

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEMİ İNŞAATINDA KAYNAK SIRASI
YÖNTEM İLİŞKİSİ ve KAYNAK MUAYENE
PLANLARININ İNCELENMESİ**

Makine Müh. Bora Evren BALIK

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Nurullah GÜLTEKİN

İSTANBUL, 2008

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEMİ İNŞAATINDA KAYNAK SIRASI
YÖNTEM İLİŞKİSİ ve KAYNAK MUAYENE
PLANLARININ İNCELENMESİ**

Makine Müh. Bora Evren BALIK

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Nurullah GÜLTEKİN

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	ii
KISALTIMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ÖNSÖZ.....	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAKLI BİRLEŞTİRMELERDE OLUŞAN GERİLMELER ve DİSTORSİYONLAR.....	3
2.1 Kaynak İşleminde Oluşan Gerilmeler.....	3
2.1.1 Artık Gerilmelerin Oluşum Nedenleri.....	3
2.1.2 Gerilmelerin Kaynak Metali Üzerindeki Dağılımlarının İncelenmesi.....	7
2.2 Kaynak Sonucunda Distorsiyonların Oluşumu.....	10
2.2.1 Kaynaklı Birleştirmelerde Distorsiyon Oluşmasına Etki Eden Faktörler....	13
2.2.1.1 Konstrüksiyonun rijitlik derecesi.....	13
2.2.1.2 Malzemenin metalürjik özellikleri.....	13
2.2.1.3 Isıl genleşme katsayısı.....	13
2.2.1.4 Isıl iletkenlik katsayısı.....	14
2.2.1.5 Kaynak hızı.....	14
2.2.1.6 Kaynak metalinin erime sıcaklığı.....	14
2.2.1.7 Akma mukavemeti.....	14
2.2.1.8 Elastiklik modülü.....	14
2.3 Çarpımalara ve Gerilmelere Engel Olmak için Alınacak Önlemler.....	15
2.3.1 Yapısal önlemler.....	15
2.3.2 Teknolojik önlemler.....	16
2.3.3 İşletmeyle ilgili önlemler.....	16
2.3.4 Kaynaktan sonraki önlemler.....	16
2.4 Kaynaklı Parçalarda Oluşan Distorsiyonların Düzeltilmesi.....	19
3. GEMİ İNŞAATINDA KULLANILAN ÇELİKLER ve ÖZELLİKLERİ..	24
3.1 Çeliklerde Kaynak Bölgesi.....	24
3.2 Çelik Tekne İmalatında Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri.....	27
3.3. Gemi İnşaatında Kullanılan Çelikler.....	28
3.4 Karbon Eşdeğerliği Kavramı.....	31

4.	GEMİLERDE KONSTRÜKSİYON TİPLERİ ve BÜNYE ELEMANLARI.....	35
4.1	Gemilerde Konstrüksiyon tipleri.....	35
4.2	Gemi Elemanları.....	39
5.	GEMİLERİN ZORLANMASI VE KONSTRÜKSİYONU ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	44
5.1	Gemilerin Yapısı.....	44
5.2	Gemilerin Sakin Suda Zorlanması.....	45
5.3	Gemilerin Dalgalarda Zorlanması.....	45
5.4	Kesit Gerilmeleri ve Boyutlandırmayı Etkileyen Faktörler.....	47
5.5	Yapı Elemanlarının Zorlanması.....	47
6.	GEMİ İNŞAATINDA KULLANILAN KAYNAK YÖNTEMLERİ.....	49
6.1	Oksi-asetilen Kaynak Yöntemi.....	49
6.2	Elektrik Ark Kaynağı.....	51
6.3	Gazaltı Kaynak Yöntemleri (TIG/MIG/MAG).....	51
6.4	Tozaltı Kaynak Yöntemi.....	51
7.	GEMİ İNŞAATINDA KAYNAK SIRASI.....	52
7.1	Kaynak Sırası ve Kaynak Sırası Planı.....	52
7.2	Kaynak Sıralarının Oluşturulmasında Göz Önüne Alınması Gereken Kurallar.....	53
7.3	Kaynak Planlarının Hazırlanması.....	55
7.4	Kaynak Sırası Planlarının Hazırlanması.....	56
7.5	Gemi İnşaatında Uygulanan İmalat Yöntemleri Kaynak Sırasına Etkisi.....	58
7.5.1	Gemi İnşaatında Uygulanan İmalat Yöntemleri.....	58
7.5.2	Blok Planlarının Hazırlanması.....	59
7.5.3	Blok Planlarının Hazırlanması.....	59
7.5.4	Dış Kaplama Saclarının Yerleştirilmesi.....	61
7.5.5	Blok Birleştirmesindeki Dış Kaplama Kaynağı.....	63
7.5.6	Bloğa Ait Dış Kaplama Kaynağı.....	64
7.5.7	Blokların Birleştirilmesindeki Sıra ve Kaynak Yöntemleri.....	68
8.	GEMİ İNŞAATINDA KLASLAMA ve TOLERANSLAR.....	110
8.1	Klas kuruluşları: Tarihi Bilgi ve İşlevleri.....	110
8.2	IACS - International Association of Classification Societies.....	112
8.2.1	Gemi İnşaatında Toleranslar – IACS Kuralları.....	113

9.	YENİ İNŞA GEMİLERDE KAYNAK MUAYENE PLANLARININ ÇIKARILMASI.....	124
9.1	Gemi İnşada Kullanılan Muayene Yöntemleri.....	124
9.1.1	Göz ile Muayene.....	125
9.1.2	Manyetik Parçacık ve Penetrant Boya ile Muayene.....	125
9.1.3	Radyografik ve Ultrasonik Muayene.....	127
9.2	Kaynak Muayene Planlarının Oluşturulması.....	130
10	İNŞAATI YAPILAN BİR GEMİNİN İNCELENMESİ.....	132
10.1	Römorkörün ana özellikleri.....	132
10.2	Römorkörün kısaca tanıtımı.....	133
10.3	ASD 32-65 Römorkörü İmalat Aşamaları.....	135
10.4	ASD 32-65 Römorkörü Blokları ve Blok Planı.....	137
10.5	Örnek Gemi Bloklarının İmalat Sıraları ve Buna Uygun Olarak Kaynak Planlarının Oluşturulması.....	144
10.6	Örnek Geminin Kritik Noktalarının Belirlenmesi ve Kaynak Muayene Planının Çıkarılması.....	167
11	SONUÇ.....	174

