kaliteler için :
 39-46 kg/mm² (55.000-60.000₂ psi)
 Bütün türler için : 24/kg/mm (34.000 psi) ; 25 mm.'den kalın A.türü için 23 kg/mm²
 (32.000 psi) Soğuk flençlenebilir kalite için ; 21 kg/mm (30.000 psi) (2)

Akma Sınırı (en az)

NORMAL MUKAVEMETLİ A, B, D, E, DS, ve CS TÜRÜ TEKNE ÇELİKLERİ İÇİN ABS İSTEKLERİ

TÜRLER	A	B	D	E	DS	CS
Çentik deneyi (V çentiği) Deney sıcaklığı		25 mm. 'den kalınlar için 0°C (32°F)	-10°C (14°F)	-40°C (40°F)		
Ortalama Enerji, (en az) Boyuna deney parçaları için : veya		2.8 kg.m (20 ft-lbs) (27.4 Jul)	2.8 kg.m (20 ft-lbs) (27.4 Jul)	2.8 kg.m (20 ft-lbs) (27.4 Jul)		
Enine deney parçaları için :		2.0 kg.m (14 ft-lbs) (19.6 Jul)	2.0 kg.m (14 ft-lbs) (19.6 Jul)	2.0 kg.m (14 ft-lbs) (19.6 Jul)		
Deney parçası sayısı :		Her 50 Tondan 3 Adet	Her 50 Tondan 3 Adet ⁽³⁾	Her levhadan 3 Adet		
Isıl işlem :			35mm.'den kalın levhalar Normalize ⁽⁴⁾ edilecek	Normalize edilecek		Normalize edilecek
Markalama :	AB/A	AB/B	⁽⁵⁾ AB/D	AB/E	AB,DS	AB/CS

TABLO : 2.4.b

NOTLAR :

1. 12.5 mm. ve daha az kalınlıktaki A türü levhalar ve her kalınlıktaki A türü profiller için en fazla yüzde 0.26 karbon kabul edilebilir.
2. 25 mm.'den daha kalın levhalar normalize edilmek koşulu ile 35 mm.'ye kadar olan D türü levhalar yarı öldürülmüş olarak yapılabilir. Bu durumda en az Silisyum ve Alüminyum yüzdeleri ve ince yapı koşulları aranmaz.
3. Tamamen ve öldürülmüş ince yapı D türü levhalarda çentik deneyleri istenmez.
4. D türü levhalarda normalizasyonun yerine, her dökümün 25 Tonu için haddeleme sırasında sıcaklıkların kontrollü olarak yapılması alınabilir.
5. Not 4'e uygun olarak normalize edilen veya sıcaklıkların kontrol edilerek yapılan D türü levhalar AB/DN olarak damgalanır.

Tablo 2.6

YÜKSEK MUKAVEMETLİ AH32, DH32, EH32, AH36, DH36 ve EH36 TÜRÜ TEKNE ÇELİKLERİ İÇİN ABS İSTEKLERİ

Yapma Yöntemleri : Siemens-Martin (Open Hearth), Bazık Oksijen veya Elektrik fırını)

TÜRLER	AH32	DH32	EH32	AH36	DH36	EH36
Oksijeni alma Yöntemi	Yarı öldürülmüş veya tam öldürülmüş (3)	Öldürülmüş ince yapılı (4)	Öldürülmüş ince yapılı (4)	Yarı öldürülmüş veya tam öldürülmüş (3)	Öldürülmüş ince yapılı (4)	Öldürülmüş ince yapılı (4)

Bütün türler için kimyasal analiz : (Pota Analizi)

Yüzde olarak

Karbon (en fazla)	0.18	Çelik Yapımı Fabrikasının raporlarında bu elemanlar gösterilmeyebilir.
Manganez (2)	0.90-1.00	
Fosfor (en fazla)	0.04	
Kükürt (en fazla)	0.04	
Silisyum (3)	0.10-0.50	
Nikel (en fazla)	0.40	
Krom (en fazla)	0.25	
Molibden (en fazla)	0.08	
Bakır (en fazla)	0.35	
Kolmbiyum (en fazla)	0.05	
(Niyobiyum)		
Vanadyum (en fazla)	0.10	

Koparma Deneyi

Kopma mukavemeti : 48-60 kg/mm ² ; (68.000-85.000 psi)	50-63 kg/mm ² (71.000-90.000 psi)
Akma Sınırı (en az) 32 kg/mm ² (45.000 psi)	36 kg/mm ² (51.000 psi)

Isıl işlem Tablo 2.6'ya bakınız.

TABLO : 2.5.a

Deney sıcaklığı : İstenmez -20°C(-4°F) -40°C(-40°F) İstenmez -20°C(-4°F) -40°C(-40°F)
YÜKSEK MUKAVEMETLİ AH32, DH32, EH32, AH36, DH36, ve EH36 TÜRÜ TEKNE ÇELİKLERİ İÇİN ABS İSTEKLERİ

TÜRLER	AH32	DH32	EH32	AH36	DH36	EH36
Ortalama Enerji, (en az)						
Boyuna deney parçaları için :		3.5 kg.m (5) (25 ft-lbs) (34.3 Jul)	3.5 kg.m (25 ft-lbs) (534.3 Jul)		3.5 kg.m (5) (25 ft-lbs) (34.3 Jul)	3.5 kg.m (25 ft-lbs) (34.3 Jul)
Enine deney parçaları için :		2.4 kg.m (17 ft-lbs) (23.5 Jul)	2.4 kg.m (17 ft-lbs) (23.5 Jul)		2.4 kg.m (17 ft-lbs) (23.5 Jul)	2.4 kg.m (17 ft-lbs) (23.5 Jul)
Deney parçası sayısı :		Her 50 Ton- dan 3 Adet	Her Levha- dan 3 Adet		Her 50 Ton- dan 3 Adet	Her Levhadan 3 Adet
Markalama :	AB/AH32	AB/DH32 ⁽⁶⁾	AB/EH32	AB/AH36	AB/HD36 ⁽⁶⁾	AB/EH36

NOTLAR :

1. Tür singesinin yanındaki rakamlar ısımarlanan çeliğin akma sınırını kg/mm^2 olarak gösterir.
32 kg/mm^2 olan akma sınırı 45.000 psi ve 36 kg/mm^2 olan akma sınırı 51.000 psi demektir.
2. 12.5 mm. ve daha az kalınlıktaki AH türü levhalar için manganez yüzdesi olarak en az 0.70 kabul edilebilir.
3. 12.5 mm. ve daha az kalınlıktaki AH türü levhalar yarı öldürülmüş olarak yapılabilir ve bu durumda en az yüzde 0.10 silisyum koşulu aranmaz. Aksi özel olarak onaylanmadığı müddetçe 12.5 mm.'den daha kalın AH türü levhalar öldürülmüş olarak yapılmalı ve silisyum yüzdesi 0.10-0.50 arasında olmalıdır.

TABLO : 2.5.b

4. DH ve EH türleri ince yapılı olma koşulunu elde etmeye yetecek kadar yapı inceltici elemanlardan birini içermelidir. Çelik yapımında ince yapılı olması koşulu aranıyorsa, aşağıda gösterilen durumlardan birine uymalıdır.
- a) Beher dökümün herbir potası için Mc Quaid-Ehn ostenit yapı ölçüsü 5 ve daha ince olmalıdır. veya :
- b) Beher dökümün herbir potası için asitte eriyebilen Alüminyum değeri en az yüzde 0.015 veya toplam Alüminyum değeri en az yüzde 0.020 olmalıdır. veya :
- c) Beher dökümün herbir potası için Kolumbiyum (Niyobiyum) değeri en az yüzde 0.020 veya Vanadyum değeri en az yüzde 0.050 olmalıdır, veya :
- d) Vanadyum ve Alüminyum beraber kullanıldıkları zaman Vanadyum değeri en az yüzde 0.030 ve asitte eriyebilen Alüminyum değeri en az yüzde 0.010 veya toplam Alüminyum değeri en az yüzde 0.010 olmalıdır.
5. Normalize edilmiş DH türü için çentik deneyi istenmez.
6. AB/DHN markalaması DH türü levhaların normalize edilmiş veya haddeme esnasında, sıcaklık kontrolü altında yapılmış olduğunu göstermek üzere kullanılmalıdır.

TABLO : 2.6 (3)

YÜKSEK MUKAVEMETLİ TEKNE ÇELİKLERİ İÇİN ISIL İŞLEM İSTEKLERİ

Alüminyum kullanılan çelikler :

AH⁽¹⁾ normalize istenmez.

DH⁽¹⁾ - 25.5 mm. kalınlıktan sonrası için normalize istenir.

EH - normalize edilir.

Kolumbiyum (Niyobiyum) kullanılan çelikler : (3)

AH⁽¹⁾ - 12.5 mm. kalınlıktan sonrası için normalize istenir.

DH⁽¹⁾ - 12.5 mm. kalınlıktan sonrası için normalize istenir.

EH - normalize edilir.

Vanadyum kullanılan çelikler : (3)

AH⁽¹⁾ normalize edilir.

DH⁽¹⁾ - 19.0 mm. kalınlıktan sonrası için normalize istenir.

EH - normalize edilir.

NOTLAR :

1. AH ve DH türlerinde normalize edilme koşulu yerine herbir levhada çentik deneyleri yapma koşulu ile haddelenmenin belirli sıcaklık kontrolü altında yapılması dikkate alınabilir. Bu durumlarda AH türü levhalar 0°C (32°F)'da boyuna deney parçaları için 3.5 kg.m 25 ft-lbs 34.3 Jul veya enine deney parçaları için 2.4 kg.m 17 ft-lbs 23.5 Jul isteklerine uymalıdır. DH türünün Tablo : 2'deki D32 ve DH36'ya uygun şekilde deneyi yapılmalıdır.
2. Özel uygulamalar için kullanılacak 19.0 mm.'den kalın ve Alüminyum kullanılan DH türü çelik mutlaka normalize edilmek koşulu ile ısıtılmalı ve bu şekilde yapılmalıdır.
3. Kolumbiyum veya Vanadyum ile Alüminyum birlikte kullanıldıkları zaman kolumbiyum veya Vanadyum ısıtılma istekleri yerine getirilmelidir.

BÖLÜM 3. DİSTORSİYON NEDENLERİ VE DÜZELTİLMESİ

3.1. Distorsiyon Oluşumu

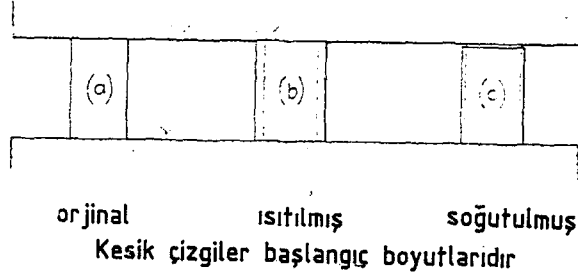
Çelik malzeme ısıtıldığında genleşir, soğuduğunda ise kendini çeker. Eğer malzemenin durumu elastik sınırın ötesinde veya malzemeyi sınırlayan etkenler varsa distorsiyon oluşur. Distorsiyonun sebepleri genel olarak ikiye ayrılmıştır:

- 1- Isınma ile distorsiyon
- 2- Dış kuvvet ile distorsiyon

3.1.1. Isınma İle Distorsiyon

Distorsiyon genellikle ısı etkisiyle meydana gelir. Etkinin ısıtma kaynakları oksii-asetilen ile kesme, elektrik ark kaynağı, karbon arkı ile kaynak ağızı açma vb.'dir. Özellikle ark kaynağında 2000°C ve daha yüksek sıcaklıklar oluşmakta bu da malzemede distorsiyona sebep olmaktadır [4].

Gemi inşaatında meydana gelen distorsiyonların hemen hepsi kaynağın ısı etkisinden meydana gelmektedir. Isınma etkisi ile distorsiyonun başlıca iki sebebi, erime sıcaklığından atmosferik sıcaklığa kadar soğuma neticesinde kaynak metalinin kendini çekmesi ve sınırlandırılmış bir levhanın ısıtılması nedeniyle malzemede deformasyon meydana gelmesidir (Şekil 3.1). Kaynak metali erimiş haldedir. Soğurken ve katılaşıırken bütün yönlerde yaklaşık olarak %2 kadar daralma olur ve kaynak metali ile esas metal arasında bağ oluştuktan sonra kaynak metali esas metali çekmeye yönelir [5].

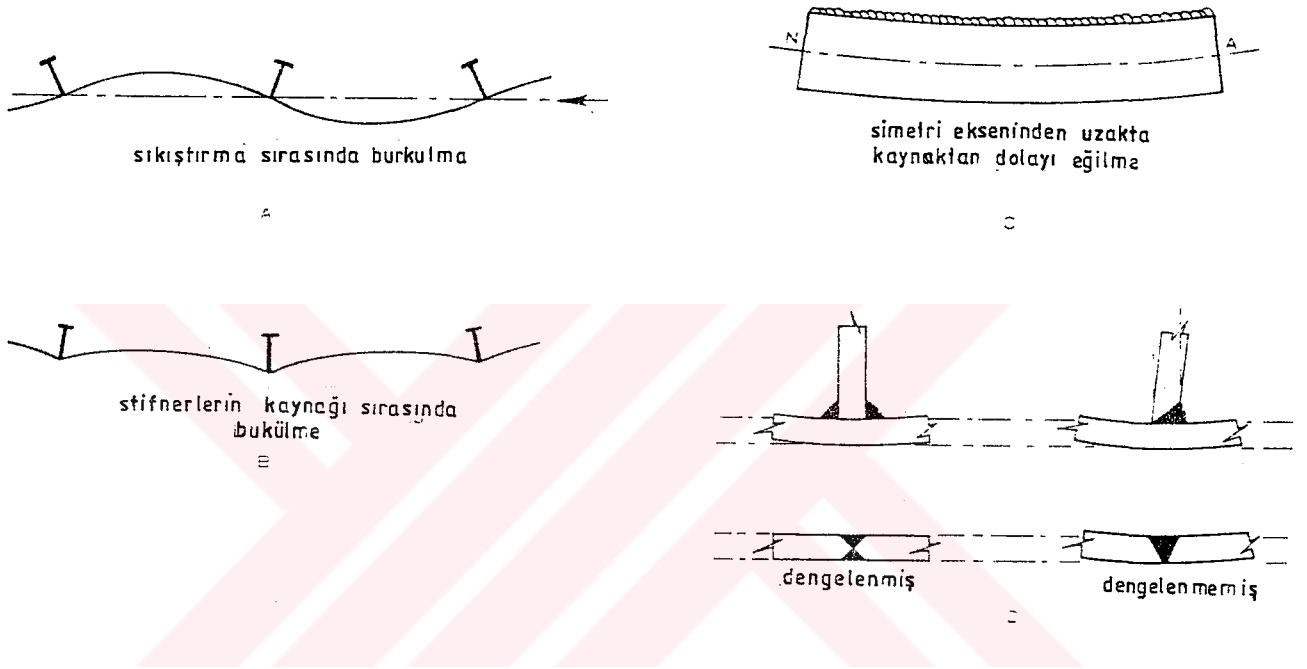


ŞEKİL: 3.1. İki Ucu Mesnetlenmiş Çelik Çubuğa Isı Tesiri.

Şekil 3.1.a'da iki rijit destek arasında tutulan bir metal çubuğu göstermektedir. Eğer bu çubuk ısıtılırsa tüm yönlerde genleşme isteyecektir. Fakat uzayamayacağı için genleşme diğer iki yönde gerçekleşecektir. Şekil 3.1.b'de orjinal boyutu noktalı göstererek bu durumu mukayeseli olarak göstermektedir. Çubuk soğuduğunda tüm yönlerde kısalır. Son boyutları öncekiyle kıyasla boyda daha kısa, kesit alanında daha geniş hale geldiği için aynı değildir veya Şekil 3.1.c'de gösterildiği gibi deforme olmuştur. Bu olay sınırlandırılmış bir çubuğun ısıtılması ile oluşur.

Distorsiyon kendini çekme ve meydana gelen deformasyondan sonraki denge halidir. Distorsiyon kaynak boyunca akma noktasında kendini çekme gerilmelerinin ve konstrüksiyondaki basma gerilmeleri nedeniyle ortaya çıkar. Eğer basma gerilmeleri büyük ise özellikle daha az mukavemetli olan ince levhalarda burkulma olarak kendini gösterir. Aynı zamanda kaynak boyunca kendini çekme oluşabilir ve bu kendini çekme kalıcı olabilir. Eğer kendini çekme gerilmeleri yapının nötr ekseninde değilse yapıda bükülme

meydana gelir. Eğer konstrüksiyonda çok fazla dengelenmemiş kaynak var ise veya uzun dar bir levhanın bir kenarı boyunca ısıtma yapılıyorsa distorsiyon oluşabilir (Şekil 3.2) [6].



ŞEKİL: 3.2. Lokal Kaynak Distorsiyonları.

Bundan başka, çelik levha yukarıda bahsedilen ısıtma kaynakları ile bölgesel olarak ısıtılırsa hem uzunluk hemde kalınlık yönünde sıcaklık gradyanları oluşur. Dolayısıyla levha uzamasında uniformluk bozulur ve plastik deformasyonla distorsiyon oluşur [7].

Bazen ilk bakışta hiç distorsiyon gözükmez fakat çelik malzemede kalan iç gerilmeler nedeniyle küçük bir ısı girdisinde distorsiyon oluşur. Eğer deformasyon çelik elemanın yüzeyinde oluşuyorsa bu durumda düzeltme söz

konusudur. Fakat iç gerilmeler olarak elemanın bünyesinde kalmışsa bu durumda yapabilecek işlemler farklıdır. Daha sonra iç gerilmeler ne zaman yüzeyde bir distorsiyon olarak belirirse uygun önlemlerin alınması gerekir. Bu çeşit distorsiyon geminin yaşam mahallerinde kullanılan ince levha yapısında ortaya çıkma eğilimindedir.

3.1.2. Dış Kuvvet İle Distorsiyon

Bu distorsiyon, gemi gövde bloklarının ve çelik elemanların taşınması, inşa edilmesi ve montaj işlemleri sırasında meydana gelir. Dış kuvvet ile distorsiyon, 3.1.1'de tanımlanan çelik elemanların uzamadan sonraki soğuma yoluyla büzülmesinden oluşur ve aşağıdaki çalışma aşamalarında meydana gelir:

- i- Gemi gövde bloklarının çevrilmesinde
- ii- Gemi gövde bloklarının depolanmasında (yanlış istifleme, yanlış düzenleme)
- iii- Gemi gövde bloklarının taşınmasında
- iv- Gemi gövde bloklarının inşaatında
- v- Çelik elemanların veya aletlerin düşmesi sonucu oluşan çökme ile
- vi- Omurga hattını taşıyıcı iskelelerin yanlış düzenlenmesinden dolayı gemi dibinde meydana gelen çökme ile,
- vii- Limanda indirme ve bindirme sırasında alınan darbelerle
- viii- Gemi dövünmesi gibi çalışma esnasında oluşan gerilmeler nedeniyle.

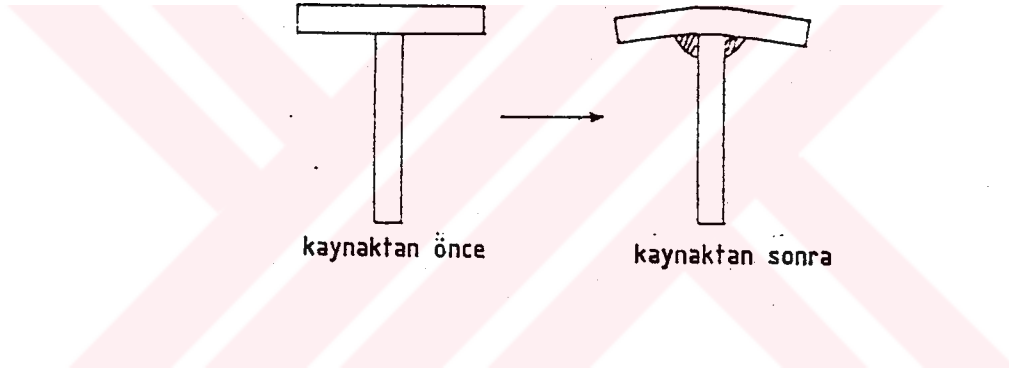
Distorsiyon oluşumun pekçok nedeni vardır. Distorsiyonun şekli çok düzensizdir ve distorsiyonun şekline göre gerekli önlemlerin alınması zorunludur.

3.1.3. Distorsiyonun Şekli

Isı etkisi sonucunda meydana gelen distorsiyon görünümlerine göre aşağıdaki gruplara ayrılır.

a)- Köşeli Deformasyon

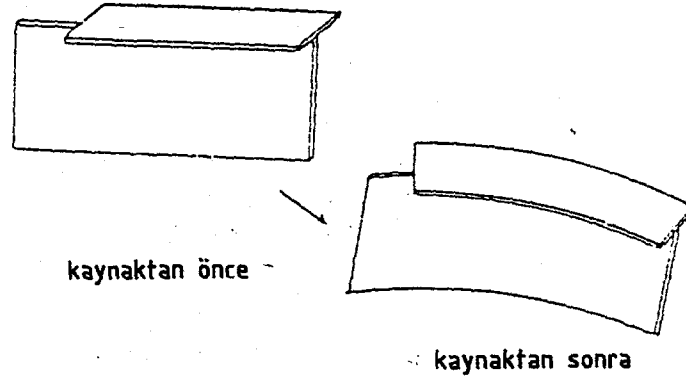
İç köşe kaynağı nedeniyle oluşan bu tip distorsiyon genellikle yüzey levhası içeren konstrüksiyon üzerinde, yani boylamasına imal edilmiş elemanlarda görünür(Şekil 3.3).



ŞEKİL: 3.3. Köşeli Deformasyon

b)- Eğrisel Deformasyon

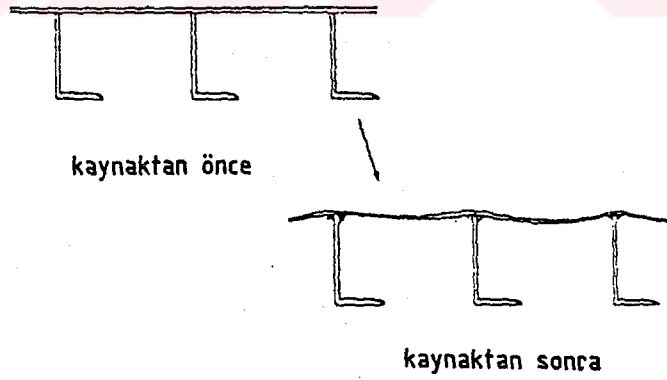
Bu tip deformasyon çelik elemanın bütününde görünür ve kaynak edilen parçalar arasındaki kendini çekme farklılığı ve yanlış kaynak sırasından meydana gelir.



ŞEKİL: 3.4. Eğrisel Deformasyon

c)- Panel Deformasyon

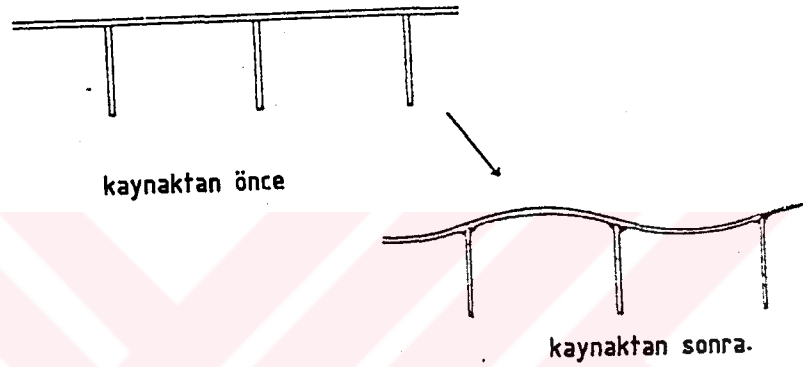
Bu tip distorsiyon iç köşe kaynağı yapılan yerlerde ortaya çıkar ve bütün gemi boyunca belirir.



ŞEKİL: 3.5. Panel Deformasyon

d)- Dalgalı Deformasyon

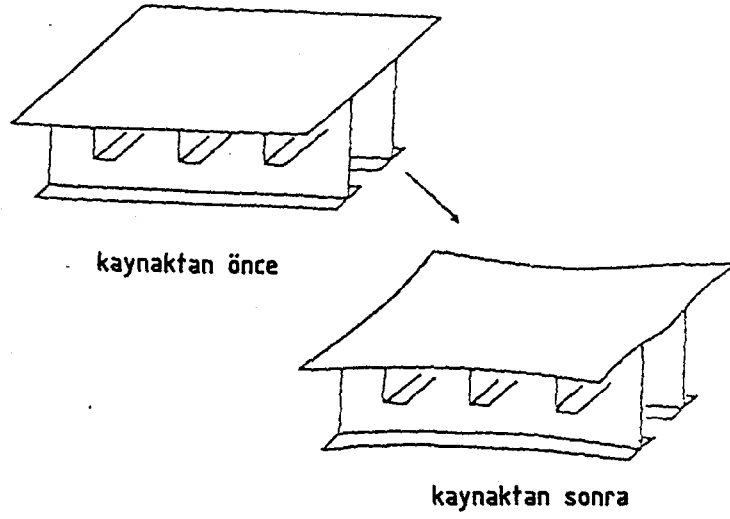
Bu distorsiyon, elik malzemenin ısıtılması sonucunda farklı kendini ekmelerin oluşması nedeniyle ortaya çıkar ve tüm tekne üzerinde belirme eğilimi vardır. Postalar üzerinde bükölme noktalarına sahip tümsek ve çukurlar gibi kendine has bir şekli vardır.



ŞEKİL: 3.6. Dalgalı Deformasyon

e)- Burulmalı Dönme

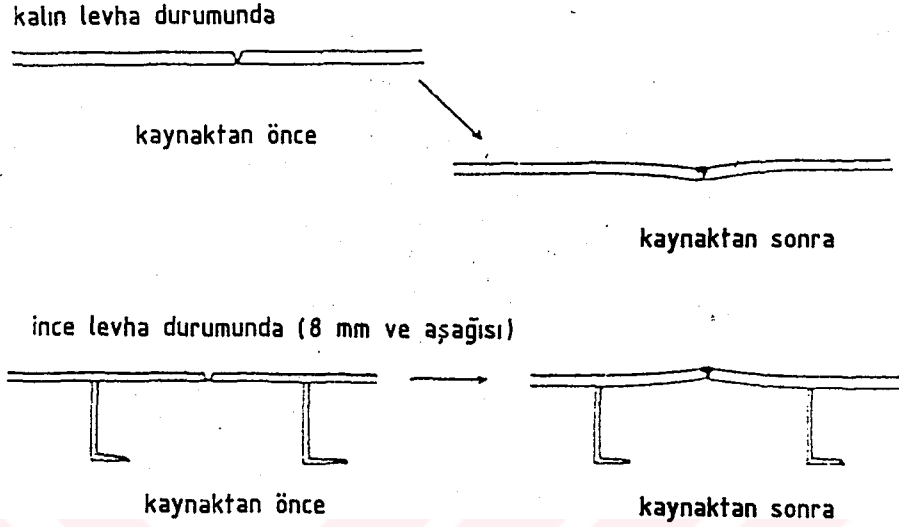
Bu tip distorsiyon, inşa safhasında, uygun olmayan kaynak sırası, hatalı jigler ve kusurlu tutuculardan dolayı ortaya çıkar.



ŞEKİL: 3.7. Burulmalı Dönme

f)- Bağumlu Deformasyon

Bu tip distorsiyon levhaların alın kaynağında görülür. Kaynak edilmiş kısmın kalınlık yönündeki kendini çekme farklılıklarından oluşur ve distorsiyonun miktarı levhanın rijitliğine bağlı olarak farklı olabilir. Kalın levhanın bağumlu deformasyonu nisbeten düz olabilir fakat daha ince levhalardaki ise yetersiz destekleme durumunda eğilmiş parçalar üzerinde görülebilir. Keskin bir distorsiyonu düzeltmek çok zordur ve bazen düzeltme distorsiyona uğramış kısmın kesilmesiyle yapılır [8].



ŞEKİL: 3.8. Boğumlu Deformasyon

3.2. Distorsiyonun Giderilmesi

Gemi sahiplerinin görüş ve reaksiyonlarını dikkate alarak çelik yapılarda distorsiyonun izin verilebilir limitini standartlaştırma veya tanımlama oldukça zordur. Bununla birlikte Tablo 3.1'de bazı ülke ve tersanelerin kalite standartları görülmektedir [9].

Distorsiyon giderilmesi yöntemleri aşağıda gösterildiği gibi sınıflandırılır.

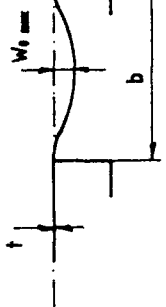
- 1- Isı etkisinin kullanımı
- 2- Dış kuvvet kullanımı
- 3- Yukarıdaki iki yöntemin birlikte kullanılması.

TABLO 3.1 DEĞİŞİK ÜLKE VE TERSANELERİN MÜSADE EDİLEN MAKSİMUM BOZULMA MİKTARI $W_{0, max}$ (mm) [9]

Ana yapı elemanları	Açıklama	Japonya		İsveç	Almanya	Amerika	Fransa	Polonya		
		JSQS No	Tolerans Sınırı					Gdansk Tersanesi	Gdynia Tersanesi	Szczecin Tersanesi
Kaplama Levhası	Pratel gövde	4	6	6	7-9 max	6,35-3,17	15	6	12-10	5-8
	Karina	4	6		7-11 max	6,35-3,17	15	8	12-10	6-9
	Baş-Kıç	5	7		7-9 max	6,35-3,17				
Cift dip tankı üst levhası		4	6	6	8-12 max		10-15	8	12-10	7-9
Perde		6	8	6	8-10 max	6,35	15	8	3-7	5-7
Mukavemet güvertesi	0,6 L ile pratel gövde arasındaki bölüm	4	6		6-10 max	6,35-3,17	10	7	12-10	4-8
	Baş-Kıç	6	9	6	6-10 max		10	7	12-10	4-8
	Kapalı güverte	7	9		9-10 max		7-14	12		6-12
İkinci güverte	Açık güverte	6	8		9	6,35-3,17	10	7	3-7	4-8
	Kapalı güverte	7	9		9	9,50-6,35	7-14	12	5-12	6-12
Baş bodoslama Kıç bodoslama	Açık güverte	4	6	6	6	6,35-3,17	8	7	3-7	4-8
	Kapalı güverte	7	9	10	9	9,50-6,35	7-14	12	5-12	6-12
Üst bina güvertesi	Açık güverte	4	6		6	6,35-3,17	8	7		4-8
	Kapalı güverte	7	9	10	9	9,50-6,35	7-14	12	12	6-12
Köprü güverte		5	7					7	3-7	4-8
Ölümen evi	Dış yüzey perdeleri	4	6	6	6	3,17	10	4	12	3
	İç yüzey perdeleri	4	6		6	6,15	10	5		3
	Kapalı güverte	7	9	10	8	9,50-6,35	15	10	10	8
İç bölmeler	Boyuna, enine elemanlar	5	7	6		3,17	10		3-7	
Cift dibin Flor ve görderleri		6	8	6		6,35-3,17	10-15		3-7	

NOT:

Müşade edilebilir bozulma



1. "Japanese Shipbuilding Quality Standard"-1975

2. "Verisstand"-1976

3. "Tiefungsstandard des Deutschen Schiffbaus"-1977

4. "U.S. Navy Navyship. 0900-000-1000 Fabrication Welding and Inspection of Ship Hull"-1969

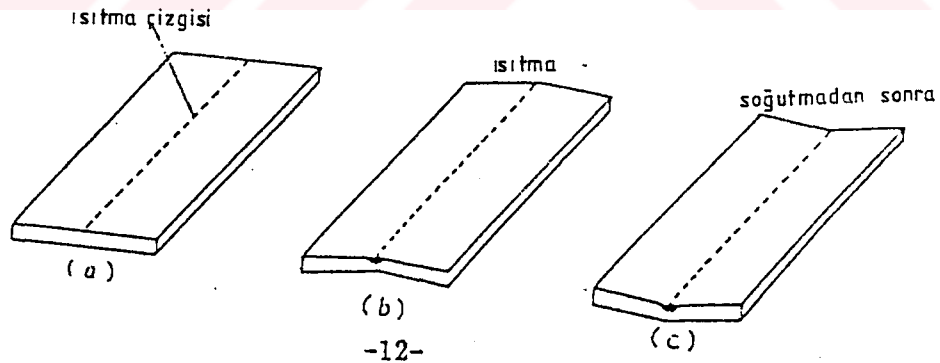
5. "Standards de qualite coque metallique"-1978

3.2.1. Isı Etkisinin Kullanımı

En çok kullanılan yöntemdir. Çeliğin ısıtılmasından sonra kendini çektiği bilinmektedir. Isı etkisinin kullanımında çelik malzemenin çok yüksek sıcaklığa kadar ısıtıldığı zaman özelliklerin değişiminden ve su ile soğutmadan birlikte yararlanılır. Distorsiyon giderilmesinde mümkün olduğu kadar ısı girdisinin düşük tutulması göz önüne alınmalıdır. Özellikle normalize edilmiş çelik ve yüksek mukavemetli çeliklerde, distorsiyon giderilmesinde çok dikkatli bir ısı kontrolü gereklidir.

3.2.1.1. Çizgisel Tavlama Yöntemi

Çizgisel tavlama yöntemi en çok kullanılan yöntemdir ve düzeltme işlemlerinin % 90'ından fazlası bu yöntemle yapılır. Çelik levha üzerindeki boğumlu deformasyon, bir doğrusal kaynak dikişi esnasında oluşur bu olayın meydana gelmesi aşağıda gösterildiği gibidir:

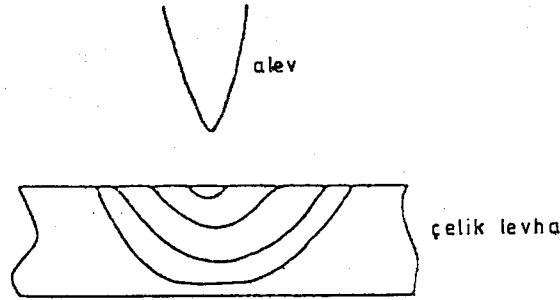


ŞEKİL: 3.9. Doğrusal Kaynak Sırasında Boğumlu Deformasyon Oluşumu.

Şekil 3.9.a'daki gibi çizgisel ısıtma sonucunda, Şekil 3.9.b.'deki deformasyon oluşur.

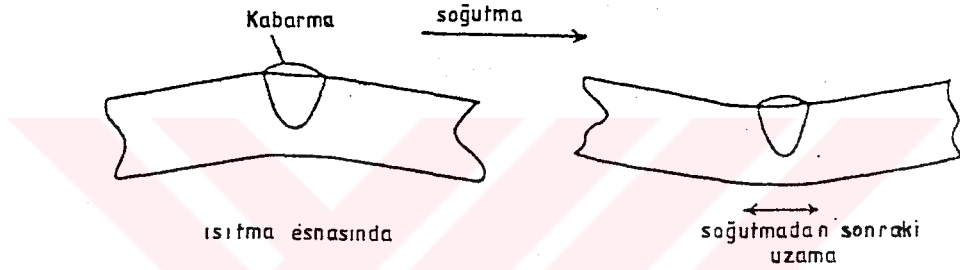
Bu durum çeliğin ısıtmadan sonra genişleme karakteri- ne sahip olduğunun gözönüne alınmasıyla kolaylıkla anla- şılabilir. Bir sonraki safhada, soğutmayla Şekil 3.9.c ortaya çıkar. Bu şaloma ile ısıtma sonucu oluşan bir plastik deformasyondur. Bu ısıtılmış kısmın dönüşümü dik- katli bir şekilde kontrol edilmeye çalışılmalıdır.

Şekil 3.10.'da gösterildiği gibi sıcaklık gradyanti çelik levha üzerinde şaloma ile nokta ısıtması sonucu be- lirir. Isınan yüzey üzerindeki sıcaklık değeri arka yü- zeyden daha yüksektir. ve ısının etkilediği bölge şekil 3.10'dan anlaşılacağı üzere ısıtılan kısımdan daha geniş- tir. Dolayısıyla ısıtılan yüzey kısmının uzaması diğer yüzeyden daha fazladır, böylece Şekil 3.9.b.'de görülen yüzeysel deformasyon her iki yüzey arasındaki uzama fark- lılıklarından oluşur [10].



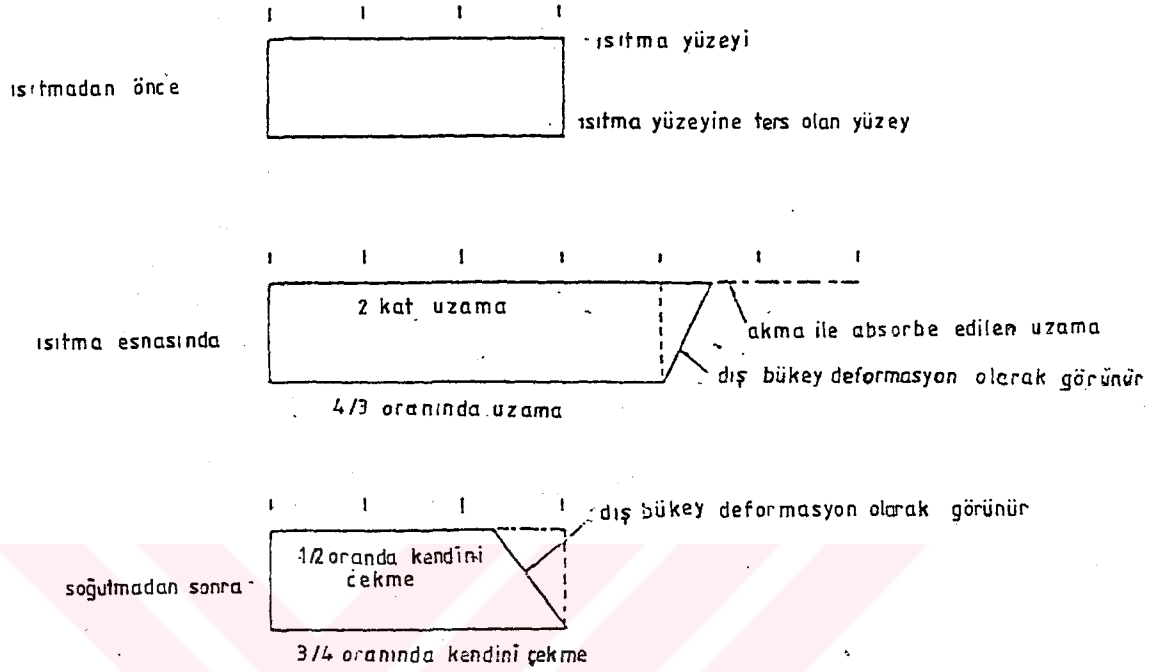
ŞEKİL: 3.10. Isıtılan Levhada Sıcaklık Dağılımı.

Levhanın iki yüzeyindeki uzamaların farkı, bir dereceye kadar yüzeydeki deformasyon ile absorbe edilir. Ancak tamamı yalnızca yüzeysel deformasyon tarafından absorbe edilemez. Çünkü çelik rijiditesi vardır. Uzama farkının kalan kısmı çelik plaka yüzeyinin plastik deformasyona uğramış ve şişmiş kısmı tarafından absorbe edilir. Bu olay daha çok yüksek sıcaklıklarda çeliğin akma noktasının düşmesiyle desteklenebilir.



ŞEKİL:.3.11. Kaynaktan Sonra Kabaran Kısımın Soğutulması Hali.

Bir sonraki safha soğutmada, yukarıda Şekil 3.11'de görülen dönüşüm oluşur. Yani kabaran kısım soğutma ile ısıtılmadan önceki duruma dönmez, sonra levhanın boğumlanmış deformasyonu ısıtılan yüzeyin kenar kısmındaki alanın azlığının bir sonucu olarak belirir. Bu aşağıda Şekil 3.12'de gösterildiği gibidir.

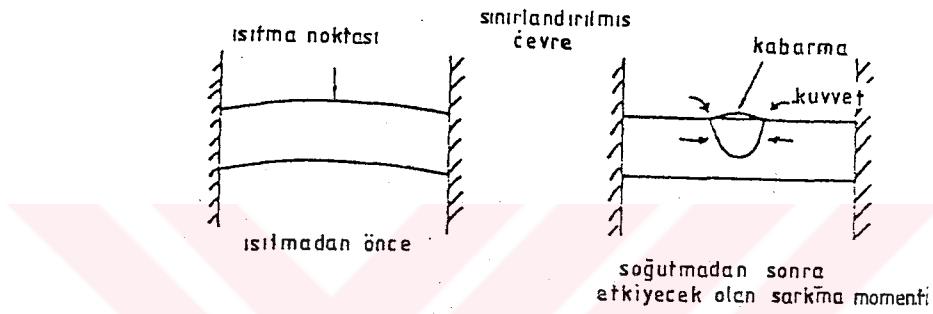


ŞEKİL: .3.12. Çelik Levhanın Isıtma İşleminden Sonraki Durumu.

Yani soğutmadan sonra boğumlu deformasyonun miktarına, sıcaklık farkı ile oluşan uzama farklılığının absorpsiyonunun deformasyona uğrayan kısmı yerine (akma ile oluşan) kabarmanın işgal edilmiş kısmı ile karar verilir.

Bu yüzden, eğer hiç kabarma kısmı yoksa boğumlu deformasyon oluşmaz. Ayrıca soğutmada kendini çekme kuvveti ile levhanın arka yüzeyinde oluşan uzama olayına da dikkat edilmelidir. Bu olay distorsiyonun ortadan kaldırılmasıdır. Sınırlanmış uç şartlarında çelik parçanın çizgisel ısıtılmasıyla dönüşümü yukarıda açıklanmaktadır. Fakat gemi gövde yapısı gibi üç boyutlu levha yapısında belirli sınır şartlarının olduğu söylenebilir. Bu durum için distorsiyonun nasıl giderileceği ayrıca açıklanacaktır.

Her yapısal elemandaki farklılığın giderilmesi ile gemi gövdesinin distorsiyonunun yok olacağı tabiidir. Büzülme farklılığını yok etmek ve distorsiyonu gidermek için, bu yöntemle daha az kendini çeken kısım büzüştürülür. Kendi çekmiş olan kısmın uzamasıyla distorsiyonun giderilmesi mümkündür, fakat dış kuvvet uygulanması kısmında açıklandığı gibi zahmetli ve az verimlidir.



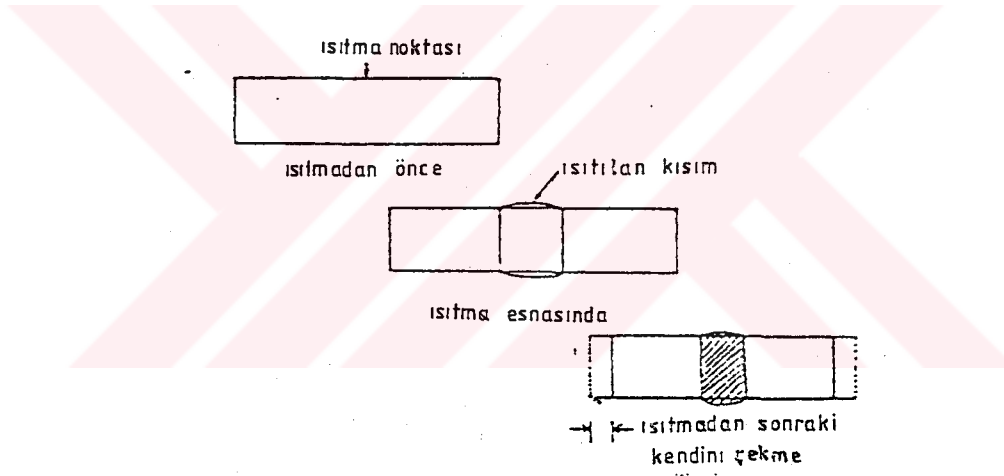
ŞEKİL: 3.13. Belirli Çevre Şartlarında Çelik Levhanın Isıl İşlemi.

Yukarıda Şekil 3.13'den de görüldüğü gibi levha belirli çevre şartlarında ısıtıldığı zaman, kabarma yukarıda belirtilen işlemle ortaya çıkar. Soğutmadan sonra çekilme farklılığı levha yüzeyindeki kabaran kısmın hacmine karşılık gelen büzülme ile giderilir. Belirli çevre şartına bağlı olarak, hafif bir boğumlu deformasyondan fazlası belirmez ve okla işaretlenmiş yönlerin sarkma momenti devreye girer. Bu moment ani distorsiyon düzeltmesi için dış kuvvetle kazanılan benzer etkiyi yaratmak için ve çizgisel tavlamanın tekrarlanması ile büyük değerlere ulaşır. Bu düzeltme veriminin geliştirilmesi üzerine önemli bir etkiye sahiptir [11].