KAYNAKLAR

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

KISALTMA LİSTESİ

CNC	Computurized Numerical Control
TIG	Tungsten Inert Gas Kaynak Yöntemi
MIG	Metal Inert Gas Kaynak Yöntemi
MAG	Metal Aktif Gas Kaynak Yöntemi
TL	Türk Loydu
ITAB	Isının Tesiri Altındaki Bölge
LR	Lloyd's Register
IACS	International Association of Classification Societies
ABS	American Bureau of Shipping
GL	Germanischer Lloyd
BV	Bureau Veritas
DNV	Det Norske Veritas
RINA	Registro Italiano Navale
RRS	Russian Maritime Register of Shipping
NKK	Nippon Kaiji Kyokai
CCS	China Classification Society
KR	Korean Register of Shipping
ASD	Azimuth Stern Drive
SOLAS	Safety of Life at Sea

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Alın kaynaklarında oluşan enine ve boyuna artık gerilmeler.....	4
Şekil 2.2	İç köşe kaynaklarında oluşan enine ve boyuna artık gerilmeler.....	4
Şekil 2.3	Alın kaynaklarında oluşan açısız distorsiyon.....	5
Şekil 2.4	İç köşe kaynaklarında oluşan distorsiyon.....	5
Şekil 2.5	Gerilmelerin kaynak metali sıcaklığına bağlı olarak değişimleri.....	8
Şekil 2.6	Alın kaynağında meydana gelen enine ve boyuna gerilmeler.....	9
Şekil 2.7	Örnek bir çelik çubuğun, değişik koşullardaki ısıtma ve soğutma sonucu distorsiyonu.....	10
Şekil 2.8	Köşe kaynaklarında kalıntı gerilmelerin oluşumu.....	11
Şekil 2.9	Değişik kaynak hızlarında kaynak ısısının ana metale etkisi.....	12
Şekil 2.10	İç köşe birleştirmelerinde açısız distorsiyonun kaynak dikiş yüksekliği ile değişimi.....	15
Şekil 2.11	Alın birleştirmelerinde açısız distorsiyonun kaynak ağızı açısı ile değişimi.....	16
Şekil 2.12	Gerilme ve distorsiyonları azaltmaya yönelik önlemler.....	17
Şekil 2.13	Gerilme ve distorsiyonları azaltmaya yönelik önlemler.....	18
Şekil 2.14	Üçgen tavlama düzenlemesi.....	20
Şekil 2.15	Satranç tavlama düzenlemesi.....	20
Şekil 2.16	Helezonik tavlama düzenlemesi.....	21
Şekil 2.17	Noktalı tavlama düzenlemesi.....	21
Şekil 2.18	Yanyana noktalama ve çizgisel tavlama düzenlemeleri.....	21
Şekil 2.19	Zikzak tavlama düzenlemesi.....	22
Şekil 2.20	Isı çemberi ve ısı elipsi tavlama yöntemi.....	22
Şekil 2.21	Isı kaması tavlama yöntemi.....	22
Şekil 2.22	Isı yolu ve ısı kaması yöntemi.....	23
Şekil 2.23	Isı haçı ve ısı çemberi yöntemi.....	23
Şekil 3.1	Kaynak sırasında ısının tesiri altındaki bölge.....	24
Şekil 3.2	Kaynak metali ve ITAB'da oluşan iç yapılar.....	26
Şekil 4.1	Enine konstrüksiyonda dip ve perde yapısı.....	36

Şekil 4.2	Boyuna sistem dip konstrüksiyonu.....	36
Şekil 4.3	Kombine bünyesel konstrüksiyonu.....	37
Şekil 4.4	Panellerde kullanılan profil tipleri.....	38
Şekil 4.5	Panellerin derin elemanlarla takviyesi.....	38
Şekil 4.6	Baş taraf konstrüksiyonu.....	41
Şekil 4.7	Enine sistemde ana güverte ve gladora güvertesi.....	41
Şekil 4.8	Enine perde borda tulanisi bağlantısı.....	42
Şekil 4.9	Borda bünyesel detayı.....	42
Şekil 4.10	Klasik tip dökme yük gemisi yapısı.....	43
Şekil 4.11	Baklavali perde.....	43
Şekil 5.1	Gemi teknesinin maruz kaldığı kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri.....	45
Şekil 5.2	Dalga tepesi ve dalga çukurunda oluşan sarkma ve çökme hareketleri.....	46
Şekil 5.3	Gerilmelerin ve burulmaların gemi en kesitindeki dağılımları.....	46
Şekil 5.4	Gerilmelerin gemi boy kesitindeki dağılımları.....	47
Şekil 5.5	Perdelerdeki ve dış kaplamadaki gerilmeler.....	47
Şekil 5.6	Cidar kalınlığı arttırılması gereken yerlerde kullanılan dik takviyeler	48
Şekil 5.7	Sacdan imal edilen stifnerler.....	48
Şekil 6.1	CNC tezgahı için hazırlanan kesim resmi	50
Şekil 7.1	Sürekli ve süreksiz alın kaynaklarının karşılaşması durumu.....	53
Şekil 7.2	Uzun dikişlere ait kök pasoların geri adım usulü ile kaynatılması.....	54
Şekil 7.3	Kaynak sırası ve kaynakçı sayısının şematik gösterimi.....	57
Şekil 7.4	Dış kaplama sacların ve postaların örnek dış kaplama resminde gösterimi.....	62
Şekil 7.5	Panellerin tozaltı kaynağında uygulanacak kaynak sırası.....	65
Şekil 7.6	Profillerin panellere kaynağı.....	66
Şekil 7.7	Döşek ve tulanilerin dip ve iç dip kaynağı.....	67
Şekil 7.8	Armuz ve sokraların veya dört sacın kesiştiği yerlerde kaynak sırası	68
Şekil 7.9	İç postaların bağlandığı yerlerde levha sokra ve armuzların tipik kaynak sırası.....	69