İlave olarak, ısıtma ve soğutma sonucunda oluşan boğumlu deformasyon ve kabarma miktarı çok küçüktür ve bir bakışta görülmez. Bundan sonra bitirilmiş yüzey çok düzgündür ve aşağıda tanımlandığı üzere noktasal tavlama ile elde edilen sonuçlardan farklıdır. Bu, düzeltme işleminde işlem boyunca akılda tutulması gerekli olan temel bir uygulamadır.

3.2.1.2. Noktasal Tavlama Yöntemi

Noktasal tavlama, ısıtma yöntemlerinden biridir ve çelik levhanın tamamı da yöntemle ısıtılır.



ŞEKİL: 3.14. Çelik Levhanın Noktasal Tavlanması

Yukarıda Şekil 3.14'de gösterildiği üzere levha bütün kalınlığı boyunca tavllanır ve tavlanan yüzey ve ters yüzünde bu yöntemle şişkinlik oluşturulur. Bu yöntemde kendini çekme kuvveti yukarıda gösterildiği gibi çizgisel tavlama yönteminden farklı olarak okla işaretlenmiş yöndedir. Daha önceleri düzeltme işi hemen hemen sadece bu

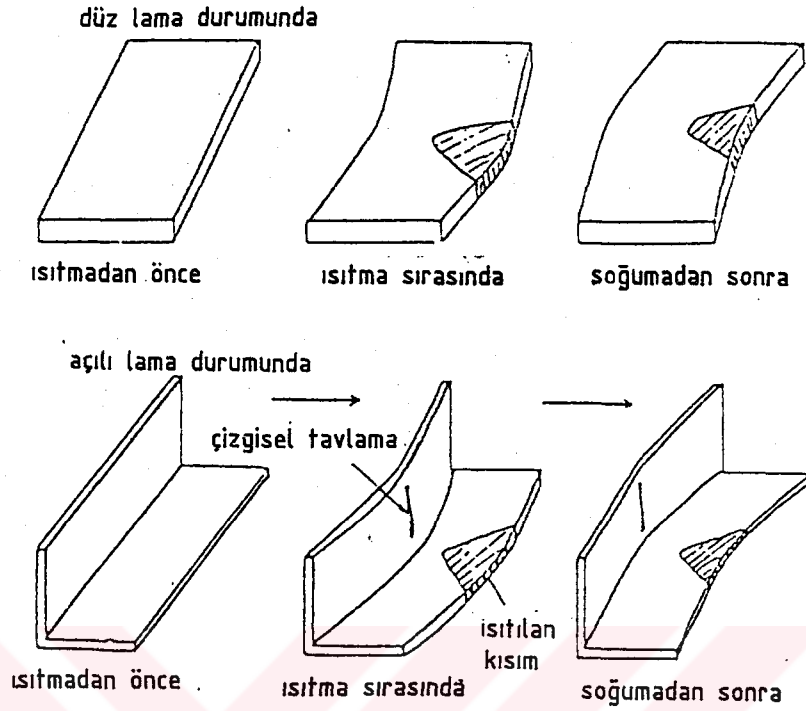
yöntemle yürütülürdü fakat günümüzde ince levhaların düzeltilmesi dışında çok seyrek olarak uygulanmaktadır. Bunun sebebi aşağıda karşılaştırma tablosunda (Tablo 3.2) görülmektedir.ve bu yöntemin en zayıf noktası kendini çekme kuvvetinin çok büyük olmasından dolayı birbirine komşu parçaların birbirine etkimesi eğilimi olmasıdır. Diğer bir deyişle, iyi dengelenmiş bir düzeltme işini yürütmek zordur ve iç gerilmelerin oluşumu tehlikesi altındadır.

TABLO: 3.2. Çizgisel Tavlama İle Noktasal Tavlama Yöntemlerinin Karşılaştırması.

	Çizgisel Tavlama	Noktasal Tavlama
Kendini çekme kuvveti	Küçük	Büyük
Yüzey	İyi	Yanma işaretleri var
Isıtma sıcaklığı	Düşük	Yüksek
Teknik	Kolay	Zor
Hafif Çekiçleme	Gereksiz	Gerekli
Distorsiyon Etkileşmesi	Nadir	Sık sık

3.2.1.3. Üçgen Tavlama Yöntemi

Bu yöntem düzgün ve açılı lamaların eğilmesinde ve düzeltilmesinde uygulanır. Aşağıda Şekil 3.15'de bu yöntemin uygulanışı gösterilmektedir.

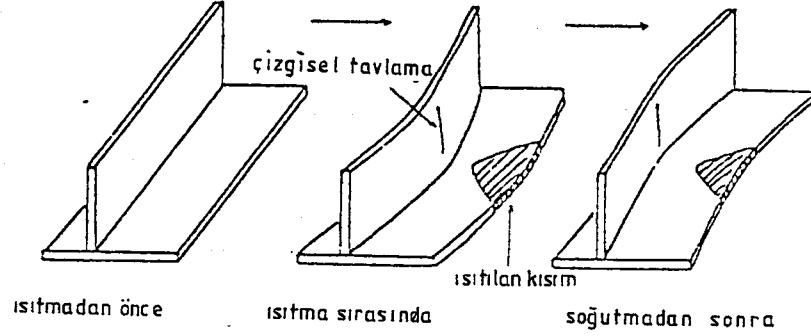


ŞEKİL: 3.15. Üçgen Tavlama Yöntemi Uygulama Biçimi

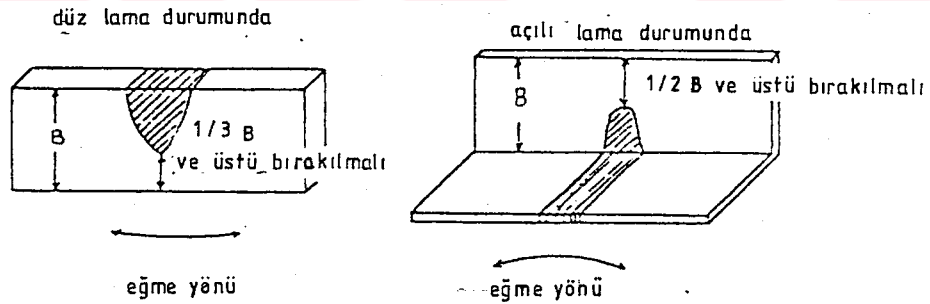
Çelik bir lamanın eğilmesinde levha üçgen bir şekilde bütün kalınlığı boyunca tavllanır, üçgenin tabanı olarak içeri doğru olan kısım ve tümsek olan kısım Şekil 3.16'da gösterildiği gibi köşe biçimindedir. Üçgenin dikey kenarının uzunluğu levha genişliğinin yaklaşık 2/3'ünü aşarsa, eğilme halinde daha az etkiye sahiptir ve ayrıca iç gerilmeler nedeniyle ters yönde eğilme ihtimali de vardır.

Üçgen tavlama yöntemi ayrıca konstrüksiyondaki çerçevelerin düzeltilmesinde kullanılır. Hem levhalar hem de çerçeve deforme olduğu zaman aşağıda anlatılanların gözönünde bulundurulması gerekir. Öncelikle levhaların

distorsiyonu bir dereceye kadar giderilmeli sonra çerçevenin düzeltilmesi yapılmalıdır. Eğer yapılamıyorsa çoğu zaman çerçevenin distorsiyonunu gidermek zordur.



ŞEKİL: 3.16. Çelik Lamanın Isı Tesiriyle Deformasyonu

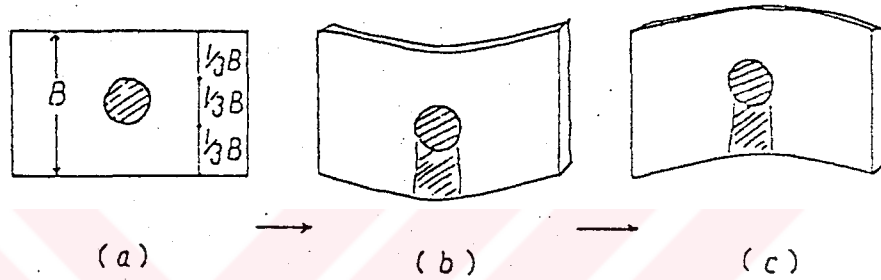


ŞEKİL: 3.17. Çelik Lamaya Üçgen Tavlama Uygulanması

Çerçeveler yapısal deformasyonlara karşı levhalardan daha kuvvetlidir. Ancak buna çok güvenilirse levhalardan önce çerçevelerin ısıtılması ile düzeltme işlemi başarısızlığa

uğrar. Eğer sınır şartları elverişliyse ayrıca üçgen tavlama ile birlikte dış kuvvet kullanımına baş vurulabilir.

Üçgen tavlama yöntemini daha etkili yapmak için bazı durumlarda aşırı ısıtma yöntemi gerekir. Bu yöntem olumlu etkilere sahiptir ve özellikle dış kuvvetin ve/veya su ile soğutmanın olmadığı yerlerde etkilidir.



ŞEKİL: 3.18. Aşırı Isıtma Yöntemi.

- Şekil 3.18.'de gösterildiği üzere,
- a)- Isıtılacak parçanın merkez kısmı yuvarlak şekilde ısıtıldıktan sonra, bir süre için bir dereceye kadar soğutulur.
 - b)- Parçanın içeriye doğru giren kısmı soğumadan önce ısıtılır.
 - c)- Soğutma yapılır.

Bu yöntemle kendini çekme kuvveti parçanın merkezinde oluşturulur. Bu kendini çekme kuvvetinin ilerlemesi sırasında içeriye doğru giren kısmın ısıtılmasıyla kabarma miktarı maksimum yapılır.

3.2.1.4. "Red-Hot" Tavlama Yöntemi

Bu yöntem aşırı deformasyon olan yerlerin düzeltilmesi için uygulanır ve daha önce anlatılan çizgisel tavlama yönteminden farklıdır. Darbe ile oluşmuş aşırı çökme gibi deformasyonlar çizgisel tavlama yöntemi ile düzeltilemez.

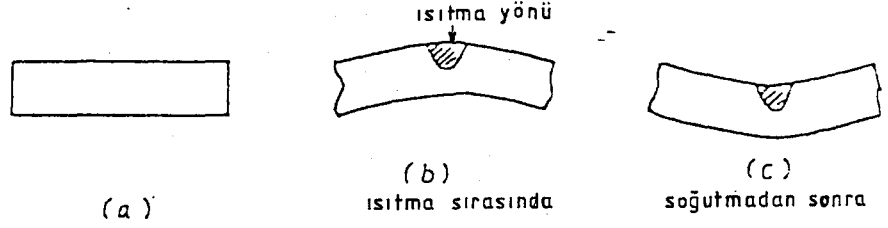
Çökmüş kısım "red-hot" tavlama yöntemi ile ısıtılır ve çeliğin yumuşaması esnasında dış kuvvet yoluyla düzeltilir. Deformasyonun büyüklüğü ve yerine bağlı olarak çalışma işlemi farklıdır. Çelik elemanların bu yöntem ile deformasyona eğilimli olduğuna dikkat etmek gerekir. Isıtılan kısma demir çekiç gibi aletlerin direk temasını önlemek gerekir.

Distorsiyon giderilmesi işleminin temel teorileri yukarıda açıklanmaktadır ve verimli bir şekilde iyi bir görünüş elde etmek için tavlama yöntemlerinin kombinasyonunda göz önüne alınarak uygun tedbirlerin alınması gereklidir.

3.2.1.5. Soğutma

Çizgisel tavlama yönteminde anlatıldığı üzere çelik levha yüzeyinde kabarma oluşturma için sıcaklık farklılığı gereklidir.

Düzeltilme için ısıtılmış çelik levhanın dönüşümünü yeniden inceleyerek ısıtılan yüzey kısmı üzerinde içbükey bir formun meydana geldiği safha Şekil 3.19.'daki gibidir.

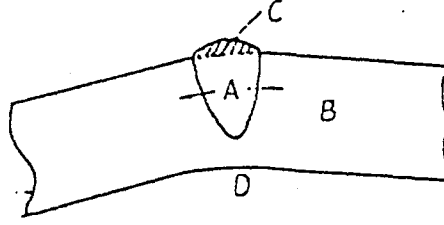


ŞEKİL: 3.19. Isıtılan Yüzeyde İç Bükey Formun Meydana Gelmesi.

Yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi Şekil 3.19.c.'deki safhada tekrar ısıtmayla çelik levha daha fazla genişler ve yüzeydeki deformasyon daha büyük olur. Bununla birlikte bu şekildeki tekrarlamalı ısıtmanın sonucunda levha kalınlığı yönünde sıcaklık farklılığı azalır ve iç bükey deformasyonu için gerekli kuvvet kaybolur. Aynı zamanda çeliğin rijitliği azalır ve plastik deformasyon meydana gelir. Sonra Şekil 3.19.c.'deki durumu, beklentilerin doğrultusunda soğutma ile elde edilemeyebilir.

Bundan dolayı, belirli bir derecede eğim elde etmek için dikkatlice Şekil 3.19.b'den c'ye işlemin tekrarı zorunludur. Çelik levhada (b) safhasında oluşan iç bükey deformasyonu azaltmak için ısıtmadan hemen sonra soğutma gereklidir.

Düzeltilme işleminin iyi veya kötü verimliliği, çizgisel tavlama anlatıldığı üzere Şekil 3.20'de, C'de gösterilen kabarma miktarının küçük veya büyük olmasına bağlıdır. Kabarma miktarını arttırmak için, ısıtma noktası ile bunun sınırı arasındaki sıcaklık farkını arttırmak gereklidir.



ŞEKİL: 3.20. Çizgisel Tavlama Parçada Kabarma

Çizgisel tavlama üç yönlerdeki sıcaklık farklılığı aşağıda anlatıldığı gibi meydana gelir:

i)- Levha genişliği yönündeki sıcaklık farklılığı:

Daha önce bahsedildiği üzere Şekil 3.20'deki A kısmının genişlemesiyle C kısmı büyür. A ve B kısımları arasındaki ilişkiden, genişleme sebebiyle çelik levhadaki yüzey deformasyonu okla işaretli yönlerde meydana gelir. Bu şekilde deformasyon ve çelik levhanın rijitliği dengelenir. Genellikle B kısmı ayrıca ısı iletimi ile de ısınır ve üfleç alevi dolayısıyla C kısmındaki kabarma hızı azalır. Bu yüzden ısıtma etkisini arttırmak için A ve B kısımları arasındaki sıcaklık farkını artırmak ve aynı anda A kısmının uzunluğunu mümkün olduğunca sınırlamak gerekir. Bunun üzerine soğutma yapmak gerekliliği oluşur ve bu nedenle uygun bir soğutma tekniği uygulanmalıdır.

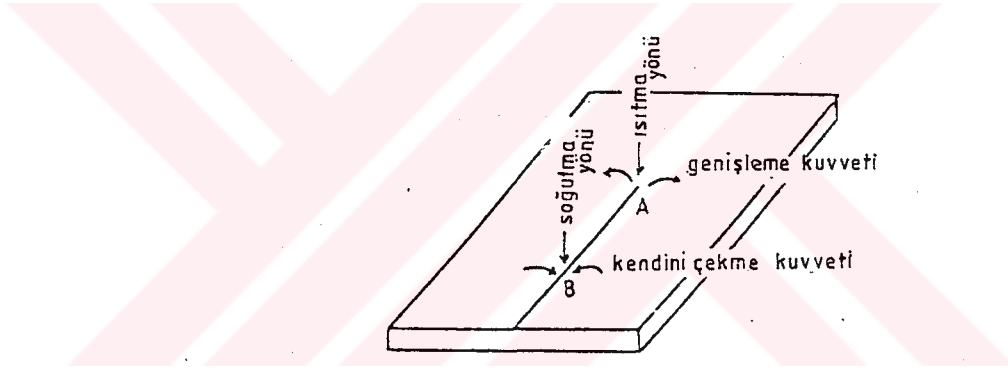
ii)- Levha kalınlığı yönündeki sıcaklık farkı:

Yukarıdakine benzer bir işlem levha kalınlığı yönündeki sıcaklık farklılığına ve genişlemeye de uygulanır. Yani Şekil 3. 20'deki D kısım genişlemesi daha az olduğu

zaman, iç bükey deformasyon ısıtma ile azalır. Sonra A kısmının ısıtılması ile oluşan genişleme çelik yüzeyindeki kabarma ile absorbe edilir.

iii)- Isınmanın ilerlediği yöndeki sıcaklık farklılığı:

Şekil 3.21'de gösterildiği üzere okla gösterilen yönde A noktasında(ısıtma noktasına yakın)çökme momenti, B noktasında(soğutma noktasına yakın)sarkma momenti meydana gelir. Yani A noktası yakınında çökme momenti B noktası yakınındaki sarkma momenti ile karşılanır ve ısıtmadan dolayı oluşan kabarmaya karşı iyi sonuç verir.



ŞEKİL: 3.21. Çökme ve Kendini Çekme Momentlerinin Meydana Gelmesi

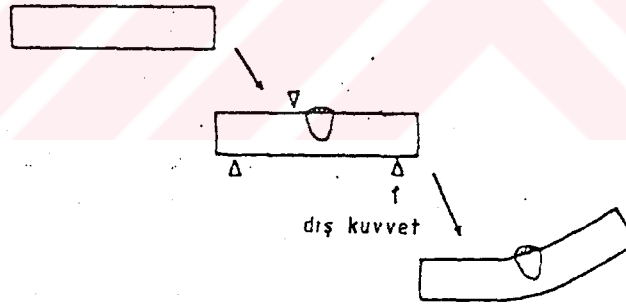
Soğutma prensibi yukarıda tanımlandığı gibidir. Sonuç olarak ısıtma noktası hariç sıcaklık ne kadar düşükse verimlilik o kadar iyi olacaktır. Isıtma etkisini arttırmak için yalnızca tavlama yöntemini değil soğutma yöntemini de incelemek ve sıcaklık farklılığını mümkün olduğunca artırmak için çaba sarfetmek gereklidir.

Genelde, suyun ucuz ve kolay temin edilmesi, buharlaşmasında oldukça büyük ısı çıkması nedeniyle su ile soğutma etkili bir soğutma yöntemi olarak kullanılır.

3.2.3. Dış Kuvvet Kullanımı

Çizgisel tavlama ile birlikte uygun fiziki aletler kullanılarak deformasyonları düzeltmede dış kuvvet tatbik edilir.

Daha önce açıklandığı üzere ısıtılan çelik levha üzerinde, ısıtılan yüzey tarafında kabarma şeklinde deformasyon meydana gelir. Bu beklenen boğumlu deformasyona karşı ters deformasyondur. Bu nedenle dış kuvvet, deformasyonu sınırlamak için kullanıldığında, aşağıda Şekil 3.22'de gösterdiği gibi bir dönüşüm olur.



ŞEKİL: 3.22..Dış kuvvetin Etkisi

Sıcaklık farkı ile oluşan tüm uzama farklılığı çelik levhadaki kabarma ile absorbe edilir ve kabarmanın miktarı dış kuvvetin kullanılmadığı durumdan daha fazladır. Diğer bir deyişle, aynı miktardaki kabarma dış kuvvetin kullanımı ile daha az ısı girdisiyle elde edilir. Dolayısıyla komşu kısımların neden olduğu distorsiyon azaltılır ve çelik malzemenin deformasyonu önlenir.

Dış kuvvetin kullanılmasını gerektiren örnekler aşağıda verilmiştir:

i)- Darbe etkisi ile çökme

Bu tip deformasyonlar sadece çizgisel tavlama ile düzeltilemez. Bu durumda çökmüş kısım dış kuvvetle kontrol altında ısıtılır, sonra deformasyon düşük rijidite koşulu altında düzeltilir. Bu durum, temelde çizgisel tavlama yönteminden farklıdır. Soğutmanın zamanlaması ve yanlış uygulanmasından kaçınmak gerekir. Ayrıca düzeltme işleminden sonra komşu çelik elemanlar sebebiyle oluşacak distorsiyon kontrol edilmelidir.

ii)- Eğilmiş kısmın distorsiyonu

Çelik levhanın "Red-Hot" tavlama yöntemi ile büzülmesi olağındır. Fakat "Red-Hot" tavlama yöntemi eğilmiş kısmın düzeltilmesi için uygulanır ve soğutmadan sonra çelik levhanın dövülmesi gereklidir. Çekişleme yada "Red Hot" tavlama yönteminden birinin kullanılması durumunda büyük bir kuvvet gereklidir.

3.3. Isı Etkisi Kullanımı İle Distorsiyon Giderilmesi Uygulamaları

3.3.1. Isıtma İşlemi Prensipleri

Bir ısıtma ekipmanı ile bir çelik levhanın ısıtılmasında levhaya verilen ısı girişi alev nozulu yüksekliği, alev nozulu büyüklüğü ve ısıtıcı nozul hızına bağlıdır. Bunlara ilave olarak ısıtma çizgilerinin uzunluğu, yeri ve yönü, ısıtma ve soğutma ile düzeltme işleminde göz önüne alınmalıdır.

3.3.1.1. Alevin Ayarlanması

Oksijenin asetilene karışım oranı 1-1,5'tur. Ateşlemede bir alev nozulundan fışkırtılan karışık gazla patlatılır ve ayarlanmış standart alev çok yaygın olarak eğmedeki ön ısıtmada, kaynak ve kesmede kullanılır. Karışım oranlarına göre alevler aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

- a)- Karbürleyici alev
- b)- Nötral alev
- c)- Redükleyici alev

- a)- Karbürleyici alev

Eğer ateşleme yalnız asetilen valfinin açık olduğu durumda yapılırsa, 1- alev zayıf ve ince uzundur ve tamamıyla kırmızı-sarı, parlaktır, 2- alev ucu sönüktür ve kara yağlı bir duman çıkarır.

Bu yüzden oksijen valfini açıp oksijen vererek bu yağlı duman önlenir. Oksijen valfinin fazla açılması patlama sesine ve ateş sıçramasına neden olur ve sonra kuvvetli bir alevleme meydana gelir. Bundan sonra yavaş yavaş oksijen vererek,

- 1- Alev kırmızı-sarıdan hafif bir maviye dönüşür ve keskin parlaklık oluşur.
- 2- Alevin üstü yakınsak olur.
- 3- Oksijen valfinin daha fazla açılması Şekil 3.23' de görüldüğü alev çıkmasına neden olur.



ŞEKİL: 3.23. Oksijen valfinin Fazla Açılması Halinde Alev Şekli

Bu şekilde ortaya çıkan alev, karbürleyici alev olarak adlandırılır. Alevin çekirdiği çevresinde oluşan bu soluk kısım asetilen konisi olarak adlandırılır ve asetilen gazı asetilen konisinin uzunluğunun alev göbeğinden daha öteye gitmesi daha fazla asetilen verilmesi ile olur. Bu durumda,

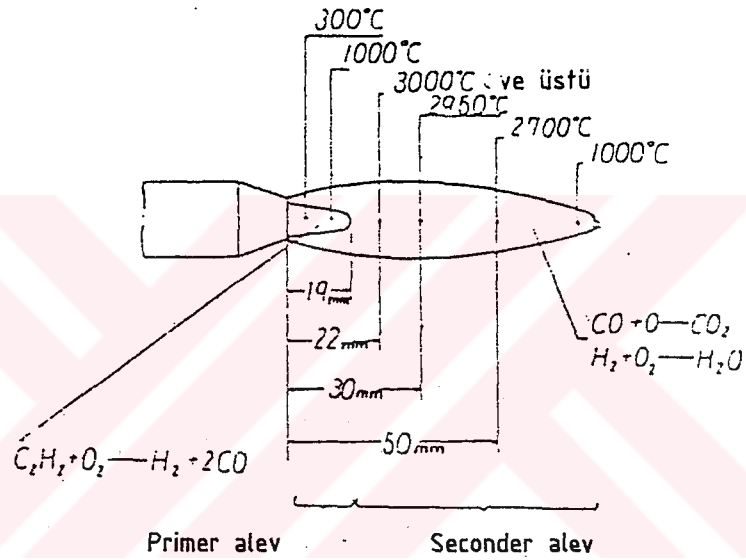
- 1- Alevin ucu griye dönüşür ve beyaz parlaklık yavaş yavaş alev nozulunda yakınsak olur.
- 2- Alev genel olarak yoğun ve kısa olur.

b)-Nötral (standart) alev

Karbürleyici alev durumunda, daha fazla verilen oksijen asetilen konisini küçültür ve temiz bir beyaz parlaklığa dönüşür (nozulun sonunda alev çekirdiğine dönüşür). Alev çekirdeğinin uzunluğu asetilen basıncı ve alev nozuluna bağlıdır ve yaklaşık 10-20 mm'dir. Açıkça alev çekirdeğinin görüldüğü alevin durumuna nötral alev denir. Çalışma bu alev durumu altında yapılır. Karakteristikleri şunlardır:

- 1- Alev çekirdiği yakınsak, beyaz mavidir.
- 2- Alev çekirdiği hariç diğer kısım yakınsak, gridir
- 3- Alev güçlü ve kararlıdır.

Aşağıdaki Şekil 3.24' nütrel alevdeki sıcaklık dağılımını göstermektedir.



Alev nozulu	1.9 mm
Gaz ve oksijen tüketimi	600 - 800 lit./hr
Gaz püskürtme hızı	130 m/sec

ŞEKİL: 3.24. Nötral Alevde Sıcaklık Dağılımı.

Primer alev, verilen oksijenle yanan asetilenden çıkan hidrojen ve karbonmonoksitten oluşmaktadır. Sekonder alev, havadaki oksijen ile yanan karbonmonoksit ve hidrojenlerden oluşan buhar ve karbondioksitten oluşur.

c)- Oksijeni fazla alev (Redükleyici alev)

Nötral alev durumunda daha fazla verilen oksijen, alevi kaba yapar ve yanmanın gürültülerle, dağınık bir alev ucu olmasına sebep olur. Alev çekirdiği keskin uçlu hafif pembe olur. Bu oksijeni fazla veya redükleyici alev olarak isimlendirilir. Bu alev durumunda,

- 1- Alev çekirdeği standart aleve kıyasla daha kısa olur ve ucu daha keskin olmaya meyillidir.
- 2- Alev uçta kısa ve dağınık olur
- 3- Alev yumuşak gözükmemektedir fakat tamamıyla sıkkındır.

3.3.1.2. Isıtma Hızı, Alev Nozul Büyüklüğü ve Levha Kalınlığı Arasındaki İlişki

Düzeltililecek olan levhanın kalınlığı, geminin büyüklüğü ve yapısına göre bir çok türde sınıflandırılabilir. Bu yüzden sadece bir tip alev nozulu kullanmak iyi verimlilik ve temiz yüzey sağlamaz ve değişik tiplerde alev nozullarının kullanılması gereklidir. Levha kalınlığı, alev nozulu büyüklüğü ve ısıtma hızı arasındaki ilişki Tablo 3.3'de verilmiştir.

TABLO: 3.3. Levha Kalınlığı, Alev Nozulu ve Isıtma Hızı Arasındaki İlişki.

LEVHA KALINLIĞI (mm)	ALEV NOZULU (lit./h)	ISITMA HIZI (mm/min)
3 - 4.5	500	800 - 1,500
5 - 8	1,000	700 - 1,000
9 - 12.7	1,600	500 - 1,000
13 - 16	2,000	400 - 800
17 - 22	2,500	350 - 800
23 - 28	3,150	300 - 600
29 -	3,500 ve üstü	250 - 500

Isıtma noktasında gelik levhanın değişmesine karşı gelen uygun ısıtmayı yürütmek için, birkaç nokta değişiklikleri gözlemek için ısıtılmalı ve sonra ısıtma hızı, başlangıç noktası ve diğer gerekli şeyler planlanmalıdır.

Örnek olarak, basma gerilmesi altındaki distorsiyon sıradan gözüксе bile dikkatsizce ısıtmayla rijitliğin bozulması nedeniyle ısıtılan noktada ani bir kırılmaya neden olur. Ne kadar fazla nokta ısıtılsa o kadar çok yoğun gerilmeler oluşur ve daha dikkatli işlem yapılması gerekir.

Bu tür problemlerin azaltılması için aşağıdaki hususların göz önüne alınması gerekir.

a)- Distorsiyon giderme işlemi belirli bir alan ile iş parçasına genişçe yapılmalıdır yani sondan itibaren birer birer düzeltme yapmaktan kaçınılmalıdır.

Distorsiyon giderme işlemi yaklaşık 10-15 m²'lik bir birim ile tamamıyla yapılacaksa, ısıtma ile oluşan büzülme iç gerilmeleri dağıtır ve distorsiyonun azalması ve dengelenmiş durum ile sonuçlanır.

b)- Başlagınçta çok güçlü bir ısıtmadan kaçınılmalıdır. Meydana gelen distorsiyonun özelliklerinin saptanması zor olduğundan, basit görünse bile geçmişte kazanılan deneyimler kullanılarak ısıtma yapılması önemlidir.

c)- İlk olarak ters taraftan ısıtma yapılmalıdır. Kaynak ile oluşan boğumlu deformasyonu önlemek için ters taraftan ısıtma distorsiyon gidermede ilk adım olarak yapılmalıdır.

3.3.1.3. Alev Nozulunun Yüksekliği

Alev sıcaklık dağılımından anlaşılacağı üzere, en etkili nozul yüksekliği, en yüksek sıcaklık bölgesinin elde edildiği alev çekirdiğinin ucundan itibaren 3-10mm mesafede meydana gelir. Ayrıca alev şeklinin gösterdiği üzere alev nozulu iş parçasından ne kadar uzaksa, alev o kadar büyüyecektir. Bu durumda çizgisel tavlama gereklili olan bölgesel ısıtma daha zor elde edilir.

Bu nedenle özellikle ince bir levhada, alev nozuluna çok uzak tutmak, hızlı ısıtma halinde bile daha az etkilidir. Çünkü daire çevresinde sıcaklık farklılığı güç elde edilir.

Kalın levha durumunda, tersinden ısıtılan yüzey aşırı ısıtılmış ve alev nozulunu iş parçasına yaklaştırarak, levha kalınlığı yönünde uygun bir ısınma tamamlanmadan önce erimeye başlar. Bu yüzden hızlandırılmış ısıtma gereklidir bu da daha az etkili ısınma anlamına gelir.

Özellikle, "Red-Hot" tavlama yapılan çökmüş kısmın düzeltilmesinde alev nozulu iç parçasına yakın olarak tatbik edilemez. Alev nozulunun hareketi ile alev çekirdeğinin çelik levhaya teması ile meydana gelecek tahribatin gözönüne alınması gerekir. Çelik levha kalınlığı ile alev nozulu mesafesi arasındaki ilişki ile ilgili standart Tablo 3.4'de gösterilmektedir.

TABLO: 3.4. Levha Kalınlığı ve Alev Nozulu Mesafesi Arasındaki İlişki

Levha Kalınlığı (mm)	Aralık (mm)
3 - 4.5	-2 - 0
6 - 8	0
10 - 14	0 - 3
16 - 22	3 - 4
24 - 28	4 - 5
30 -	6 - 10

3.3.1.4. Üfleç Pozisyonu ve Isıtma Çizgilerinin Yönü

Distorsiyon oluşumunun nedeni açık değildir ve iç gerilmelerin elastik veya plastik deformasyona nasıl neden olduğuna karar vermek güçtür. Distorsiyon gidermede ısıtma ve soğutma yöntemlerine, çelik malzemenin duruma göre karar vermek gerekir. Distorsiyon oluşması ve standart ısıtma yöntemi madde (3)'de açıklanmıştır.

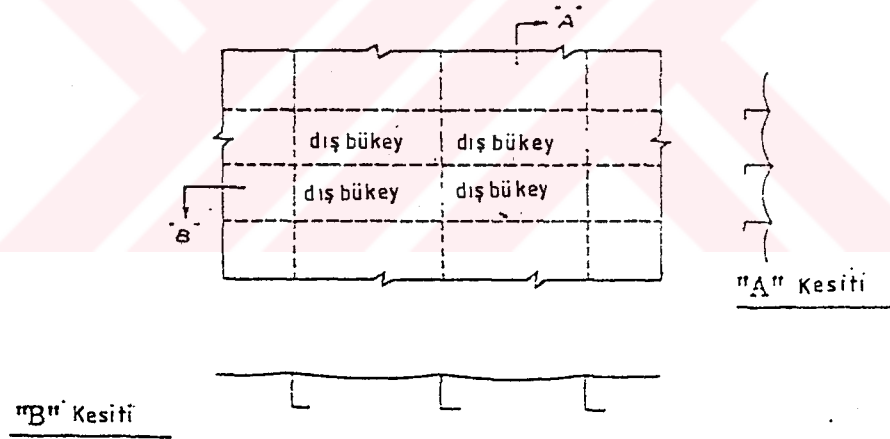
3.3.2. Tavlama Yöntemlerinin Çeşitleri ve Özellikleri

Gemi inşaatında genel olarak Tablo 3.5'de gösterilen ısıtma yöntemleri kullanılmaktadır.

3.3.3. Deformasyon Şekline Göre Isıtma Yöntemi

3.3.3.1. Panel Distorsiyonu

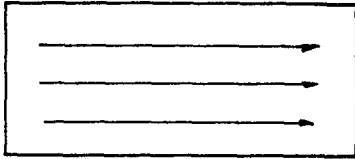
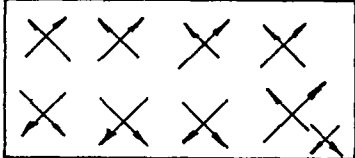
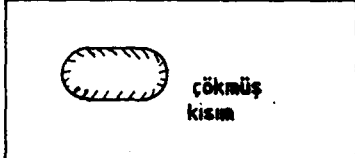
Postaların arka tarafında yapılan kaynak işlemi sonucunda gelişen bu distorsiyon en yaygın olan tiptir. Şekil 3.25'den de görüleceği üzere posta üzerinde çökme-ler meydana gelir.

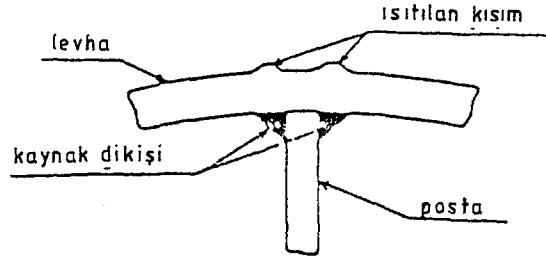


ŞEKİL: 3.25. Postaların Kaynağında Meydana Gelen Panel Distorsiyonu

Bu en kolay giderilen distorsiyon şeklidir. Distorsiyon oluşum nedeninden anlaşılacağı üzere düzeltme işlemi, kaynak dikişi arka tarafının sürekli olarak ısıtılması ile kaynak işleminden dolayı oluşan büzülmeyle karşı ters deformasyon elde edilerek yapılır (Şekil 3.26).

Tablo : 3.5 Tavlama yöntemlerinin çeşit ve özellikleri

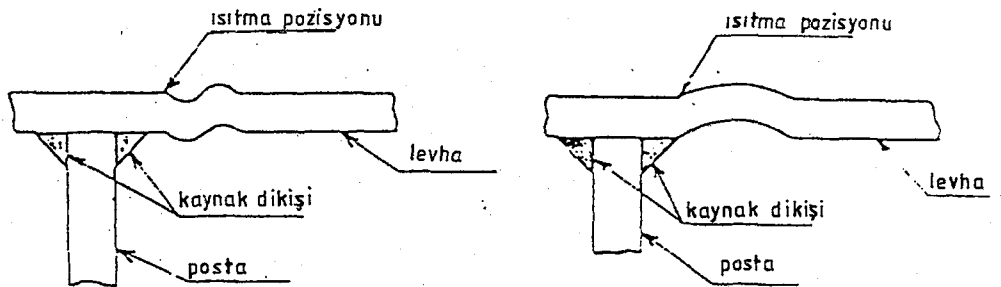
Yöntem	Tavlama Yöntemi	Özellikler
Çizgisel Tavlama		Temel distorsiyon giderme yöntemi ve ters taraftan ısıtma ile yapılır.
Çam İğneleri Tavlaması		Kendini çekme kuvvetini her yönde yapmak için düzgünce bitirilmiş yüzeyler dengelenmiş düzeltme ile elde edilebilir.Çapraz ısıtma bu yöntem benzerdir.
Ağ Tavlama		1-Büyük distorsiyonları gidermek için kullanılır. 2-Bir dereceye kadar dengeli bir yüzey bitirme elde edilir. 3-Aşırı ısınmaya meyillidir.
Noktasal Tavlama		Büyük kendini çekme kuvveti yüzünden ince levha için uygulanır.
Üçgen Tavlama		Eğri çerçevelerin düzeltilmesi veya şekillendirilmesi için kullanılır.
Red-Hot Tavlaması		Dış kuvvetle birleştirilmiş Red - Hot tavlama yöntemi kısmen ve esaslı olarak iç ve dış büküm kısımlara uygulanır.



ŞEKİL: 3.26. İki Sıra Isıtmayla Panel Distorsiyonun Düzeltilmesi

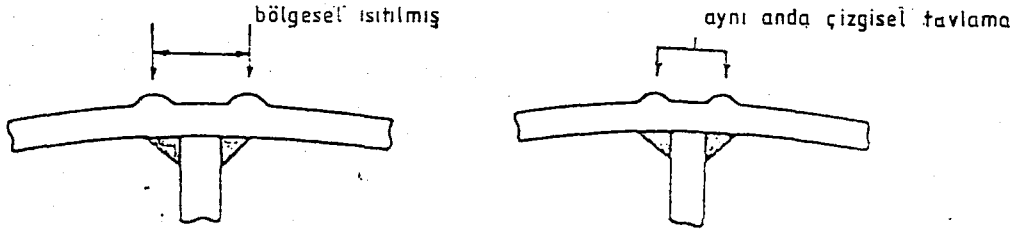
Şekil 3.26'da gösterildiği gibi postanın arka kısmı iki sıra şeklinde ısıtılır. Düzeltme işinin verimliliği soğuma süresine bağlıdır.

Panel distorsiyonu düzeltme işleminde tavlama noktaları birbirine çok yakın olduğu için ısıtma noktaları arasında yeterli sürede ısıtma ve soğutma yapılmalıdır. Düzeltme işleminin başında çok yüksek ısı girdisi başarısızlığa neden olabilir.



ŞEKİL: 3.27. Kabarma Özellikleri

Şekil 3.27'in sol üst kısmında görüldüğü gibi köşedeki kırıklık kötü görünüşe neden olur. Bu durum özellikle ince levhalarda ortaya çıkar.

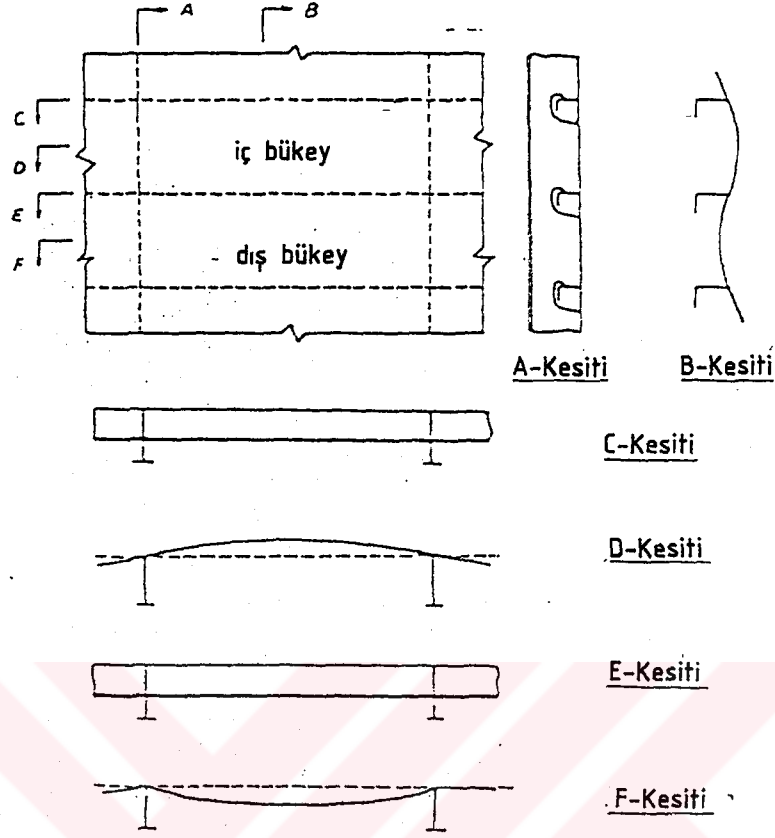


ŞEKİL: 3.28. Panel Distorsiyonu İçin Isıtma

Şekil 3.28'de görüldüğü gibi iki sıra ısıtma yerine, iki sıra ısıtmanın aynı zamanda yapıldığı veya bölgesel olarak ısıtıldığı panel distorsiyonun miktarının az olduğu iki ısıtma yöntemi vardır (Şekil 3.28).

3.3.3.2. Dalga Şeklinde Distorsiyon

Bu tip distorsiyon Şekil 3.29'da görüldüğü gibi dalga şeklindedir. Panel distorsiyonda aynı olarak ilk adımda ters taraftan ısıtılmak suretiyle distorsiyon giderilir. Ters taraftan ısıtma yaptıktan sonra kalan distorsiyon, ikinci adımda postalar arasında ısıtma yapılarak giderilir. Bu ısıtma yönteminin çeşitli uygulamaları vardır. Distorsiyon giderme işlemi teorik olarak iyi anlaşılıp, en uygun yöntem seçilmelidir.



ŞEKİL: 3.29. Dalga Şeklindeki Distorsiyona Örnek

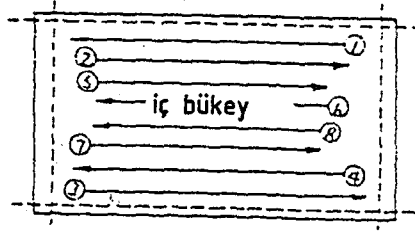
Dalga şeklindeki distorsiyon düzeltilmesi prensibi

- 1)- Birinci Adım: Ters taraftan çizgisel tavlama yapılır. Bu aşırı ısıtmadan kaçınılmalı postaların arasında dış bükey taraf ısıtılmalıdır.
- 2)- İkinci Adım: Postalar arasında ısıtma yapılır. Bu durumda ısıtma dış bükey kısımdan başlatılmalı ve yapı bir noktadan düzeltilmemelidir.

b)- Postalar arasındaki distorsiyonun düzeltilmesi:

1- Dış bükey kısım için ısıtma ile düzeltme

*Çizgisel tavlama yöntemi.



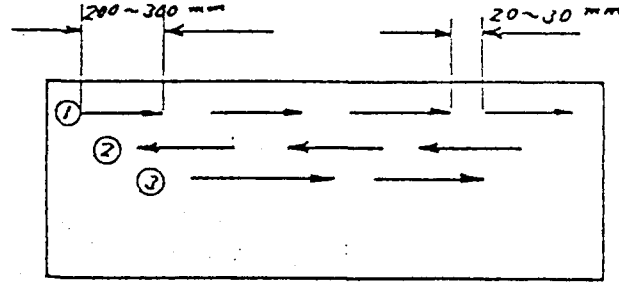
ŞEKİL: 3.30. Çizgisel Tavlama

Şekil 3.30'da küçük daireler içindeki sayılar ısıtma sırasını göstermektedir. Bu yöntem uzun ısıtma çizgilerinin kullanılmasından dolayı nispeten büyük distorsiyonlar için etkilidir. Ancak aşağıdaki hususlar gözönüne alınmazsa boğumlu deformasyon meydana gelebilir.

- 1- Isıtma çizgileri arasındaki mesafe çok küçük olmalıdır.
- 2- Postalardan içeri doğru simetrik olarak ısıtılmalıdır
- 3- Yaklaşık olarak 50-100 mm'lik mesafeler tavsiye edilir.

* Modifiye edilmiş çizgisel tavlama yöntemi

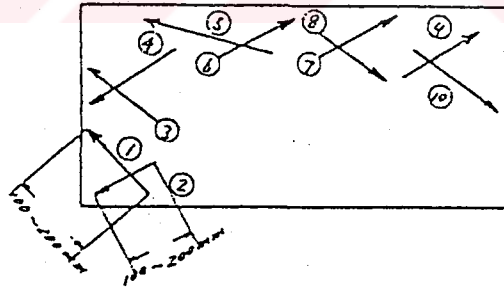
Bu yöntem çizgisel tavlamanın sebep olduğu bozulmayı önlemek için uygulanır ve uzun süreli ısıtma yapılan iş parçalarında verimli ve emniyetli bir şekilde kullanılabilir.