Şekil 7.10	Sokraların şaşırtıldığı yöntemde sokra ve armuzların tipik kaynak sırası.....	70
Şekil 7.11	Dış kaplamada sokraları aynı doğrultuda olan yerlerde kaynak.....	71
Şekil 7.12	Armuz tarafından kesilen postaların kaynağı.....	72
Şekil 7.13	Kızakta blok eklerinde genel kaynak sırası.....	73
Şekil 7.14	Gemi baş tarafının kaynak edilme esnasında kızak üzerinde kalkmasını engellemek için uygulanması gereken kaynak sırası.....	73
Şekil 7.15	Teknenin baş ve kış uçlarda kalkmasını önlemek için uygulanacak kaynak sırası.....	74
Şekil 7.16	Posta, tülani, kemere kapatma sacların kaynağı.....	75
Şekil 7.17	Tülani takviyelerinin ve stifnerlerin kaynağı.....	76
Şekil 7.18	Hazırlanmış sacların kaynağı.....	77
Şekil 7.19	Hazırlanmış sacların kaynağı.....	78
Şekil 7.20	Hazırlanmış sacların kaynağı.....	79
Şekil 7.21	Hazırlanmış sacların kaynağı.....	80
Şekil 7.22	Güverte, perde ve dip bağlantı konstrüksiyonları.....	81
Şekil 7.23	Çift dip ile dış kaplama kaynakları.....	82
Şekil 7.24	Dablin saclarının kaynağı.....	83
Şekil 7.25	Ambar mezarnalarının kaynağı.....	84
Şekil 7.26	Hazırlanmış çift dip saclarının kaynağı.....	85
Şekil 7.27	Hazırlanmış çift dip saclarının kaynağı.....	86
Şekil 7.28	Hazırlanmış çift dip saclarının kaynağı.....	87
Şekil 7.29	Hazırlanmış perde kaynağı.....	88
Şekil 7.30	Hazırlanmış perde kaynağı.....	89
Şekil 7.31	Hazırlanmış perde kaynağı.....	90
Şekil 7.32	Hazırlanmış perde kaynağı.....	91
Şekil 7.33	Hazırlanmış dış kaplama saclarının kaynağı.....	92
Şekil 7.34	Hazırlanmış dış kaplama saclarının kaynağı.....	93
Şekil 7.35	Hazırlanmış dış kaplama saclarının kaynağı.....	94
Şekil 7.36	Hazırlanmış dış kaplama saclarının kaynağı.....	95
Şekil 7.37	Hazırlanmış güverte saclarının kaynağı.....	96

Şekil 7.38	Hazırlanmış güverte saclarının kaynağı.....	97
Şekil 7.39	Hazırlanmış güverte saclarının kaynağı.....	98
Şekil 7.40	Hazırlanmış güverte saclarının kaynağı.....	99
Şekil 7.41	Üst binaların hazırlanmış sacların kaynağı.....	100
Şekil 7.42	Üst binaların hazırlanmış sacların kaynağı.....	101
Şekil 7.43	Kıç konstrüksiyon kaynağı.....	102
Şekil 7.44	Kıç konstrüksiyon kaynağı.....	103
Şekil 7.45	Baş tarafın kaynak sırası.....	104
Şekil 7.46	Baş tarafın kaynak sırası.....	105
Şekil 7.47	Baş tarafın kaynak sırası.....	106
Şekil 7.48	Baş tarafın kaynak sırası.....	107
Şekil 7.49	Blokların kaynağı.....	108
Şekil 7.50	Blokların kaynağı.....	109
Şekil 9.1	Manyetik parçacık ve penetrant boya ile muayene yöntemleri.....	126
Şekil 9.2	Radyografik muayene yönteminin şematik gösterimi.....	127
Şekil 9.3	Ultrasonik muayene sonucu örneği.....	128
Şekil 10.1	ASD 32-65 römorkörünün bordadan şematik görünümü.....	134
Şekil 10.2	ASD 32-65 Römorkörünün blok planı.....	143
Şekil 10.4	Blok 3 – Makine dairesinin imalat kısımları.....	146
Şekil 10.5	Blok 3 Ana güverte kısmı genel görünümü.....	147
Şekil 10.6	Blok 3 Ana Güverte Kısmı Panel Sacları ve Kaynak Sıraları.....	148
Şekil 10.7	Blok 3 Ana Güverte Kısmı Panel Profillerinin Dizilmesi ve Profillerin Kaynak Sırası.....	149
Şekil 10.8	Blok 3 Ana Güverte Kısmı Derin Postaların Kaynak Sıraları.....	150
Şekil 10.9	Blok 3 Baş Double Bottom Kısmı Genel Görünüm ve Blok Elemanları.....	151
Şekil 10.10	Blok 3 Baş Double Bottom Kısmı Genel Görünüm ve Blok Elemanları.....	152
Şekil 10.11	Blok 3 Baş Double Bottom Kısmı Döşeklerin Kaynak Sırası.....	153
Şekil 10.12	Blok 3 Yan Duvar Sancak Kısmı Blok İmalatı Tamamlanmış Durum	154