ŞEKİL: 3.31. Modifiye Edilmiş Çizgisel Tavlama Yöntemi

* Çam yaprakları şeklinde tavlama yöntemi

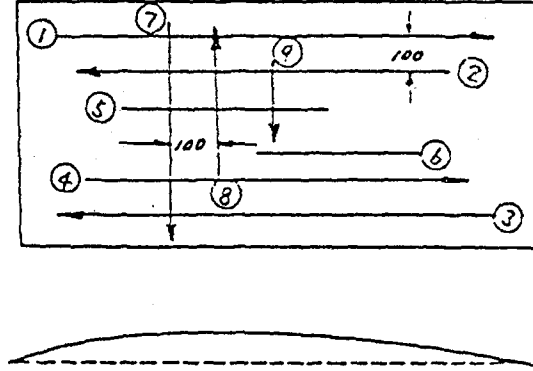
Bu yöntem büyük distorsiyonlar ve iyi yüzey görüntüsü istenen ince levhalar için kullanılır.



ŞEKİL: 3.32. Çam Yaprakları tavlama Örneği

* Ağ tavlama yöntemi

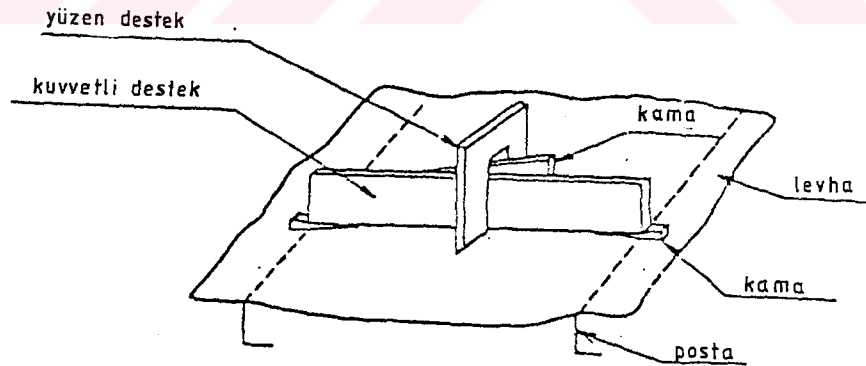
Şekil 3.33'teki küçük daireler içindeki sayılar ısıtma sırasını göstermektedir. Bu yöntem bölgesel olarak ağır distorsiyonluk kısımlar için uygulanır.



ŞEKİL: 3.33. A3 Tavlama Yöntemi Örneği

2- Çökmüş Kısımların Dış Kuvvetle Düzeltilmesi

* Kuvvetli destek kullanılması yöntemi

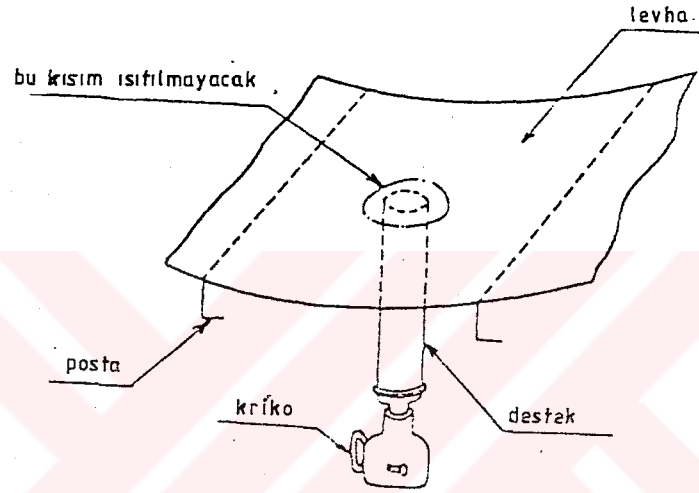


ŞEKİL 3.34. Kuvvetli Destek Kullanım Örneği

1. Şekil 3.34'te gösterildiği gibi distorsiyonu ters çevirecek şekilde kamalar çakılmalıdır.

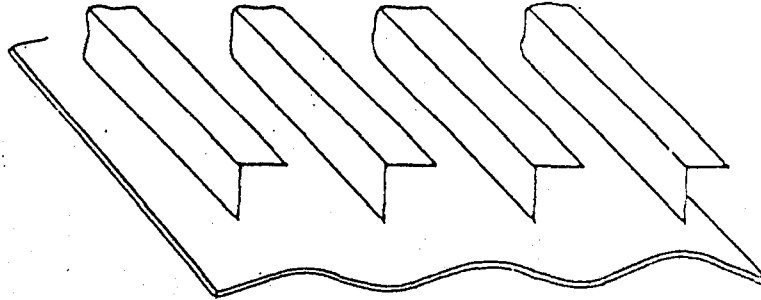
2. Ters taraftan çizgisel tavlama yöntemi uygulanır.
3. Eğer ters taraftan çizgisel tavlama yöntemi etkisiz kalırsa levha için ısıtma yöntemi kullanılır.
4. Desteğin dibi ısıtılmamalıdır.

* Desteklerin kullanılması yöntemi



ŞEKİL: 3.35. Destek Kullanımı Örneği

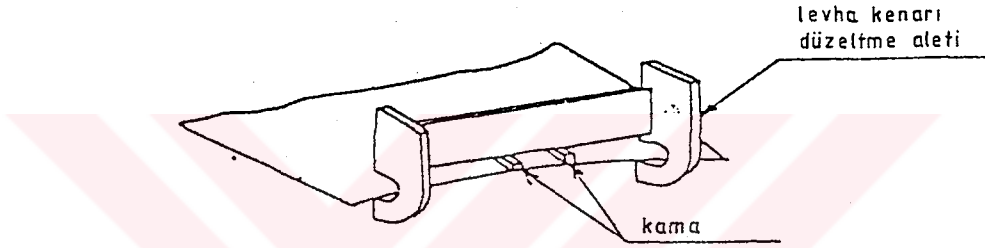
3.3.3.3. Dalga Şeklinde Levha Kenarı Distorsiyonu



ŞEKİL: 3.36. Dalga Şeklinde Levha Kenarı Distorsiyonu

1- Düzeltme

- Ters taraftan çizgisel tavlama yöntemi uygulanır
- Çizgisel tavlamayı dış bükey kısım üzerinde uzun ve sürekli olarak yürütülmelidir.
- Distorsiyona uğramamış kısımdan ısıtma başlatılmalıdır.
- Levha kenarı düzeltme aleti devamlı kullanılmalıdır.

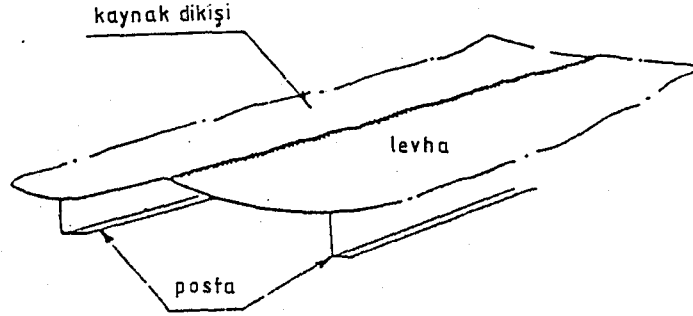


ŞEKİL: 3.37. Levha Kenarı Düzeltme Aletinin Kullanılması

3.3.3.4. Levha Birleşme Yerlerinin Boğumlu Distorsiyonu

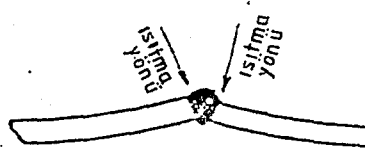
Bu deformasyon kaynak dikişlerinin büzülmesi ile levha birleşme yerlerinde meydana gelir ve eğer kaynak edilmeden önce levha desteklenmemişse distorsiyon büyük olur.

1- Düzgün kaynak dikişli durum için düzeltme



ŞEKİL: 3.38. Boyuna Eğrilik Olmaksızın Boğumlu Deformasyon

- Kuvvetli destek kullanarak, ters taraftan çizgisel tavlama yapılır.
- Kaynak dikişinin her iki tarafı da sürekli olarak ısıtılır.



ŞEKİL: 3.39. Kaynak Dikişinin Isıtılması

2- Eğrisel kaynak dikişli durum için düzeltme

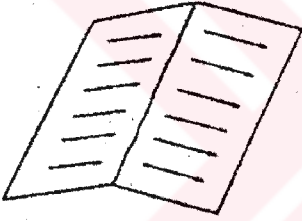
- İlk olarak boyuna eğrilik düzeltilir. Kaynak dikişine dik bir açıda ısıtma yapılır. Isıtma çizgisi aşağıdaki koşullara bağlıdır;

1- İki ters posta arasındaki aralıkta ısıtmaya başlamak ve bitirmek.

2- İki ters posta arasındaki aralıkta bir postadan diğerine ısıtma çizgilerinin karıştırılması yöntemi.

- Yukarıda (1) ile aynı düzeltme

Ağır deformasyonun düzeltilmesi yalnızca güçlük çıkarmaz, ayrıca düzgün olmayan yüzey elde edilmesine sebep olur. Dış kuvvet kullanılması tavsiye edilir. Bazen kaynak dikişini kestikten sonra düzeltme yapılır.



(1) Küçük eğrilik durumu



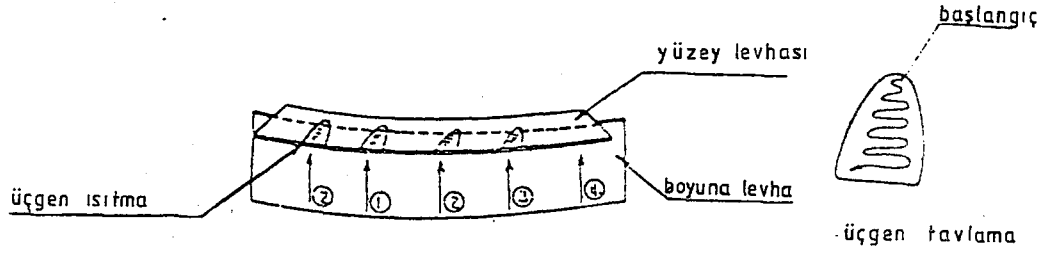
(2) Büyük eğrilik durumu

ŞEKİL: 3.40. Yüzey Levha Distorsiyonu

3.3.3.5. Postaların Eğriliği

a)- Boyuna inşa edilmiş postaların eğriliği

* Yüzey levha distorsiyonu,



ŞEKİL: 3.41. Yüzey Levha Distorsiyonu ve Isıtma Pozisyonları

Düzeltilme yöntemi:

- 1)- Tabandan başlayarak boyuna levhanın dış bükey kısmına çizgisel tavlama yapılır.
- 2)- Sürekli olarak yukarı kısma doğru ısıtma yapılır ve yüzey levhası üçgen tavlama ile ısıtılır.

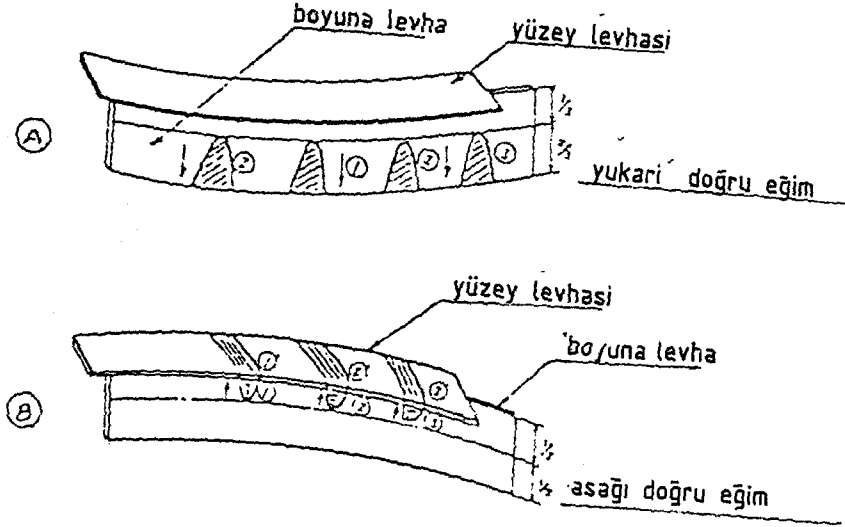
Dikkat edilmesi gereken hususlar:

- 1)- Bir yüzey levhası üzerindeki ısıtma daha az eğik olan kısımdan başlanmalıdır.
- 2)- Üçgen tavlama, ısı bütün levha kalınlığı boyunca nüfuz edebilecek şekilde, yüzey levhanın yarı genişliği boyunca yapılmalıdır.
- 3)- Büyük bir eğrilik söz konusu ise dış kuvvet kullanılmalıdır.

* Boyuna levha distorsiyonu

Düzeltilme yöntemi:

A- Durumu



ŞEKİL: 3.42. Boyuna Levha Distorsiyonu ve Isıtma Pozisyonları

1)- Üçgen tavlama, aşağı kısma doğru boyuna elemanın dibinden 2/3 derinlikteki noktadan, boyuna elemanın dibine doğru yapılır.

2)- Isıtma daha az eğik kısımdan başlatılmalıdır. (Şekil 3.43 a.'da 1 - 2 - 3).

3)- Su soğutma, ısıtma bittikten daha sonra yapılır.

B- Durumu

1)- Üçgen tavlama boyuna levhanın yarı derinliğine gelen noktadan yukarılara doğru yapılır.

2)- Isıtma daha az eğik kısımdan başlatılır (Şekil 3.43.b'de, 1 - 2 - 3).

3)- Su soğutma, ısıtma bittikten sonra boyuna levhadan başlatılır (Şekil 3.43 b'de 1 - 1' - 2 - 2' - 3 - 3').

Dikkat edilmesi gereken hususlar :

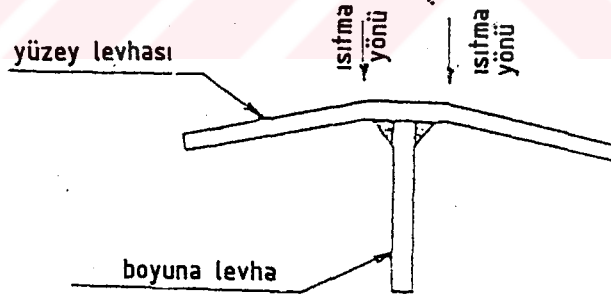
1)- Dış kuvvet kullanılmalıdır.

2)- B durumundaki yüzey levhanın, ısıtmadan sonra boğumlu levha haline gelmemesine dikkat edilmelidir.

b)- Keskin köşeli deformasyon (yüzey levhanın boğumlu deformasyonu)

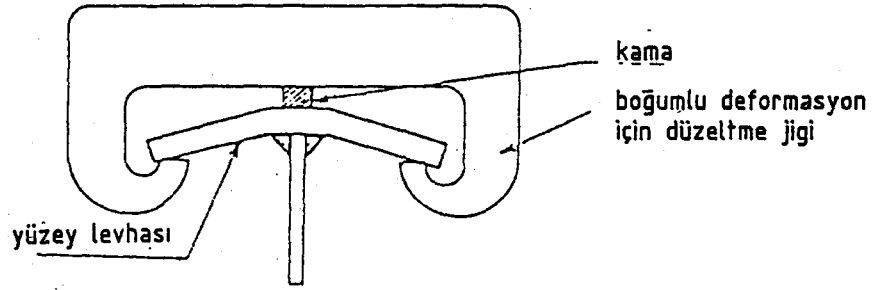
Düzeltilme yöntemi

1)- Panel distorsiyonla aynı düzeltme işlemi yapılır. Fakat levhanın kalın olması ve her iki ucunun serbest olması yönlerinden farklıdır.



ŞEKİL: 3.43. Keskin Köşeli Deformasyon

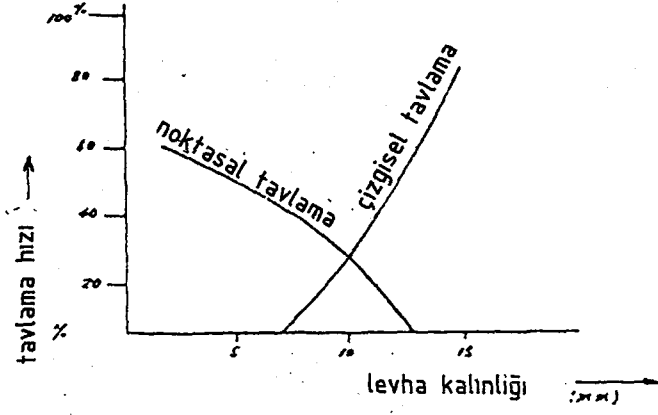
2)- Deformasyon, basit bir jig ve dış kuvvetle kolaylıkla düzeltilebilir.



ŞEKİL: 3.44. Boğumlu Deformasyon İçin Düzeltme Jig'i
Örneği.

3.3.3.6. Noktasal Tavlama Yöntemi

Düzeltme teorisinde anlatıldığı üzere, noktasal tavlama genellikle yukarıda bahsedilen yöntemlere ilave olarak kullanılır. Diğer ısıtma yöntemlerinden farklı olarak, bu yöntemde levha kalınlığı boyunca kendini çekme ile yüksek kendini çekme kuvvetleri oluşur ve bu durum diğer kısımlarda distorsiyona neden olan ikinci derece distorsiyonları meydana getirir. Bu nedenle bu yöntemin kullanılması tavsiye edilmez [8].



ŞEKİL: 3.45. Çizgisel ve Noktasal Tavlama Kullanımı

BÖLÜM 4. KAYNAKLI İMALATTA DİSTORSİYONLARIN ÖNLENMESİ İÇİN KAYNAK PLANLARININ VE KAYNAK SIRASININ HAZIRLANMASI

4.1. Giriş

Kaynaklı imalatla, işin gerektirdiği teknik ve bilimsel ayrıntılara dikkat edilmez ise kaynak ile imal edilen parçalarda çarpılmalar, kendini çekmeler ve kalan gerilmeler meydana gelir. Bu tarz bozuklukların (distorsiyon) giderilmesi için büyük mali yüke sebep olan düzeltme ve doğrultma işlemleri yapmak gerekir. Bu düzeltmeler büyük zaman kaybına sebep olduğu gibi çoğu zaman yeni gerilmelerin doğmasına da sebep olur. Örnek olarak kaynakla imal edilen bir geminin perdesinin hesabını ele alacak olursak, alın bağlantılarının ve takviyelerin kaynağının 22 saat ve sadece bu perdede olan çarpılmaları ve gerilmeleri yok etmek için yapılan gerekli düzeltme işlemlerinin 21.5 saat olduğunu görürüz. Böylece düzeltmenin kaynak için harcanan zamana eşit olduğu görülür ki bu büyük bir mali yük getirir [12].

Kaynaktan sonra distorsiyon oluşumunu önlemek ancak uygun bir kaynak planına ve kaynak sırasına uyulması ile mümkün olabilir. İyi bir plan ancak kaynak süresinin % 10 ile % 20'si kadar bir düzeltme zamanı gerektirmelidir.

4.2. Kaynak Planları

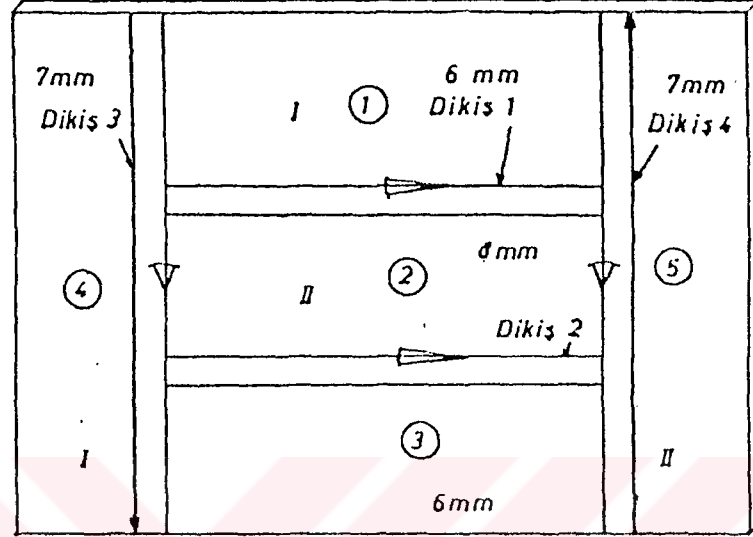
Kaynak planı, kaynak tekniği ile ilgili bütün bilgilere dayandırılarak yapılır ve işletme için iş talimatı niteliğini taşır. İşletmeyle ilgili tüm planlama ve hesaplamalarda göz önünde bulundurulur [13].

Bir kaynak planında aşağıdaki hususların bulunmasına özellikle dikkat edilmelidir [14].

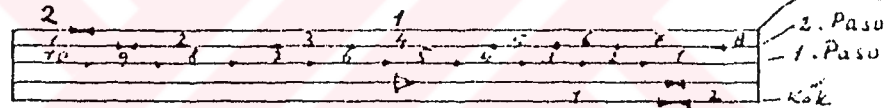
- 1- Parça listelerindeki pozisyon numaralarına göre, sırasıyla bütün kaynak yapılacak parçalar
- 2- Kaynak yapılacak parçaların malzemesi
- 3- Kullanılacak kaynak usûlü
- 4- Kaynak ağzının şekli
- 5- Kaynak dikişinin kalınlığı
- 6- Kaynağın yapılacağı kaynak pozisyonu
- 7- Kaynak pasolarının sayısı
- 8- Kaynak dikişlerinin boyu (mm)
- 9- Aynı özelliğe sahip kaynak dikişlerinin sayısı
- 10- Aynı özelliğe sahip kaynak dikişlerinin toplam uzunluğu.
- 11- Elektrotların tipi ve çapı
- 12- Her çap ve her tip için kullanılacak elektrodların miktarı (kg)
- 13- Birim kaynak zamanı (dakika/m)
- 14- Toplam kaynak zamanı (dakika)
- 15- Ücret grubu
- 16- Ek notlar

Tersanelerde kaynak planları kaynak konusunda uzman olan mühendisler tarafından 4 nüsha olarak hazırlanır. Orjinal nüshayı hazırlayan mühendis elinde tutar. 2 nüsha tersane işletme mühendisliğine gönderilir ve zaman tahminleri, elektrod sarfiyatları, ücret

grupları ve imalat tekniği bakımından gerekli görülen değişiklikler hesaplanır. Gerekli plan numaraları ve işletme standart numaraları verilir, imalat ve ücret kartları hazırlanır.