Şekil 10.13	Blok 3 Yan Duvar Sancak Kısmı Dış Kaplama Paneli Tozaltı Kaynak Sıraları.....	155
Şekil 10.14	Blok 3 Yan Duvar Sancak Kısmı Dış Kaplama Panel Profillerinde Kaynak Sıraları.....	156
Şekil 10.15	Blok 3 Yan Duvar Sancak Kısmı İç Cidar Paneli Kaynak Sıraları.....	157
Şekil 10.16	Blok 3 Yan Duvar Sancak Kısmı İç Cidar Panel Profillerinin Kaynak Sıraları.....	158
Şekil 10.17	Blok 3 Yan Duvar Sancak Kısmı Ana Güverte Panel Postalarının Kaynak Sıraları.....	159
Şekil 10.18	Blok 3 Yan Duvar Sancak Kısmı Ana Güverte Kaynak Sıraları.....	160
Şekil 10.19	Blok 3 Ana Makine Temeli Blok Elemanları.....	161
Şekil 10.20	Blok 3 Ana Makine Temeli Dip Güverte-Ana Makine Ayağı Arası Kaynak Sıraları.....	162
Şekil 10.21	Blok 9 Üst Bina 2.Kat İmalat Kısımları.....	163
Şekil 10.22	Blok 9 Üst Bina 2.Kat Köprü Güverte Paneli.....	164
Şekil 10.23	Blok 9 Üst Bina 2.Kat Köprü Güverte Panel Profillerinin Kaynak Sıraları.....	165
Şekil 10.24	Blok 9 Üst Bina 2.Kat Köprü Güverte Derin Posta ve Tülanilerin Kaynak Sırası.....	166
Şekil 10.25	Blok 9 Üst bina 2.kat ön göğüs panel sacları ve kaynak sırası.....	167
Şekil 10.26	Blok 9 Üst bina 2.kat ön göğüs panel profillerinin kaynak sıraları.....	168
Şekil 10.27	Blok 9 Üst bina 2.kat tüm panellerin montajı.....	169
Şekil 10.28	Blok 9 Üst bina 2.kat blok eki kaynakları.....	170
Şekil 10.29	Blok 9 Üst bina 2.kat blok eki kaynakları.....	171

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1	Normal mukavemetli gemi yapım çeliğinin kimyasal bileşimi.....	28
Çizelge 3.2	Yüksek mukavemetli gemi yapım çeliğinin kimyasal bileşimi.....	29
Çizelge 3.3	Klas Kurallarına göre normal ve yüksek mukavemetli gemi inşa çeliğinin karşılaştırılması.....	30
Çizelge 3.4	Yüksek mukavemetli çelik için Karbon Eşdeğeri.....	31
Çizelge 3.5	Ön tav sıcaklıkları.....	33
Çizelge 3.6	Çelik sınıflarına göre tavlama sıcaklıkları.....	34
Çizelge 8.1	Flenç Bükülmüş Elemanlarda Toleranslar.....	114
Çizelge 8.2	Kaynaklı imal edilen elemanlarda toleranslar.....	115
Çizelge 8.3	Dikmeler, braketler ve stifnerlerdeki toleranslar.....	116
Çizelge 8.4	Dikmeler, braketler ve stifnerlerdeki toleranslar.....	117
Çizelge 8.5	İmalatı tamamlanmış bloklardaki distorsiyon toleransları.....	118
Çizelge 8.6	Ön imalatı tamamlanmış kısımlardaki distorsiyon toleransları.....	119
Çizelge 8.7	Şekilsel ölçüler.....	120
Çizelge 8.8	Ana boyut toleransı.....	121
Çizelge 8.9	İki posta arasındaki sacın düzgünlüğü.....	122
Çizelge8.10	Destekleyici elemanlar arası sac deformasyon toleransları.....	123
Çizelge 9.1	Bağlantı tipi, kalınlık ve metot ilişkisi.....	129

ÖNSÖZ

Günümüzde gemi inşaatı, Klas kuruluşları ile tamamen kontrol altında tutulmaktadır. Bu kontrollerin amaçlarından bazıları; gemi konstrüksiyonundaki distorsiyonların toleranslar içinde kalmasını ve gemilerde uygulanan kaynaklı birleştirmelerdeki hataları en aza indirmeyi sağlamaktır. Gemi inşaatında distorsiyonları kontrol altında tutabilmek için uygun kaynak sıraları belirlenmeli ve uygulama esnasında bu sıralara uyulmalıdır. Kaynaklı birleştirmedeki hataların belirlenmesi için ise kaynak muayene planları hazırlanır. Kaynak muayene planlarının hazırlanmasında gemi konstrüksiyonundaki kritik noktaların belirlenmesi esastır. Bu çalışmada kaynak sıralarının belirlenmesinde imalat sıraları ve buna bağlı olarak kaynak yöntemlerinin kaynak sırasına etkisi incelenmiş ve örnek gemi üzerinde kaynak sıraları ve kaynak muayene planı oluşturulmuştur.

Bu tezin hazırlanmasında beni yönlendiren danışman hocam Prof. Nurullah Gültekin başta olmak üzere, yüksek lisans öğrenimim boyunca bana destek olan amcam Gemi İnşaatı ve Makine Yüksek Mühendisi Atilla Balık'a, yoğun iş hayatımda sorumluluklarımı paylaşan Gemi İnşa Mühendisi Murat Sarıoğlu'na ve bu tezin tamamlanmasında bana yardımcı olan Mimar Başak Necipoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Kaynak sıralarının uygulanması ihtiyacını oluşturan, kaynaklı birleştirmelerde oluşan gerilmeler ve distorsiyonlar incelenmiştir. Gemi inşaatında kullanılan çeliklerin özellikleri araştırılmıştır. Gemi konstrüksiyonları, gemi elemanları tanıtılmış ve zorlanma durumları incelenerek muayenesi yapılacak yerlerin seçimi için ön bilgiler verilmiştir.

Gemi inşaatında kaynak sırası oluşturulmasında, kullanılan kaynak yöntemlerinin etkisi incelenmiştir. Gemi inşaatında uygulanan imalat sistemlerinin, kaynak sırası ve yöntem seçimine etkileri belirlenmiştir. Çeşitli tip konstrüksiyonlarda uygulanması gereken kaynak sıraları şekiller yardımıyla gösterilmiştir. Klas kuruluşlarının yayınladığı, gemi inşaatında distorsiyon toleransları verilerek, kaynak uygulamaları sonucu oluşabilecek distorsiyonların limit değerleri belirtilmiştir.

Kaynak muayene planlarının çıkarılmasında uygulanan muayene yöntemleri ile muayene yapılacak yerin tespiti üzerine yoğunlaşılmıştır. Son bölümde; örnek bir gemi ele alınarak, imalat sıraları belirtilmiş ve kaynak sıraları belirlenmiştir. Son olarak kritik noktalar belirlenerek kaynak muayene planı oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler; kaynak gerilmeleri, kaynak distorsiyonları, kaynak sırası, kaynak muayene planı

WELDING SEQUENCE, WELDING TYPE RELATION IN SHIPBUILDING AND FORMATION OF WELDING TEST PLAN

ABSTRACT

The stresses and distortions that are the needs of using welding sequences are reviewed. The characteristics of shipbuilding steels are surveyed. Ship constructions and elements are introduced and stresses on ships are reviewed, some basic information is given for choosing the places to be checked.

The effect of welding type to the arrangement of welding sequences in shipbuilding is reviewed. The effects of construction systems used in shipbuilding to selection of welding sequences and types are determined. Welding sequences are shown with figures in different construction types. The limit values of distortions that can occur after welding are given, which are published by classification societies.

Applied test types and choosing the test place are focused in arrangement of welding test plans. In final stage, construction stages are given and welding sequences are arranged in an example ship. Finally, critical places are chosen and the welding test plan is formed.

Keywords; welding stresses, welding distortions, welding sequence, welding test plan

1. GİRİŞ

Günümüzde gemiler, sacların, saclardan kesilen parçaların ve çeşitli profillerin birleştirilmesinden oluşmaktadır. Kaynak teknolojisindeki gelişmeler sayesinde, günümüzde çelik tekne inşaatında tamamen kaynaklı birleştirmeler kullanılmaktadır. Kaynaklı birleştirmelerin imalatında ise, gemi inşaatının aşamalarına bağlı olarak değişik kaynak yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak kullanılan tüm kaynak yöntemlerinde ısı etkisine bağlı olarak iç gerilmeler ve dolayısıyla distorsiyonlar oluşmaktadır.

Çelik tekne imalatında oluşan iç gerilmeler, kaynaklı birleştirmelerin mekanik özelliklerini etkileyerek bağlantının mukavemetini azaltmakta ya da bazı kaynak hatalarına sebep olabilmektedir. Bunun yanı sıra yorulma ve korozyon dayanımları da olumsuz etkilenmektedir.

Distorsiyonlar ise hem estetik açıdan hem de gemi formu açısından sorunlar yaratmaktadır. Örneğin, dış kaplama sacında distorsiyonlar bulunan bir geminin, düzgün formlu bir tekneye sahip aynı tip bir gemiye göre, azami hızı azalmakta ve dolayısıyla yakıt sarfiyatı artmaktadır. Bu durum armatör ile tersane arasındaki şartnameye uyulmamasına karşılık gelir ve tersanenin önemli tazminatlar ödemesine sebep olabilir.

Günümüzde gemi inşaatı için çeşitli imalat sıraları belirlenmiş olmasına rağmen, en geniş kullanım alanı olan sistem, “blok imalatı” sistemidir. Bu sistemde gemi teknesi, tasarım esnasında bloklara bölünür ve bloklar önce birbirlerinden ayrı imal edilir ve daha sonra kızağa veya havuza taşınarak birleştirilirler. Tüm bloklar birleştirilince tekne tamamlanmış olur. Blokların birleştirilmesi tamamen kaynakla yapıldığı için yukarıda sayılan olumsuz tüm durumlar bu sırada da oluşabilir ve blok bağlantılarının çarpılmalarına neden olabilir.

Dolayısıyla kaynak sonrasında, gerilmelerin ve distorsiyonların ortadan kaldırılması veya azaltılması gerekmektedir. Ancak bu işlemler maliyeti arttırdığı gibi fazladan zaman kaybına neden olduğu için teslim tarihlerinde de gecikmelere yol açabilmektedir. Bu nedenle kaynaklı birleştirmeler yapılırken ya da yapılmadan önce iç gerilmeleri ve distorsiyonları minimize etmeye yönelik bazı tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Alınan tedbirlerden en yaygın olanı, imal edilen konstrüksiyona göre kaynak sıraları oluşturulmasıdır. Ancak birçok tedbir alınsa ve en uygun kaynak sırası tespiti ve uygulaması yapılmış olsa bile yapıların karmaşıklığı nedeniyle yine de bazı distorsiyonlar oluşabilmektedir.

Oluşan distorsiyonlar mekanik ve ısıll yollarla giderilebilir. Ancak kontrollü kaynak edilmiş bir konstrüksiyonda daha az distorsiyon olacağı da şüphesizdir.

Kaynak işleminin oldukça yoğun olarak kullanıldığı gemi inşaatında, kaynak hatalarının bulunması da doğaldır. Ancak bir gemideki tüm kaynakların tahribatsız muayene ile kontrol edilmesi hem zaman alan hem de oldukça yüksek maliyetlere ulaşan bir işlemdir. Bu nedenle gemi inşaatında yapılan tüm kaynak dikişleri ilk olarak gözle muayeneye tabi tutulur ve daha sonra, önceden kararlaştırılmış kritik yerlerden diğer tahribatsız muayene yöntemleri kullanılarak kontrol edilirler. Bu noktada hangi alanların tahribatsız muayene ile kontrol edileceği ve bu alanlarda hangi muayene yönteminin kullanılacağına kararı önem kazanmaktadır.

Yukarıda sayılan tüm bu nedenlerden dolayı gemi inşaatı üzerine çalışan imalat mühendisleri, kaynaklı birleştirmeler nedeniyle oluşabilecek tüm bu sorunları en aza indirebilmek için gereken tedbirleri bularak ve uygulayarak, daha sonra ortaya çıkacak düzeltme işlemlerinin ve dolayısıyla imalat maliyetinin en aza indirilmesini sağlamalıdır. Bunun yanında kritik noktaları doğru belirleyerek ve gereken yerlerdeki kaynaklı bağlantıları tahribatsız muayene yöntemleriyle kontrol ederek, geminin çalışması esnasında kaynaklardan dolayı herhangi bir sorun oluşmasının önüne geçilmelidir.

2.KAYNAKLI BİRLEŞTİRMELERDE OLUŞAN GERİLMELER ve DİSTORSİYONLAR

2.1 Kaynak İşleminde Oluşan Gerilmeler

Bir kaynaklı parçada tüm dış yükler kaldırıldıktan sonra kalan gerilmelere artık gerilmeler adı verilir. Literatürlerde artık gerilmeleri tanımlamak için farklı teknik terimler kullanılmıştır. Bunlar iç gerilmeler, başlangıç gerilmeleri, reaksiyon gerilmeleri, hapsolmuş gerilmeler ve doğal gerilmeler olarak adlandırılabilir. Uniform olmayan sıcaklık değişimine maruz kalan bir yapıdan meydana gelen gerilmelere ısıl gerilmeler de denmektedir.