1-4 Dikişin kaynak sırası



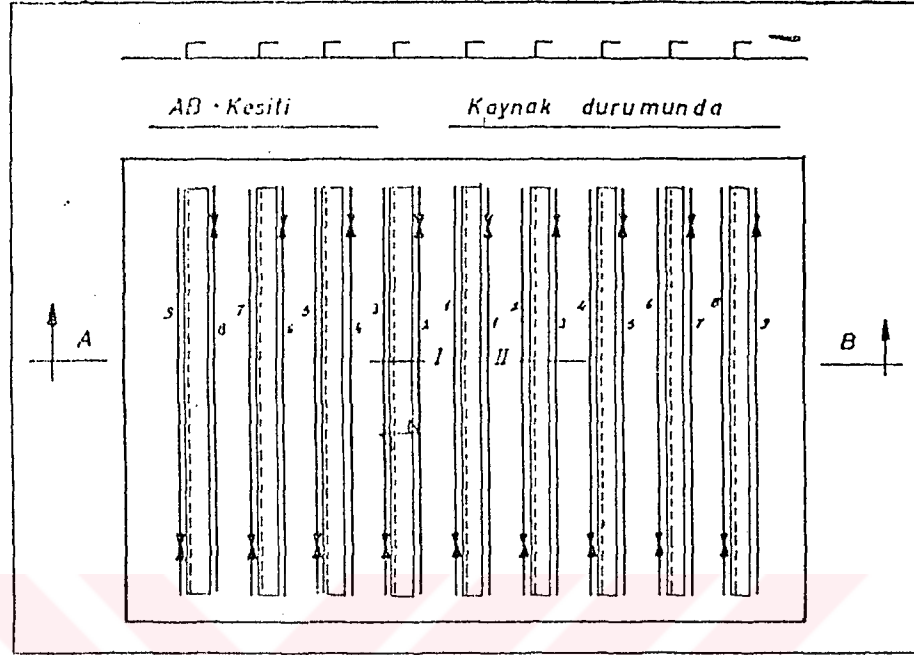
Duvar saçlarının birleştirilmesinde takip edilecek kaynak sırası.

Kaynak sırası 1: 1,2 ve 3 numaralı saçlar verilen plân dahilinde kaynak yapılır. (Dikiş 1 ve 2) V-alın 6-8 mm.

Kaynak sırası 2: 4 ve 5 numaralı saçlar 1,2 ve 3 numaralı saçlara bağlanır ve sonra verilen plân dahilinde kaynak yapılır. (3 ve 4 dikişi V-alın 7, 6 ve 8 mm). 1. kaynakçı: Dikiş 3, 2. kaynakçı: Dikiş 6.

Kaynak sırası 3: Parçalar 180° çevrilir ve kök pososunun tersi kaynak yapılır.

ŞEKİL: 4.1. Duvar Saçlarının Birleştirilmesinde Takip Edilecek Kaynak Sırası.



ŞEKİL: 4.2. Duvar Sağlarına Ait Stifnerlerin Kaynağı.

4.3. Kaynak Sırası Planları

Kaynak sırası planları kaynak edilecek parçaların kaynak dikişlerinin ve pasolarının nasıl düzenlenip uygulanacağını ve sıralarının nasıl olacağını ayrı ayrı içerir. Bu sıralar bilinçli bir şekilde hesaplandığı için çok önemlidir ve mutlaka uyulması gerekir. Aksi taktirde büyük çarpılmalar ve gerilmeler meydana gelir.

TABLO: 4.1. Şekil 4.1'deki Stifnerlerin Kaynağına Ait Kaynak Planında Bulunması Gereken Hususlar

2	İş sahası
1	Kaynak sırası
2	Kaynakçı sayısı
1-9	Dikiş No.
K	Ağız şekil ve kaynak pozisyonu
3	Dikiş kalınlığı (mm)
72	Dikiş boyu (m)
1	Paso sayısı
S142-11	Malzeme
5	Ücret grubu
3	Kalite sınıfı
E-6012	Tipi (AWS)
4φ 350	Çapı ve boyu
144	Adedi
792	Kaynak zamanı (dakika)
E1	Kaynak usulü
1	Değişiklik

Kaynak sırası planları kaynak mühendisi tarafından hazırlanır ve aşağıdaki bilgileri ihtiva eder.

- 1- Kaynak tekniği esaslarına göre hazırlanan ve gerekli bütün teknik bilgiyi taşıyan teknik resimler
- 2- Montaj resimleri
- 3- Kaynak usulü
- 4- Gerekli kaynak alet ve tertibatları
- 5- Kaynakçı sayısı
- 6- Gerekli imalat süresi.

Bir kaynak sırası planı üç bölümden oluşmuştur.

- a)- Yazılı bölüm
- b)- İş sırası listeleri
- c)- Resimler

a)- Yazılı bölüm; Bu bölümde şu bilgiler bulunur.

- 1- Malzeme
- 2- Kaynak sırası
- 3- Elektrot
- 4- Kaynakçının sertifikası ve sınav
- 5- Kaynak konstrüksiyonun boyutu
- 6- Kaynakçı sayısı
- 7- Sorumlu kaynak mühendisi veya mühendis

b)- İş sırası listeleri;

- 1- İş sırası
- 2- Kaynak ağzının şekli ve hazırlama tarzı
- 3- Kaynak sıraları
- 4- Ek notlar (ısıt işlemler, gerekli kaynak tertibatları kontrol edilecek kaynak dikişleri vs..).

TABLO: 4.2. Şekil 4.2'deki Duvar Sağlarının Kaynağına Ait Kaynak Planında Bulunması Gereken Hususlar

İş sırası		Kaynak sırası		Kaynakçı sayısı		Dikiş No.		Ağız şekli ve kaynak pozisyonu		Dikiş kalınlığı (mm)		Dikiş boyu (m)		Paso sayısı		Malzeme		Ücret grubu		Kalite sınıfı		ELEKTROT		Kaynak zamanı (dakika)		Kaynak usulü		Değişiklik	
1		1		2		1		V—Alın, yatay pozisyon		6—8		3,5		1		St		5		1		Tipi (AWS)		Çap ve boyu		E1			
2		2		3		2		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
3		3		4		3		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
4		4		5		4		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
5		5		6		5		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
6		6		7		6		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
7		7		8		7		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
8		8		9		8		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
9		9		10		9		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
10		10		11		10		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
11		11		12		11		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
12		12		13		12		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
13		13		14		13		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
14		14		15		14		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
15		15		16		15		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
16		16		17		16		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
17		17		18		17		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
18		18		19		18		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
19		19		20		19		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
20		20		21		20		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
21		21		22		21		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
22		22		23		22		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
23		23		24		23		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
24		24		25		24		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
25		25		26		25		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
26		26		27		26		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
27		27		28		27		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
28		28		29		28		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
29		29		30		29		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
30		30		31		30		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
31		31		32		31		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
32		32		33		32		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
33		33		34		33		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
34		34		35		34		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
35		35		36		35		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
36		36		37		36		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
37		37		38		37		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
38		38		39		38		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
39		39		40		39		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
40		40		41		40		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
41		41		42		41		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
42		42		43		42		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
43		43		44		43		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
44		44		45		44		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
45		45		46		45		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
46		46		47		46		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
47		47		48		47		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
48		48		49		48		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
49		49		50		49		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
50		50		51		50		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
51		51		52		51		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
52		52		53		52		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
53		53		54		53		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
54		54		55		54		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
55		55		56		55		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
56		56		57		56		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
57		57		58		57		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
58		58		59		58		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
59		59		60		59		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
60		60		61		60		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
61		61		62		61		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
62		62		63		62		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
63		63		64		63		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
64		64		65		64		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
65		65		66		65		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
66		66		67		66		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
67		67		68		67		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
68		68		69		68		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
69		69		70		69		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
70		70		71		70		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
71		71		72		71		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
72		72		73		72		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
73		73		74		73		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
74		74		75		74		7—6,8		6—8		3,5		2		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
75		75		76		75		7—6,8		6—8		3,5		1		»		5		1		E—6012		4—350		102		»	
76		76		77		76		7—6,8		6—8																			

c)- Resimler

- 1- Üzerinde kaynak dikişlerine ait bütün ayrıntıların bulunduğu krokiler
- 2- Kaynağın yapılış yönleri
- 3- Kaynakçıların sayısı
- 4- Her kaynakçı tarafından yapılacak dikişlerin numaralanmış dikiş sıraları.

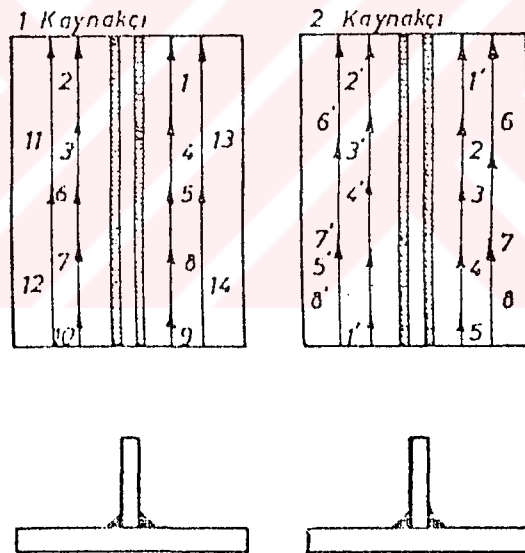
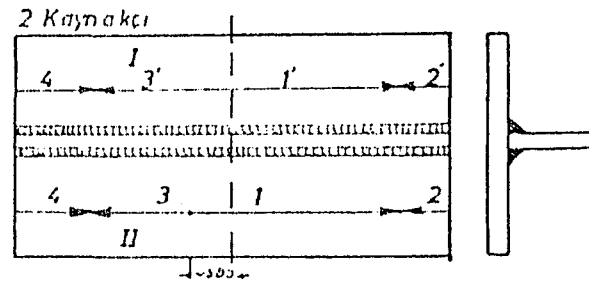
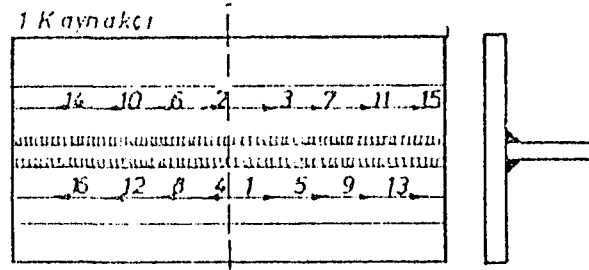
Hazırlanan kaynak sırası planları varsa gerekli düzeltme ve eklentilerin yapılabilmesi için işletme mühendisliğine ve oradan da imalat şubesine gönderilir. Düzeltmeler için tekrar kaynak mühendisliğine başvururlar ve onların düşünceleri sorulur. Plandaki herhangi bir değişiklik ancak kaynak mühendisinin izni ile yapılabilir. (Şekil 4.3).

4.4. Kaynak Sırası Planlarının Hazırlanmasında Gözönüne Alınması Gereken Kurallar

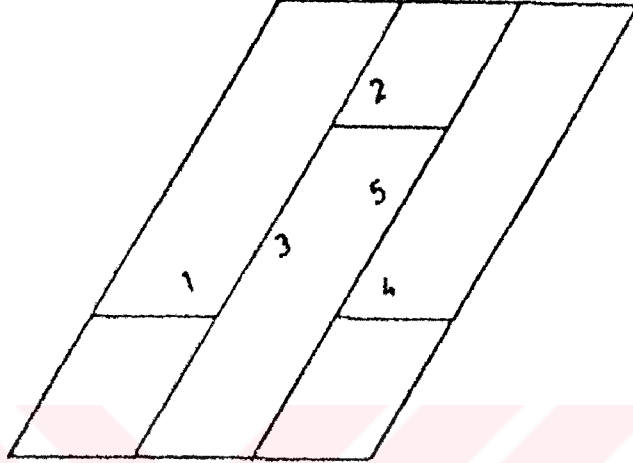
a)- Kaynak sıralarının tespit edilmesinde genel olarak münferit parçaların distorsiyonu serbest bırakılabilmesi hesaba alınır. Konstrüksiyonda en çok distorsiyona uğrayacak ve sabit bağlantı sağlayacak dikişler mümkün oldukça en son kaynak edilmelidir.

b)- Bir konstrüksiyonda münferit elemanlarda meydana gelen çarpılmalar montajdan önce düzeltilmelidir.

c)- Boylamasına ve enlemesine dikişlerin birbirleriyle karşılaşması halinde karşılaşan dikişler daima devamlı dikişten önce kaynak edilmelidir (Şekil 4.4). Oluşan çarpılmanın serbest kalması ve iki dikişin birleştiği yerde lokal bir gerilme toplanmasının meydana gelmemesi için boylamasına dikiş, enlemesine dikiş kaynak edildikten sonra puntalanmalıdır.



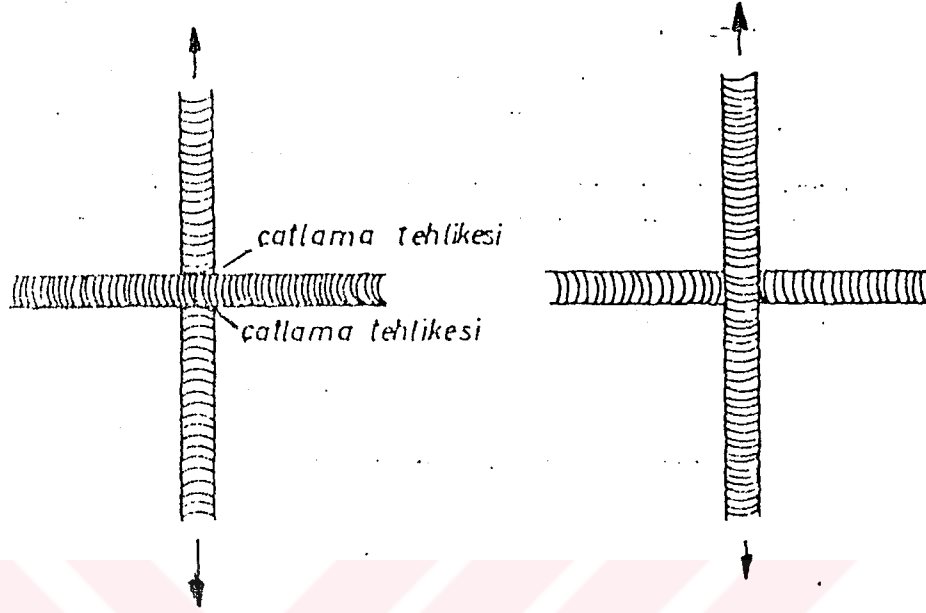
ŞEKİL: 4.3. Tek ve İki Kaynakçı Tarafından Yapılan İç Köşe Kaynakları



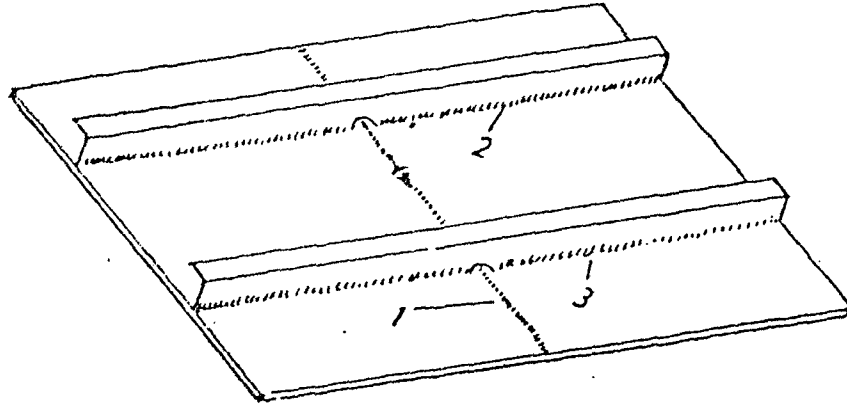
ŞEKİL: 4.4. Bir Konstrüksiyonda Boylamasına Dikişlerin Enlemesine Dikişlerle Karşılması Hali(Rakamlar Kaynak Sırasını Göstermektedir).

d)- İki alın kaynak dikişinin birbirini kesmesi halinde çekme gerilmesine maruz kalan bölümün devamlı kaynak edilmesi zorunluluğu vardır (Şekil 4.5). Aksi taktirde zorlanmaya maruz kalan dikişin bitiş kraterlerinde çatlamlar meydana gelir.

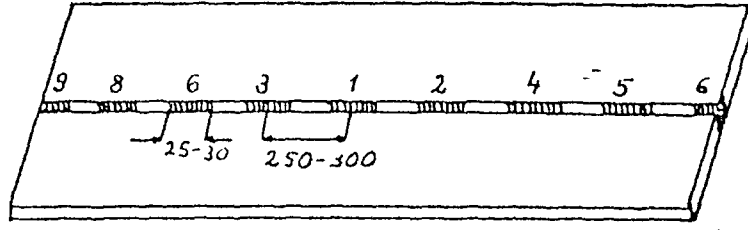
f)- Bir alın dikişi ile bir iç köşe dikişinin birbirini kesmesi durumunda, önce alın dikişi kaynak edilir (Şekil 4.6). Eğer iç köşe dikişi önce kaynak edilir ise, alın kaynağının enine çarpılması azalır. (Şekil 4.7,4.8)



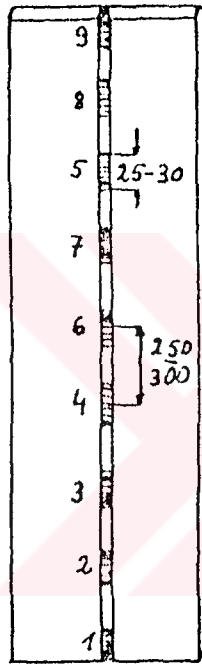
ŞEKİL: 4.5. İki Alın Dikişinin Birbirini Kesmesi Hali



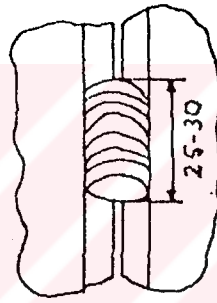
ŞEKİL: 4.6. Bir Alın Dikişi ile Bir İç Köşe Dikişinin Birbirini Kesmesi Halinde Kaynak Sırası



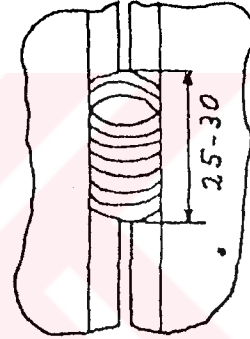
Yatay vaziyette bağlama sırası



Dikey vaziyette bağlama
sırası

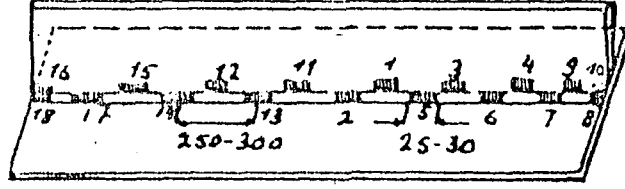


Yanlış
(Açık krater)

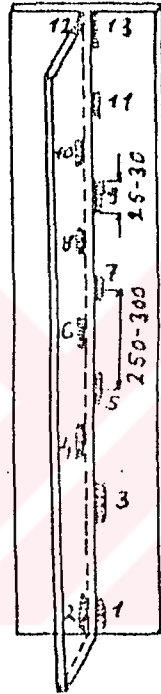


Doğru
(Kapalı krater)

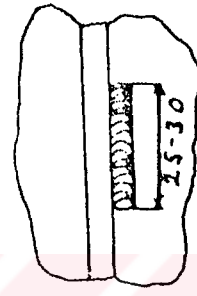
ŞEKİL: 4.7. Yatay ve Dikey Pozisyonlarda Alın
Birleştirmelerindeki Numaralandırma



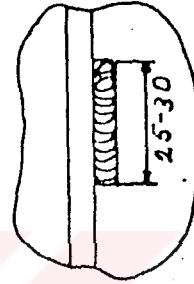
Yatay vaziyette bağlama sırası



Dikey vaziyette
bağlama sırası



Yanlış
(Acık krater)

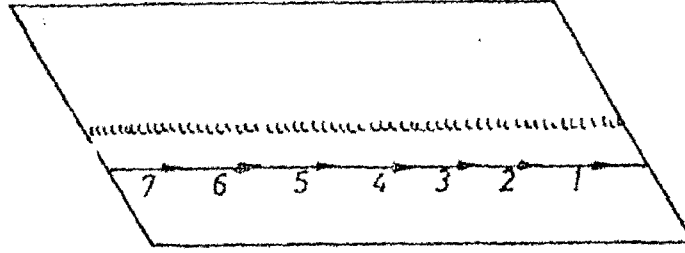


Doğru
(Kapalı krater)

Bitiş kraterinin kapalı
olması lazımdır.

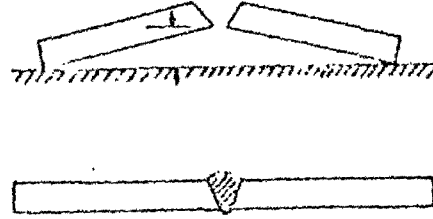
ŞEKİL: 4.8. Yatay ve Dikey Pozisyonlarla İç Köşe
Birleştirmelerindeki Puntalama Sıraları

g)- Uzun kaynak dikişlerine ait kök pasolarının geri adım usulü ile çekilmesi, dikiş boyunca muntazam bir enine çarpılma meydana gelmesi bakımından uygun kabul edilir (Şekil 4.9).



ŞEKİL: 4.9. Uzun Dikişlere Ait Kök Pasolarının Geri Adım Yöntemiyle Kaynak Edilmesi Hali.