Kaynak işleminde malzemeler lokal olarak ergime sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklığa kadar ısıtılır. Ancak soğuma işlemi, ısıtma işlemine nazaran daha yavaş gerçekleşir. Isıtma ve soğuma işlemleri arasındaki bu farklılıklar neticesinde kaynak ile birleştirilen malzemelerde artık gerilmeler ve distorsiyonlar oluşur.

2.1.1 Artık Gerilmelerin Oluşum Nedenleri

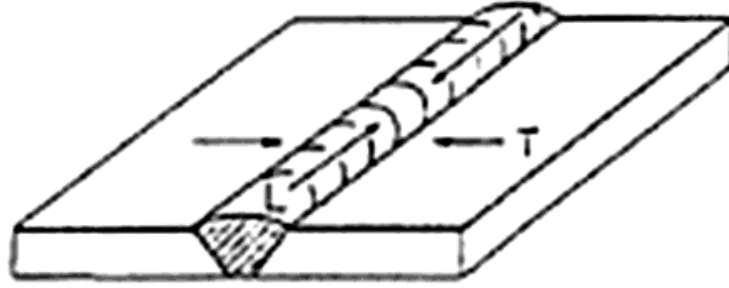
Kaynak işlemi ile lokal olarak ergime sıcaklığına kadar ısıtılan kaynaklı parçalarda, soğuma işlemi parça genelinde ve ısınma işlemi hızına nazaran daha yavaş meydana gelmektedir. Bu sebepten dolayı, soğuma işlemi esnasında kaynaklı parçadaki sıcaklık dağılımı uniform olmamaktadır ve bağlantı boyunca yapısal ve metalürjik değişiklikler meydana gelmektedir.

Soğuma işleminin başlamasıyla, kaynak metali ve kaynak metaline bitişik ısının etkisi altındaki bölgenin sıcaklıkları, esas metalin sıcaklığından çok daha yüksek olmaktadır.

Kaynak dikişi katlaşıp, büzülürken, kendisini çevreleyen esas metal, ısı etkisi altındaki bölgeye gerilme uygular. Kaynak metali, katlaşmanın başlangıcında sıcaktır ve mekanik özellikleri esas metale nazaran daha zayıftır. Bu sebeple uyguladığı gerilmenin değeri düşüktür. Kaynak bölgesinin sıcaklık değeri ortam sıcaklığına ulaşana dek uygulanan gerilme değeri artar ve esas metal ile ısının etkisi altındaki bölgenin akma dayanımına ulaşır.

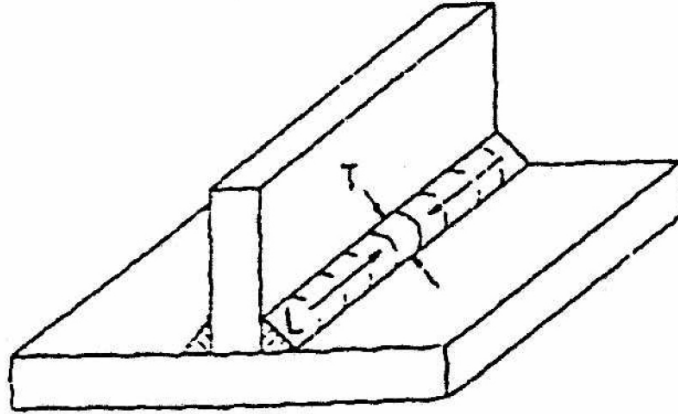
Kaynak işlemi esnasında, yeni katlaşılan bölgeler, kaynak dikişinin diğer bölgelerinin büzülmesine karşı koyarlar. Şekil 2.1'de gösterildiği gibi, ilk kaynak yapılan bölgeler kaynak dikişi doğrultusunda çekiye zorlanırlar.

Alın birleştirmelerde, kaynak ağız formundan ya da mevcut pasoların sınırlayıcı etkisinden dolayı kaynak bölgesinin enine hareketi yok denecek kadar azdır. Kaynak dikişindeki büzülmenin neticesinde Şekil 2.1'de görülen enine gerilmeler meydana gelecektir.



Şekil 2.1 Alın kaynaklarında oluşan enine ve boyuna artık gerilmeler

İç köşe kaynaklarında, kaynak dikişinde meydana gelen gerilmeler Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Büzülme neticesiyle meydana gelen bu gerilmeler, kaynak yüzeyine dik ve paralel çekme gerilmeleridir.



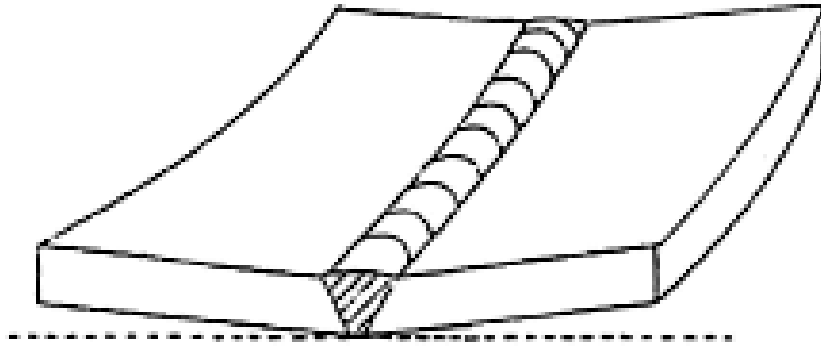
Şekil 2.2 İç köşe kaynaklarında oluşan enine ve boyuna artık gerilmeler

Kaynak işlemi neticesinde kaynaklı parçalarda meydana gelen gerilmeler, ya distorsiyona yol açarlar ya parçada erken hasara sebep olurlar ya da her ikisine de neden olmadan sadece iç gerilme olarak kalabilirler. Bu etkiler ayrı ayrı gerçekleşebileceği gibi aynı anda da parçada gerçekleşebilir.