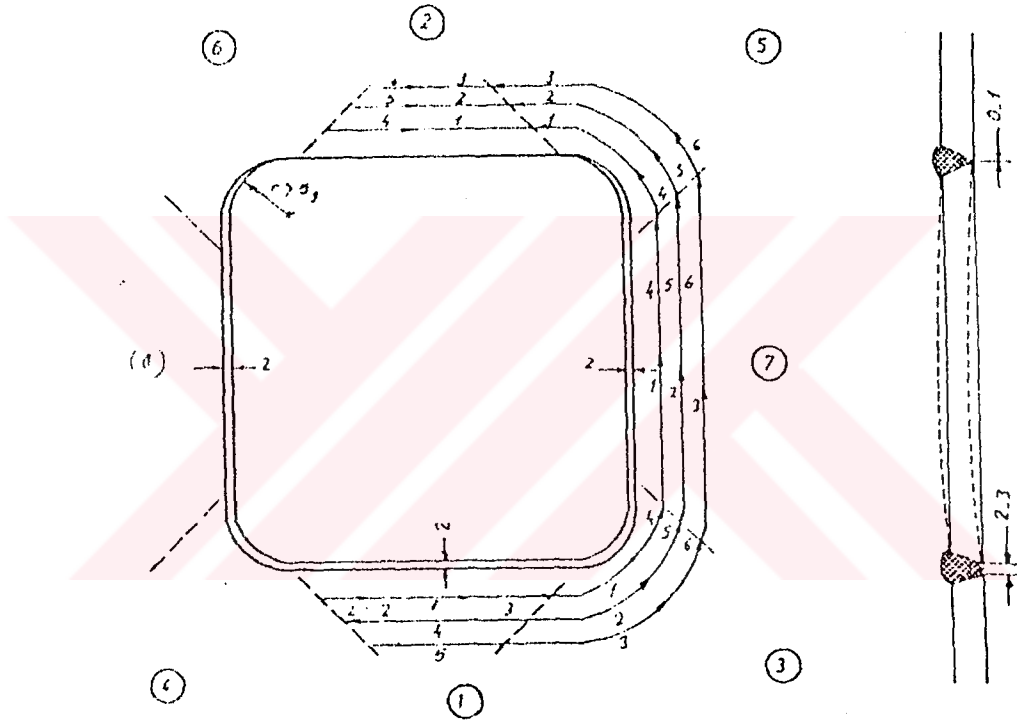
h)- Açısal çarpılmayı azaltmak için birleştirilecek parçalara, kaynaktan önce ters yönde bir meyil verilir ve böylece kaynaktan sonra parça düz duruma gelir (Şekil 4.10).



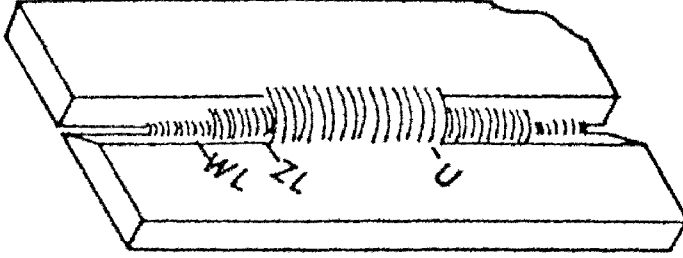
ŞEKİL: 4.10. Parçalara Kaynaktan Önce Ters İstikamette Bir Meylin Verilmesi ve Kaynaktan Sonraki Durumu.

1)- İlk pasonun levhanın ağırlık merkezinden geçmesini sağlamak üzere, (X) birleşmelerinde ağızların 2/3 tarzında hazırlanması gerekir.

k)- Her tarafı sabit olan bir deliğin yanma kaynağında, enlemesine çarpılmayı sağlamak için yamaya dışa doğru hafif bir bombelik verilir (Şekil 4.11,.4.12),



ŞEKİL: 4.11. Bir Yanma Kayağında Kaynak Sırası.



ŞEKİL: 4.12. Kaynak Dikişlerinin Kaskat Usulü Teşkili

1)- İyi tespit edilen parçaların kaynağında, kök pasosunun zayıf yerlerinde meydana gelecek gerilme çatlaklarını önlemek için, dikişler kaskat usulü tertiplenir (Şekil 4.12).

m)- Kaynağa daima konstrüksiyonun ağırlık merkezinden başlanarak düzgün bir şekilde dışa doğru gidilmelidir.

n)- Birbirinin tam simetriğine düşen dikişler, büyük çarpılma momentleri meydana getireceğinden, bunların aynı anda iki kaynakçı tarafından kaynak edilmesi gerekir.

o)- Çeşitli sac kalınlıklarına sahip bir konstrüksiyonun simetrik kaynak dikişlerindeki enine çarpılma kuvvetlerini dengelemek için imkan nispetinde dikişlerin kesiti birbirini eşit yapılır. Bu da ince saclarda ağız açısını veya iki sac arasındaki mesafeyi büyütmeyle temin edilir.

p)- Gemi inşaatında büyük konstrüksiyon bloklarının birleştirilmesinde, toplam birleştirme yerleri bütün gemi kesitinden geçmeli ve sonra güvertedeki üst kısımlara geçilmelidir.

q)- Sonradan yapılan kaynaklar, dikişin bütün kesite ait ağırlık merkezine olan uzaklığına bağlı bulunarak büyük çarpılmalar meydana getirir [15].

4.5. Distorsiyon Önleyici Kaynak Sırası ve Konstrüksiyon Detayları

Gemi konstrüksiyonundaki kaynak dikişleri belirli bölgelerde son derece karmaşık bir yapıda olabilir. Bu nedenle yönleri ve büyüklükleri önceden bilinmeyen, bileşik gerilmeler meydana gelir.

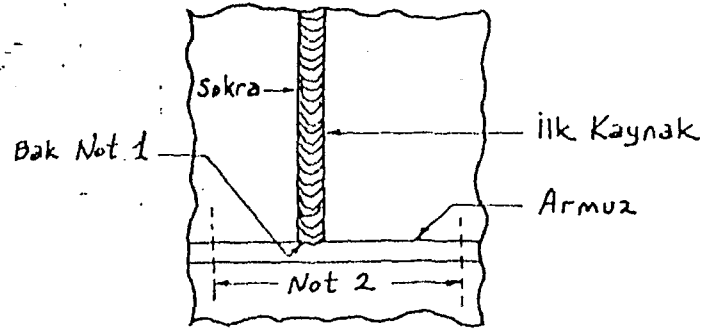
Kaynak sırası hataları, kaynak ağzı hazırlanmasında teknoloji hatası, hatalı konstrüksiyon veya sistem elemanlarının dikkatsizce birleştirilmeleri gibi hatalı kaynak işlemleri nedeniyle bu gerilmeler üst üste toplanabilir ve ciddi blok çarpılmalarına sebep olur. Kaynak çatlakları meydana gelmese bile bu gerilmeler sistemin rijidliğini yenip sistemi deforme eder.

Kaynak sırası gemi inşaatı ve tamirlerde en önemli yeri tutar. Kaynak bağlantılarındaki çarpıklıklar, kaynaktaki büzölmeler büyük ölçüde kaynak sırası yüzünden meydana gelmektedir. Kaynak sırasının önemi kaynak işlemi yüzünden meydana gelen büzölmeleri kontrol altına almak, çarpıklıkları ve ölçülerdeki değişiklikleri en aza indirebilmektir. Kaynak sırasının başarısı basit ve pratik olmasına bağlıdır. Basitliği sayesinde kaynak sırası bütün herkes tarafından gayet kolay anlaşılır ve tatbikatta hiç bir zorluk çekilmez.

Bu nedenle kızak üstündeki geminin, blok montaj esnasında uygulanacak kaynak sırasının ve onarım işlerinde kullanılacak kaynak sırasının çok büyük önemi vardır.

Genel olarak kaynaklı bir konstrüksiyonda kaynak ortadan başlamalı ve her iki ucu doğru simetrik uygulanmalıdır. Tekne ortalarında başlayan kaynak işleri baş ve kıç niyetelere doğru boyuna yönde ilerlerken, enine de sancak ve iskele yönlerinde ilerlemelidir.

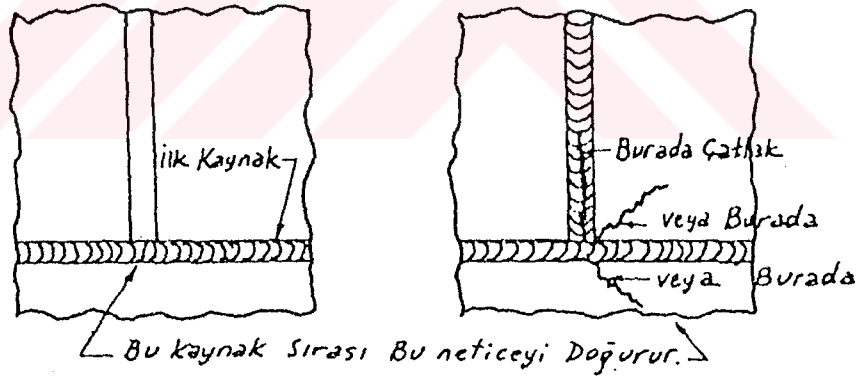
Çelik tekne levhalarının kaynağında en önemli nokta Şekil 4.13.'de gösterilen ana kurala sadık kalmaktır. Şekil 4.13.a'da gösterilen armuz ve sokra kesişmelerindeki doğru kaynak sırasıdır. Şekil 4.13.b'de yanlış kaynak sırası gösterilmiş olup ilk önce armuzun kaynatılması şekilde gösterildiği gibi çatlamalara sebep olur. Bu ana kural levhali bir yapıya tatbik edildiğinde kaynak sırası Şekil 4.18'de gösterildiği gibi iki armuzla çevrilmiş bir sokra haline gelir. Şekil 4.15'te aynı kurala sadık kalınarak eldeki imalat programına göre aynı andabirden çok kaynakçı kullanılabilir. Şekil 4.15.'te gösterildiği gibi yalnız omurga saçlarının sokraları şaşırilırsa daha basit bir kaynak sırası elde edilir. Levha ve diğer elemanların birlikte kaynatılmasında ise Şekil 4.16'da gösterilen kaynak sırası tatbik edilir. Bu şekildeki sıra genellikle uygulanan sıradır. Fakat başka metodlarda kullanılabilir. Örneğin Şekil 4.17'de gösterildiği gibi levha ölçüleri küçük olduğu vakit kaynak sırası pratik olur. Şekil 4.17'de görüldüğü gibi tekne bordasındaki levha panelleri (inşa yerindeki kreynin kaldırma kapasitesine kadar) uçları birbirine kaynak edilmediği sürece ayrı yerlerde hızarlanabilir. Tavsiye edilen sıra armuzların ilk önce kaynatılmasıdır. Daha sonra dahili elemanlar panel uçlarına 30 cm kalıncaya kadar kaynatılır.



Notlar:

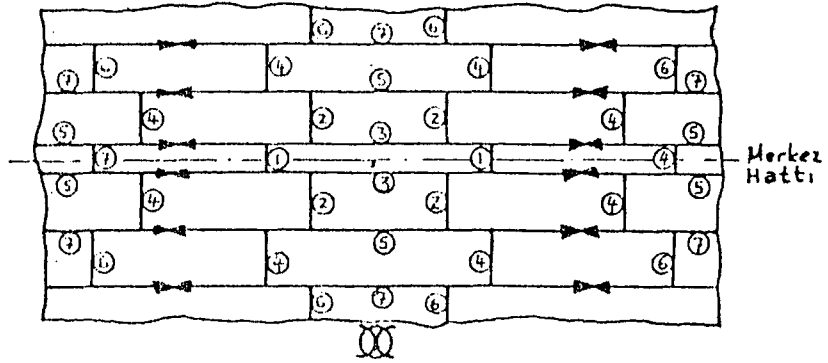
- 1)- Tamamen bitir ve bu uçta kaynak ağzı ağ.
- 2)- Armuz boyunca devamlı kaynak yap.

a)- DOğRU KAYNAK SIRASI

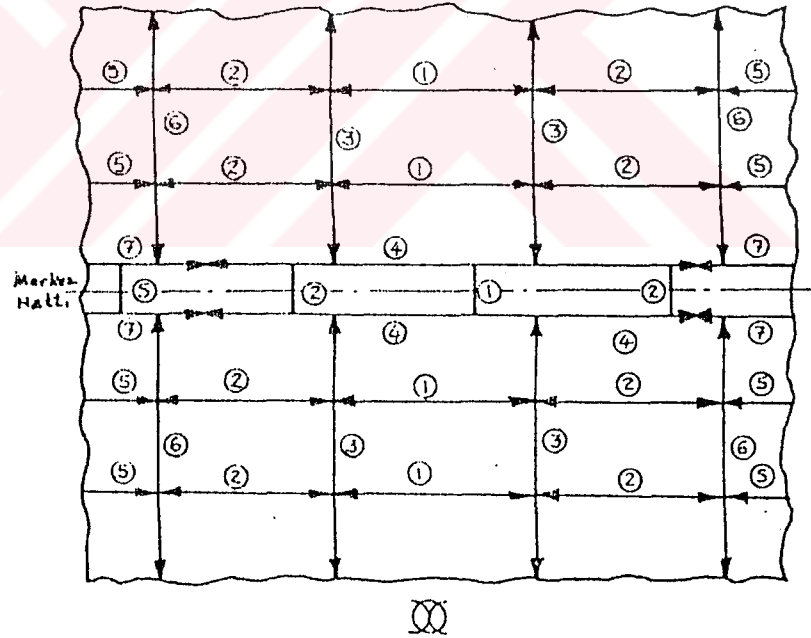


b)- DOğRU OLMAYAN KAYNAK SIRASI

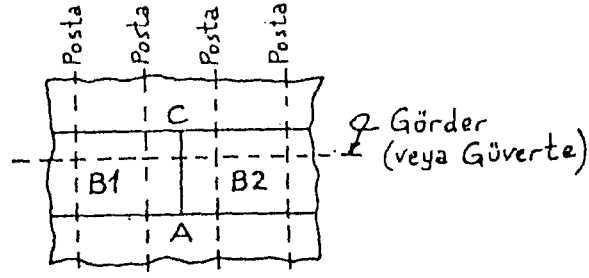
ŞEKİL: 4.13. Bir T Kesişmesindeki Kaynak Detayı



ŞEKİL: 4.14. Tekne Alt Saçlarının Şaşmış Sokralar Halinde Kaynak Sırası.



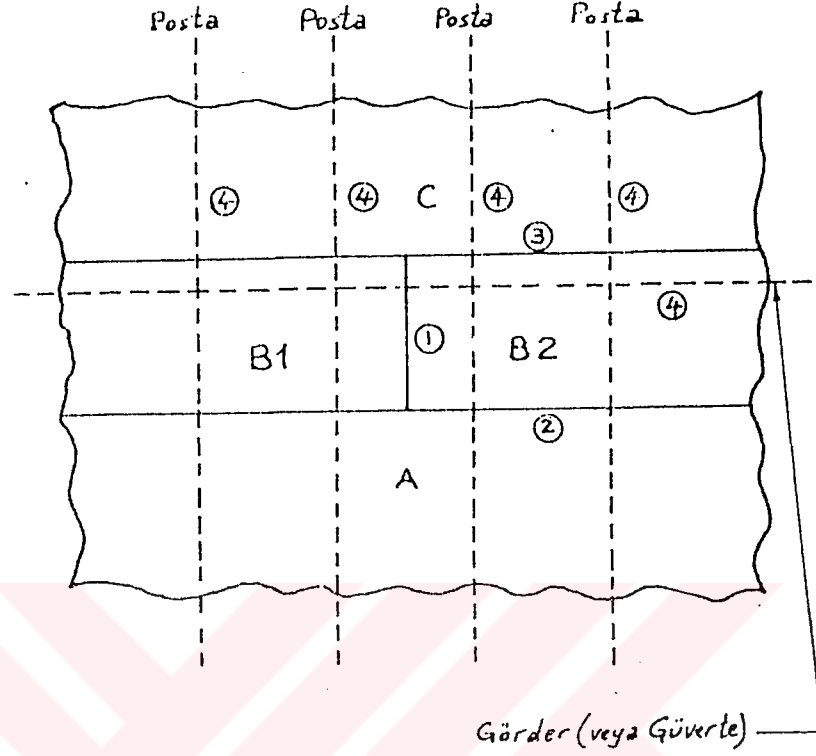
ŞEKİL: 4.15. Tekne Alt Saçlarının Yalnız Omurga Sokraları Şaşmış Durumda Kaynak Sırası



KAYNAK SIRASI:

- 1)- Postaları ve görderi (veya güverteyi) levhalara, kaynak edilmemiş sokra ve armuzlara 30 cm. kalıncaya kadar kaynat.
- 2)- Sokrayı tamamen kaynat.
- 3)- Görderin (veya güvertenin) sokranın etrafındaki kaynak edilmemiş kısmını (yani 60 cm.) kaynat.
- 4)- Teknenin merkezine bakan armuzunun kaynağını tamamla.
- 5)- Bu armuz civarındaki postaların bitmemiş kaynağını tamamla.
- 6)- Teknenin bordasına bakan armuzunun kaynağını tamamla.
- 7)- Bu armuz civarındaki postaların bitmemiş kaynağını tamamla.

ŞEKİL: 4.16. Levha ve Dahili Azaların Bağlantılarında Doğru Kaynak Sırası.



- ① Sokrayı tamamen kaynat.
- ② İç armuzu tamamen kaynat.
- ③ Dış armuzu tamamen kaynat.
- ④ Postaları ve Görderi (veya güverti) tamamen kaynat.

Not : ② ve ③ aynı zamanda kaynatılabilir.

ŞEKİL: 4.17. Levha Ölçüleri Ufak Olduğu Zaman
Levha Bağlantılarında Bir Diğer
Kaynak Sırası

4.5.1. Levhalı Blokların ve Stifnerlerin Kaynak Sırası

Levhalar, stifner kısımları yukarı gelecek şekilde yerleştirilir. Levhaları kaydattıktan sonra stifner ve postalar ayarlanır ve kaynağı yapılır. Bir tarafın kaynağı bittikten sonra blok ters çevrilir ve diğer taraftan kaynak ağız açılır ve kaynağı yapılır.

Levha sokra ve armuzları, diğer elemanları (stifnerler, postalar, kemereler, tülani ve görderler ile perdeler gibi) yerine yerleştirilmeden evvel her iki taraftanda tamamen kaynatılır. Böylece blok kısmı daha doğru ölçüler ile elde edilmiş olur. Bununla beraber, sokra ve armuzların yalnız bir taraftan kaynatılıp da döndürülme-ye hazır olmadan önce levhalı panelin geçişi takviye edilmesi temin edilebilir. Bu geçici takviye yapılmaz ise kaynaklarda çatlamaya sebep olabilir.

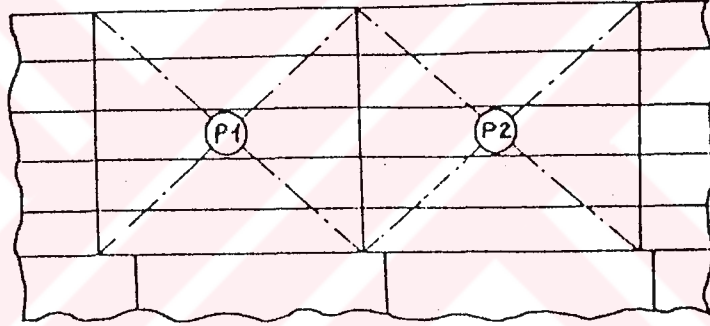
Bütün panel, levha ve üzerindeki elemanlar en son kaynak yapılmadan önce hep bir araya monte edilebilir. Böylece aynı anda daha fazla kaynakçı görevlendirilebileceği için iş hızlandırılabilir. Fakat bunun yanı sıra kaynakların fare delikleri boyunca tamamlanması gerekeceği için gerekli adam-saat miktarı artabilir. Buna ek olarak bu şekilde uygulanan sırada (a) ve (b) sıralarında olduğu gibi levha üzerine konan elemanların birbirine nazaran durumları aynı derecede kontrol altına alınamaz.

Prefabrike inşaat bloklarının gerçek ölçülerine uygun olmasının temini için iki usul tatbik edilebilir.

Kaynaktan önce levhalar tam ölçüsüne göre kesilir. Bu halde kaynak dolayısıyla meydana gelecek olan büzülme payını hesap etmek lazımdır.

Levhali panelin dış kenarlarında 25 veya 50 mm'lik bir fazlalık bırakılır. Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra gerçek ölçülere göre kesilir. Bu kesme işlemi atölyede veya teknede yerine montaj esnasında yapılabilir.

Genellikle, herhangi bir montaj işleminde levhalar-daki sokralarda yalnız bir taraftaki levhayı keserek işlemi tamamlamak iyi bir uygulamadır. Eklenecek yerdeki sokrada buluşacak levhalarda biri atölyede kaynak ağzı açılarak hazırlanır ve diğeri ise montaj esnasında ölçülere en uygun şekilde kesilerek işlem tamamlanır.



Notlar:

- 1)- P1 ve P2 Panellerindeki Armuzları Kaynat.
- 2)- Panel uçlarına 30 cm. kalıncaya kadar bütün Postaları Kaynat.
- 3)- Tekne Boyunca Kaynak Sırasında Panelleri tek bir levha gibi düşün.

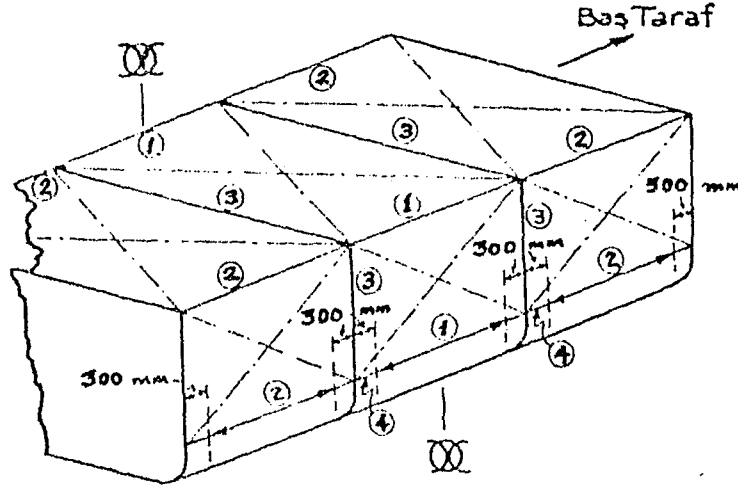
ŞEKİL: 4.19. Tekne Bordasındaki Paneller İçin Doğru Kaynak Sırası.