Kaynak işlemi neticesinde ısınan kaynak bölgesi uniform olmayan büzülme davranışı gösterir, çünkü kaynak dikişinin enine kesitindeki büzülme, bu enine kesite değişken kuvvetler uygular ve böylece büzülme miktarları eşit olmaz. Sonuç olarak distorsiyon meydana gelir.

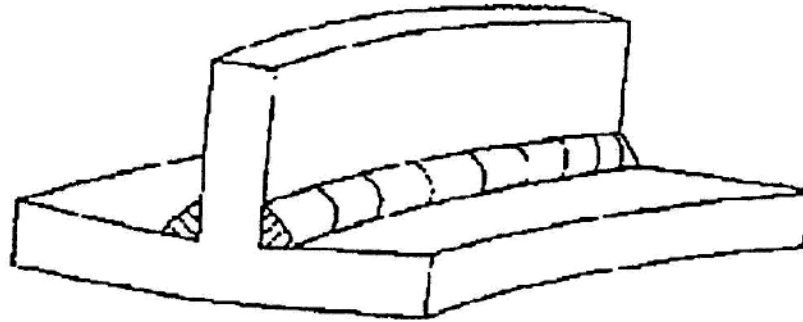
Kaynaklı parçalar gerilmeler neticesinde elastik olarak şekil değiştirir ve parçada gözle görülebilecek oranda distorsiyonlar meydana gelir.

Alın birleştirmelerde, kaynak dikişinin üst bölgesi, kök bölgesine nazaran daha fazla büzülür. Bu sebeple bu tip kaynaklı birleştirmelerde uzunlamasına ve enine distorsiyonlara ek olarak açısall distorsiyonların etkileri şekilde görülmektedir.



Şekil 2.3 Alın kaynaklarında oluşan açısall distorsiyon

İç köşe kaynaklarında da, Şekil 2.4'te görülebileceği gibi alın kaynağındakine benzer enine, boyuna ve açısall distorsiyonlar görülür.



Şekil 2.4 İç köşe kaynaklarında oluşan distorsiyon

Farklı tekniklerle, kaynak işlemi sonucunda oluşacak distorsiyonlar engellenebilir. Bu tekniklerden birinde parça kaynak işlemi sonunda oluşması istenen şekle göre yerleştirilir ya da kaynak esnasında distorsiyona uğraması engellenir. Bir başka teknikte ise, kaynak metali, simetri ekseninin her iki tarafında dengeli olacak şekilde konstrüksiyon tasarlanır ve bu dizayn doğrultusunda kaynak yapılır. Seçilen kaynak yöntemi ve kaynak sırası, distorsiyon ve artık

gerilme oluşumunda çok etkili parametrelerdir. Distorsiyona uğrayan kaynaklı parçalar eğer gerek görülürse, kaynak işleminden sonra ısıtma işlemleriyle düzeltilir. Kaynaklı parçada meydana gelen artık gerilme ve distorsiyonlar, malzemelerin kırılma davranışını etkiler.

Düşük değerlerdeki harici gerilmelerde dahi burkulma ve gevrek kırılma meydana gelebilir. Parçada artık gerilme ve distorsiyonların birlikte olması halinde, burkulma beklenenden çok daha düşük basma zorlamalarında meydana gelir. Çekme halinde ise, düşük tokluğa sahip kaynak bölgelerinde artık gerilmeler yüksek lokal gerilmelere sebep olur ve sonuç olarak düşük değerlerdeki gerilmeler tarafından ilerletilebilen gevrek tip çatlaklar oluşturulabilir. Bunun yanında artık gerilmeler yorulma ve korozyon hasarlarını da artırır.

Kaynaklı parçalarda, kaynak işlemi neticesinde meydana gelen artık gerilmeleri azaltmak için ısıtma işlemleri uygulanabilir. Isıtma gerilim giderme işlemlerinde parça malzemesinin akma sınırı, plastik şekil değişiminin oluşabileceği daha düşük seviyeye düşürülür ve böylece gerilmeler azaltılır. Isıtma gerilim giderme işlemlerinden parçanın mekanik özellikleri de etkilenir. Örneğin, kaynaklı parçada ısının etkisi altındaki bölge temperlenerek kaynak dikişindeki artık gerilmeler azaltıldığında, çelik parçaların gevrek kırılmaya karşı direnci artar.

Kaynaklı metal yapılarda güvenilirliğin artırılması çok önemlidir. Mühendislerin tasarım aşamasında, artık gerilme ve distorsiyonun etkilerini, süreksizliklerin varlığını, parçanın mekanik özelliklerini, tahribatsız deney şartlarını ve toplam imalat maliyetlerini göz önünde bulundurmaları gerekmektedir.