Kızak üzerindeki bir geminin en uygun kaynak sırası merkez omurgadan, ortadan başlayarak ve sancak/iskele eşit olarak uygulayarak aynı anda başa ve kığa doğru gitmektir. Dikine yönde ise dipten başlayarak sintine dönüşümüne doğru ilerlenir ve daha sonra borda levhalarına devam edilir. Bu sıra takip edilirse alt sıralardaki levhalar daha önce kaynak edilmiş olur. Tabi bu da teknenin üst taraflarında daralmasına yol açabilir ve bunun bir neticesi olarak tekne inşa kızakları üzerinde her iki başta kalkmasının aşağıdaki metodlardan birisi ile önüne geçilebilir.

a)- Borda ve güverte levhaları Şekil 4.19'da gösterildiği gibi müstakil paneller halinde hazırlanabilir. Paneller daha sonra stringer ve şiyer bağlantısında ve sintine dönüşümünde birbirine Şekil 4.20'de görüldüğü gibi kaynatılır.

b)- Tekne boyunun baştan ve kığtan 1/4 mesafelerinden veya biraz daha ortalarından başlamak üzere , ana güverte levhaları (şiyer sağıları dahil) dabil batım tank üstü ile ana güverte arasındaki borda sağılarındaki kaynatılmadan önce ayrı kısımlar halinde kaynatılır. Borda sağıları için tatbik edilecek kaynak sırası Şekil 4.21'de görüldüğü gibi son kaynaklar tekne derinliğinin ortasına gelecek şekilde tatbik edilir.

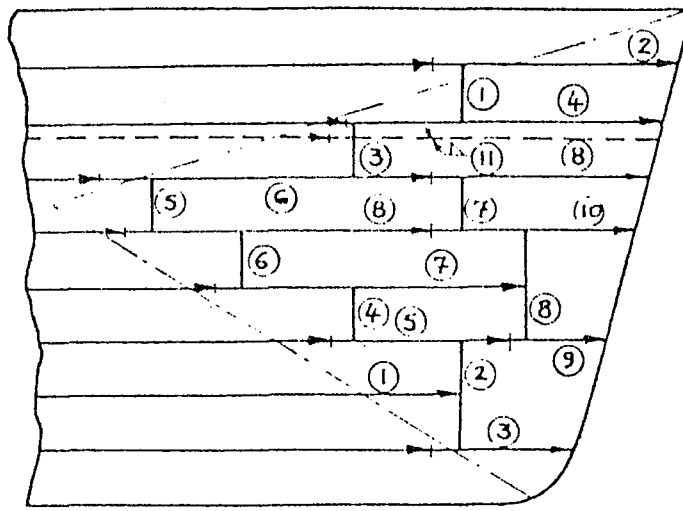
c)- Daha uygun bir kaynak sırası ise sintine dönüşlerini açık bırakmak ve stringerlerle şiyerin bağlantısını kaynatmamaktadır. Tekne dip sağıları, borda sağıları ve güverte sağıları ayrı paneller gibi düşünülebilir ve bu panellerin kaynağı montaja ve imalat programına uyacak şekilde kendi başlarına yapılabilir. Şekil 4.22'deki sıra takip edilebilir.



Notlar:

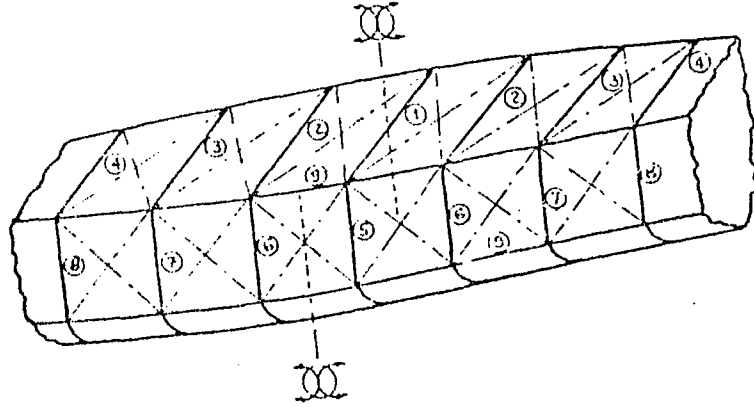
- a)- Borda ve güverte panellerini birleştirmeden önce tekne altı sintine dönüm sıralarını da içine alacak şekilde tamamen kaynatılır.
- b)- Tekne montajının geriye kalan kısmına şekilde gösterildiği gibi başa ve kığa simetrik olarak ilerliyerek devam edilir.
- 1 - Tekne ortasındaki borda levha paneli, güverte paneli ve dip kısımları arasındaki armuzları kaynat.
- 2 - Tekne ortasındaki borda levha panelinin baş ve kığ tarafındaki paneller ve bunlara tekabül eden güverte panele ve dip kısımları arasındaki armuzları kaynat. Sokraların her iki tarafında 300 mm. kadar, borda paneli ve dip kısımları arasındaki armuzlarının kaynaklarını bitirme.
- 3 - Tekne ortasındaki panellerle, baş ve kığdaki paneller arasındaki sokraları kaynat.
- 4 - Sintine dönümünde 2 maddedeki bitirilmeyen armuz kaynaklarını kaynat.

ŞEKİL: 4.20. Teknenin Baş ve Kığ Uçlarda Kalkmasına Mani Olmak İçin Tatbik Edilecek Kaynak Sırası (Çözüm A).



- 1)- Bu şekilde gösterilmiş olan kaynak sırasına bağlamadan önce dönüm saçıları dahil olmak üzere karine saçı ve giyer saçı dahil olmak üzere ana güverte saçı tamamen kaynak edilmiş olmalıdır.
- 2)- Bugün için teknenin baş ve kıç tarafları gibi nihayetleri atölyede daha önceden inşa edilip bir bütün halinde tekneye ilâve edildiğine göre bu umumî kaynak sırasının tatbik edilmesi şart olmayabilir.

ŞEKİL: 4.21. Gemi Baş Tarafının Kaynak Edilme Esnasında İnşa Kızakları Üzerinde Kalkmasına Mani Olmak İçin Tatbik Edilmesi Gereken Kaynak Sırası (Çözüm B).



Notlar:

a)- Borda ve Güverte levha panellerini birleştirmeden önce tekne altı tamamen kaynatılır. Sintine dönüm sacı tekne altı monte edilirken yerine konabilir veya teknenin altı tamamen kaynatıldıktan sonrağa bırakılabilir. Kaynak sırasında sintine dönüm sacı tekne altının geriye kalan bütün kısmıyla beraber yerine konmuş gibi gösterilmiştir.

b)- Borda ve Güverte panelleri biribirinden ayrı olarak atelyede veya kızak yolunda hazırlanır ve kaynatılır. Bu paneller bir bütün olarak (yani iç azalarda dahil) hazırlanırlar.

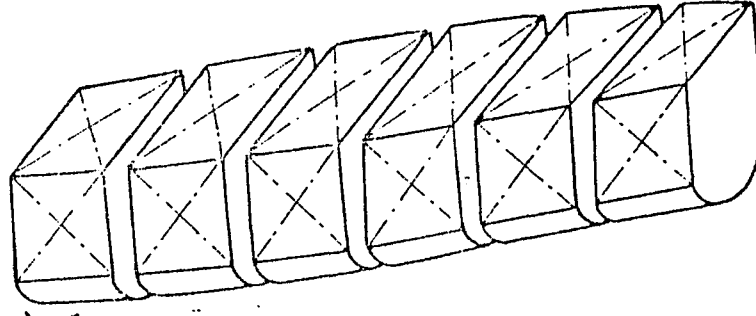
① - ④: Güverte panellerini biribirine kaynat.

⑤ - ⑧: Borda levha panellerini biribirine kaynat.

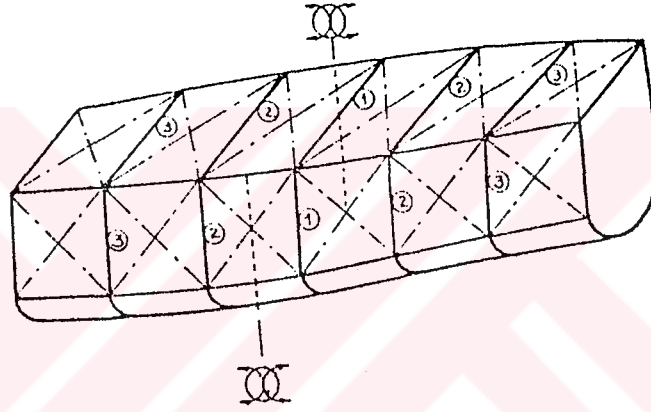
Güverte panellerinin biribirine kaynatılması borda panellerinin biribirine kaynağından önce yapılabilir veya akside olabilir. Yani güverte veya borda panel eklerinin kaynak sırası yer değiştirebilir.

⑨: Sintine dönümündeki ve Stringer bağlantısındaki armuzları kaynat.

ŞEKİL: 4.22. Teknenin Baş ve Kış Uçlarda Kalkmasına Engel Olmak İçin Tatbik Edilecek Kaynak Sırası (Çözüm C)



a)- Arzani Bloklar Biribirlerine Birleştirilmeden Önce.



Notlar:

1- Tekne Merkezine En Yakın olan blokları önce kaynat.

vs.

şekilde gösterildiği gibi 1 deki iki bloğa bağa ve kığa doğru simetrik olarak diğer blikları kaynakla birleştir.

a)-Enine Sokra Bağlantıları ile Biribirine Kaynatılmış Bloklar

şEKİL: 4.23. Teknenin Bağ ve Kığ Uçlarda Kalkmasına Engel Olmak İşin Tatbik Edilecek Kaynak Sırası (çözüm D).

d)- İmalat ve montajda en büyük serbestliği veren kaynak sırası ise Şekil 4.23'de gösterilmiştir. Gemi tadilat ve büyütmelerinde çok kullanışlı bir kaynak sırasıdır [17].

4.5.2. Tamirat İşlerinde Tatbik Edilecek Kaynak Sırası

Tamirat işlerinde tatbik edilecek kaynak sırası Şekil 4.24'de gösterilmiştir. Tamir işi mevcut ve daha rijit bir bünyeye yeni bir malzemenin eklenmesi gibi düşünülebilir. Bu durumda kaynaktan dolayı meydana gelecek büzülmeleri çok fazla sınırlayacağı gibi çok dikkat edilmesi gerekir. Şekil 4.24'te gösterilen kaynak sırası tamirat işlerinde tavsiye edilen tipik bir örnektir. Fakat Şekil 4.25'de gösterilen sıra için aşağıdaki ana kurallar her zaman esas alınmalıdır.

Yeni malzemenin konacağı kısımdaki bütün armuzları 300 mm kadar açmalıdır. Bu sokraların kaynağının daha uygun şartlar altında yapılabilmesi için şarttır.

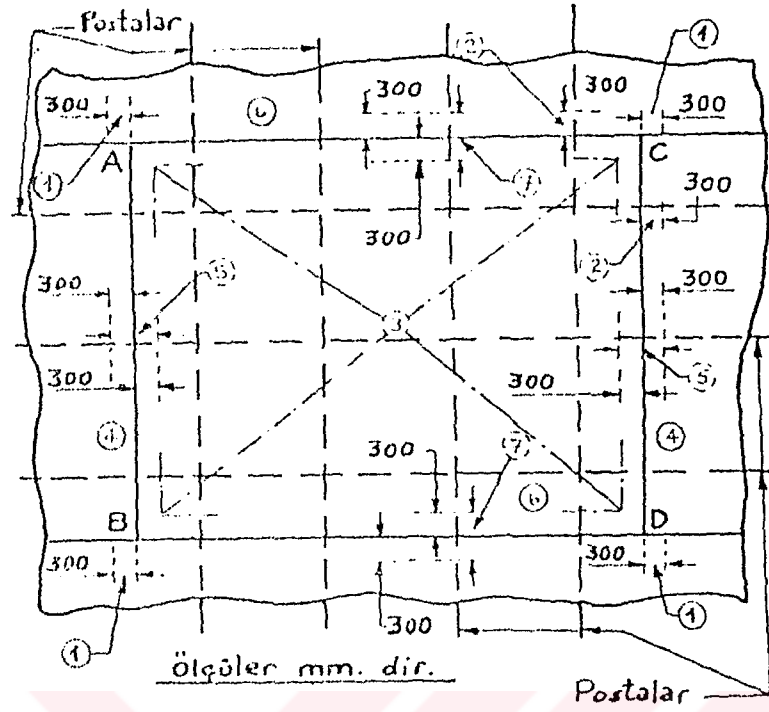
Herhangi bir posta veya takviyeyi açıklığın uçlarından 300 mm kadar serbest bırakılır. Bu gerilmeleri en azedeğere düşürebilmek için gereklidir.

Kaynak işlemi önce merkezi bir yerden başlamalı ve simetrik olarak uçlara doğru ilerlenmelidir. Kaynak işlemi mümkün olduğu kadar kapalı kalacak iç gerilmelerden serbestliğe doğru geliştirilmelidir. Tamir işlerinde en son yapılan sokra ve armuz kaynakları genellikle gizli iç gerilmeleri en az duruma indirebilecek şekilde biraz fazlaca tutulmalıdır.

Bir sokra bir armuza rastlarsa, sokranın kaynağı tamamlanıncaya kadar sokranın her iki tarafında armuzdan 300mm'lik kısım kaynatılmadan bırakılmalıdır.

Eğer iç gerilmelerin önüne tamamen geçilemiyorsa dikkatli ve doğru bir damalı kaynak kalafatı kalemeleri kullanılarak kısmen de olsa iç gerilmelerin giderilmesine çalışılmalıdır [18].





Notlar:

- ① Sokraları kaynatmak için mevcut malzemenin armuz Kaynaklarını 300 mm. Kadar kes.
- ② Gerilmeleri en az değere düşürmek için mevcut yapıdaki herhangi bir posta kaynağını 300 mm kadar serbest bırak. (Bu ameliye şekilde 2 noktada gösterilmiştir).
- ③ Postaları, kaynatılmamış bütün armuz ve sokralara 300 mm. kalıncaya kadar kaynat.
- ④ Sokraları tamamen kaynat
- ⑤ Sokraların etrafındaki bitmemiş posta kaynaklarını tamamla. (Önce Posta sokralarını kaynat).
- ⑥ Armuzları kaynat.
- ⑦ Armuzların etrafındaki bitmemiş posta kaynaklarını Tamamla. (Önce Posta sokralarını kaynat).

ŞEKİL: 4.24. Tekne Tamiratında Kaynak Sırası.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gemi konstrüksiyonlarında karşılaşılan sorunlardan en önemlisi distorsiyondur. Distorsiyon, kaynak esnasında ısınma ve soğuma periyodları sırasında, çeşitli sıcaklık derecelerine kadar ısınmış kaynak bölgesinin üniform olmayan genleşme ve büzülmesi sonucu ortaya çıkar. Aynı malzeme ve aynı konstrüksiyon halinde bu olayın etkinliği, uygulanan özgül ısı girdisi ve kaynak bölgesinin genişliğine bağlı olarak değişir. Olay konstrüksiyonun rijitlik derecesi, kütlesi, malzemenin akma sınırı, elastiklik modülü, ısı genleşme katsayısı, ısı iletim katsayısı, erime sıcaklığı, özgül ısı girdisi, kaynak bölgesinin boyutları ve konstrüksiyon ile kaynak bölgesi arasındaki sıcaklık farkı ile büyük bir çoğunluğu sıcaklığın fonksiyonu olarak değişen çok çeşitli faktörlerin etkisindedir.

Kaynak işleminde, çelik malzemeler bir noktada yüksek sıcaklıkta ısıtılırlar ve buna uygun olarak kaynaklanmış yapıda malzemelerin distorsiyonu kaçınılmaz olur. Şüphesiz imal etme ve dizayn safhalarında anti-distorsiyon tedbirlerinin alınması ile distorsiyonu minimuma indirmek mümkündür. Bu konuda alınması gerekli önlemlerin başlıcaları şu şekilde sıralanabilir.

A- Konstrüktif önlemler

- 1- Kaynak tekniğine uygun bir dizayn hazırlanmalıdır.
- 2- Kaynak dikişleri, projede verilmiş olan ölçülerden daha büyük yapılmamalıdır; zira yığılan kay-

kaynak metalinin artması çekme ve çarpılmaların fazlalaşmasına neden olur.

- 3- Özellikle ince saçlarda, mümkün olan hallerde, iç köşe dikişleri aralıklı bir biçimde düzenlenmelidir.
- 4- Kaynak dikişleri konstrüksiyonun ağırlık eksenine ile çakıştırılmalı veya dikişlerin simetrik olmasına çalışılmalıdır.
- 5- Kaynak dikişleri birbirine çok yakın olmamalıdır.
- 6- Kuvvet çizgisinin düzgün akışı açısından, alın birleştirmeleri tercih edilmelidir.
- 7- Kuvvet akışlarının keskin yön değiştirmelerinden kaçınılmalıdır.
- 8- Çok eksenli gerilme halinin oluşmaması için, dikişlerin düğüm halinde birleşmelerinden kaçınılmalıdır.
- 9- Konstrüksiyon, kaynak esnasında kendini çekebilecek tarzda dizayn edilmeli ve montaj esnasında bu konuya özellikle dikkat edilmelidir.
- 10- Konstrüksiyonlarda, iyi bir şekil değiştirme yeteneğine sahip sünek malzemelerin kullanılmasına özen gösterilmelidir.

B- Teknolojik Önlemler

- 1- Elektrod çapı ve akım şiddeti parça kalınlığına uygun olarak belirlenmeli ve bu şekilde parçaya gereksiz olarak fazla miktarda ısı verilmesi önlenmelidir.
- 2- Uygun bir kaynak sırası (planı) hazırlanmalıdır.
- 3- Açısal çarpılmayı azaltmak bakımından, kaynak ağızları olduğunca kalın pasolar ile doldurulmalıdır.

- 4- Geniş kaynak ağızlarının doldurulmasının gerekli olduğu hallerde, önce dar pasolar ile ağzın yan yüzlerine metal yığılmalı ve en son ortadaki passo kaynak edilerek parça birleştirilmelidir.
- 5- Açısal çarpılmayı azaltmak için simetrik dikişler sıra ile çekilmelidir.
- 6- Olanakların elverdiği ölçüde, sıçrama ve geri adım yöntemi ile kısa dikişler uygulanarak kaynak yapılmalıdır.
- 7- Takviyeler mümkün olduğu kadar en son kaynak edilmelidir.
- 8- Jig veya tesbit düzeneği içinde kaynak edilmeleri olmayan parçalar, enine kendini çekme doğrultusunda belirli bir hareket miktarına olanak verecek biçimde el mengeneleri ile tesbit edilmelidirler.
- 9- Enine çekmeleri önceden azaltmak için, parçalar önceden kuvvetli bir şekilde puntalanmalıdır.
- 10- Yanma oluklarından kaçınılmalıdır, bunlar gerilme yığılmalarına neden olurlar.

KAYNAKLAR

- [1] DİKEÇ, F., KAYALI, E.S., ÇİMENÖĞLU, H., Deniz Yapılarında Kullanılan Malzemelerdeki Gelişmeler Türk Loydu 1. Uluslararası Teknik Kongresi Bildiri Kitabı, 20-22/5/1992.
- [2] OĞUZ, B., Karbonlu ve Alaşımlı Çeliklerin Kaynağı Metalurji-Uygulama, Oerlikon Yayını, 2. Baskı, İstanbul, 1987.
- [3] TUĞLAN, B., Çelik Tekne Malzemeleri, TMMOB Gemi Mühendisleri Odası, Yayın no:5, İstanbul, 1979.
- [4] ABINGTON, I.W., Key Knowledge For Welding Inspection Personnel, W.I.S.5., The Welding Institute Abington, CAMBRIDGE, 1988.
- [5] ARNOTT, D., Desing And Construction of Steel Merchant Ships, Published by The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1955.
- [6] TAGGART, R., Ship Design and Construction, Published by the Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York, 1980.
- [7] ANIK, S., Kaynaklı Parçalarda Oluşan Çekme ve Çarpılmalar Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt 24, Sayı 284 Haziran 1983.
- [8] SHIPBUILDING TECHNOLOGY SERIES, 1991. Distortion Fairing Volume 3.II of Hull Construction Part The Society of Naval Architects of Japan
- [9] KMIECIK, M., A Review of Fabrication Distortion Tolerances for ship plating in the light of the compressive strength of plates lloyd's Register Technical Association paper No:6 session 1986, 87.
- [10] DET NORSKE VERITAS, Kaynaklı Gemi Konstrüksiyonun Termik Metotla Doğrultulması, Teknik Talimat TT-015, Pendik Tersanesi Endüstri Müh. Bürosu 1985.

- [11] DET NORSKE VERITAS, Materials and Welding, Instructions To Surveyors, Ships in Service-New Buildings, No:1-2, 1981.
- [12] ANIK, S., Kaynaklı Gemi Konstrüksiyonunda Oluşan Distorsiyonlar ve Bunların Alevle Düzeltilmesi Esasları, Gemi İnşaatı Teknik Kongresi, 1989.
- [13] ANIK, S., Kaynaklı Parçalarda Oluşan Kendini Çekme ve Çarpılmalar, Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt 24, Sayı 285, Temmuz 1983.
- [14] ANIK, S., Oksi-Asetilen ve Elektrik-Ark Kaynağı, Kaynak Tekniği, Cilt 1. Üçüncü Baskı, İstanbul, 1980.
- [15] ANIK, S., Tersanelerde Kaynak Planının Hazırlanması, Gemi Mühendisleri Odası Konferans Yayını No:2, İstanbul, 1969.
- [16] TUĞLAN, B., Gemi Konstrüksiyon Detayları, Gemi Müh. Odası Yayını, No:2, İstanbul, 1969.
- [17] DET NORSKE VERITAS, Stifnerlerin Kaynağı, Teknik Talimat TT.023 Pendik Tersanesi Endüstri Müh. Bürosu, İstanbul, 1989.
- [18] ANIK, S., Örtülü Elektrod ile Elektrik Ark Kaynağı Gedik Holding Yayını, İstanbul, 1991.

ÖZGEÇMİŞ

27.9.1964 tarihinde İstanbul'da doğdu. Orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 1982-83 öğretim yılında İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesine girdi. 14.5.1984 tarihinden itibaren öğrenimine Dz.K.K. hesabına askeri öğrenci olarak devam etti. 1987 yılında İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesinden Gemi İnşaatı ve Makinaları Mühendisi olarak mezun oldu. 1987-89 tarihlerinde Dz. K.K. Gölcük Tersanesi K.lığında "Motorlu Gemiler Onarım Subayı", 1989-91 tarihlerinde Dz. K.K. Taşkızak Tersanesi K.lığında "Tekne Dizayn Mühendisi" olarak görevlendirildi. 1990-91 öğretim yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen Dz. K.K. Taşkızak Tersanesi K.lığında üstteğmen rütbesinde "Yeni Gemi İnşaa Proje Subayı" olarak görev yapmaktadır.