2.1.2 Gerilmelerin Kaynak Metali Üzerindeki Dağılımlarının İncelenmesi

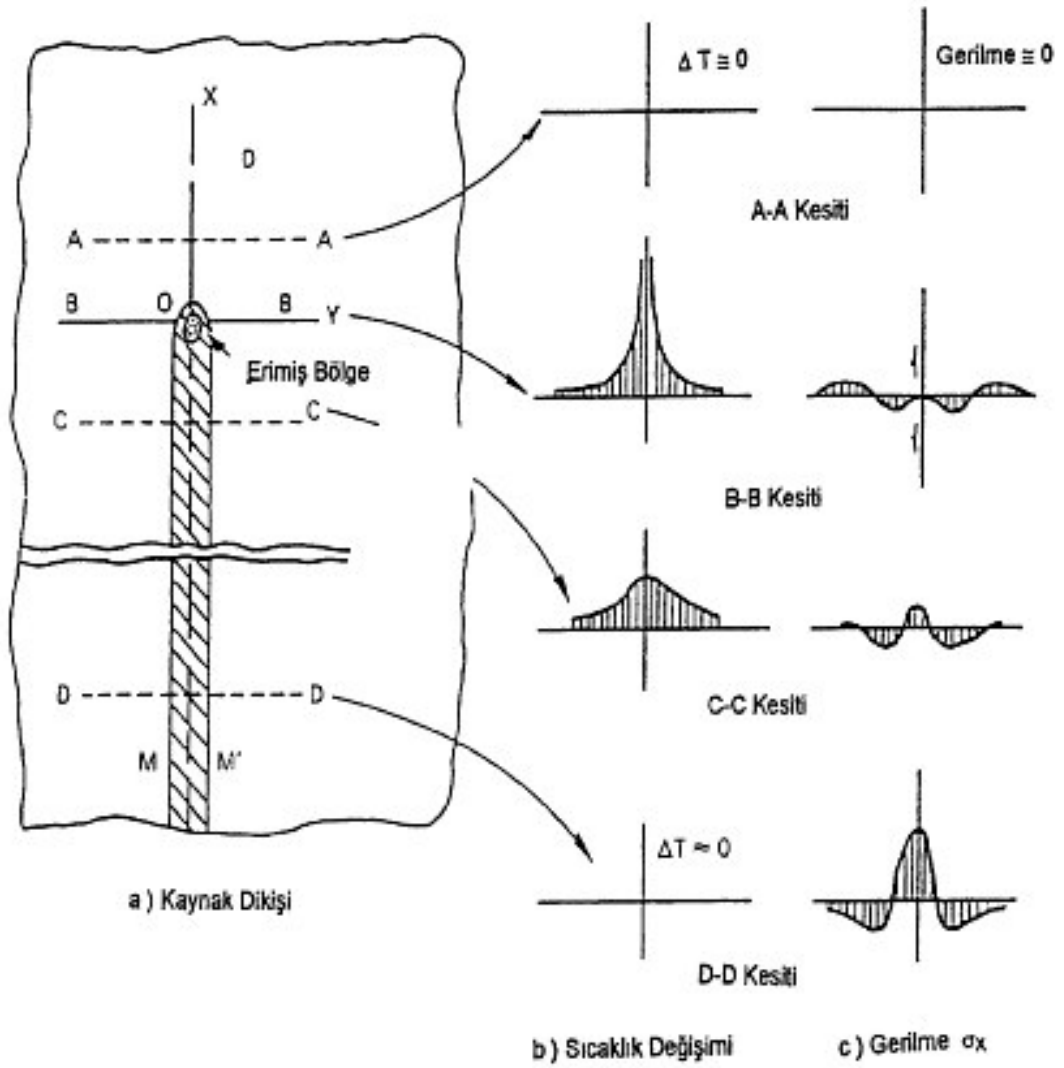
Şekil 2.5' de kaynak işlemi esnasında sıcaklık ve gerilmelerdeki değişiklikler şematik olarak gösterilmiştir. Bir levha üzerinde x-x doğrultusu boyunca kör bir paso oluşturulmuştur. Yerel bir O noktasında, v sabit hızıyla hareket eden kaynak arkı Şekil 2.5-a'da gösterilmiştir.

x-x doğrultusu üzerinde A,B,C ve D noktalarındaki sıcaklık dağılımı Şekil 2.5-b'de açıklanmıştır. Kaynak arkı önündeki A-A kesitinde, kaynak sebebi ile oluşan sıcaklık değişimi hemen hemen sıfırdır. Kaynak arkı gerisindeki B-B kesitinde ise sıcaklık dağılım eğrisi oldukça diktir. Kaynak arkı gerisindeki C-C kesitindeki sıcaklık dağılım eğrisinde diklik daha azdır. Çok geride kalan D-D kesitinde ise sıcaklık değişimi neredeyse sıfırdır ve uniform bir dağılıma sahiptir.

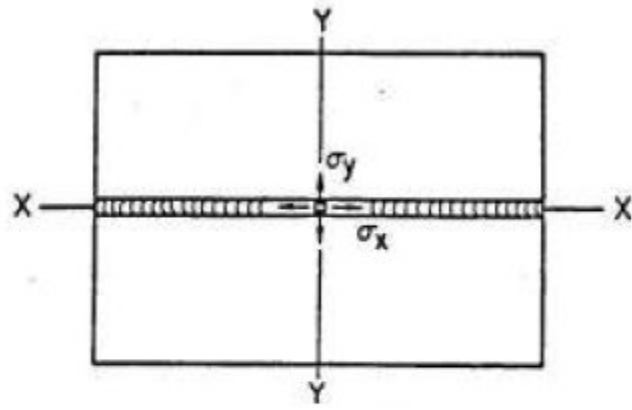
A-A, B-B, C-C ve D-D kesitlerindeki x yönündeki gerilmelerin dağılımı Şekil 2.5-c'de verilmiştir. A-A kesitindeki kaynak sebebiyle meydana gelen ısıl gerilmeler sıfırdır. Kaynak dikişi altındaki B-B kesitindeki gerilmeler de sıfıra yakındır çünkü sıvı metal yük taşımaz.

Isının etkisi altındaki bölgelerdeki gerilmeler, basma gerilmeleridir çünkü düşük sıcaklıktaki esas metal bu bölgelerin genişmesini engeller. Kaynak arkı yakınındaki metal sıcaklığı çok yüksektir ve sonuç olarak akma dayanımları düşüktür. Basma gerilmeleri, metalin mevcut sıcaklığındaki akma seviyesindedir. Kaynak bölgesinden uzaklaştıkça basma gerilmelerinin değeri bir maksimum değere ulaşır. Denge şartlarından dolayı belirli bir uzaklıkta, çekme gerilmelerinin, ısının etkisi altındaki bölgelerdeki basma gerilmeleri ile dengelenmesi gerekir. B-B kesitindeki bu denge durumu ve gerilme dağılımı Şekil 2.5-c'de ifade edilmiştir.

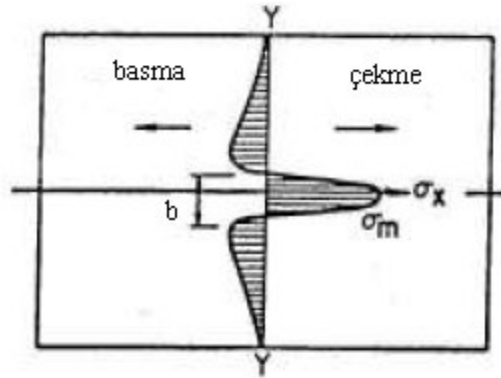
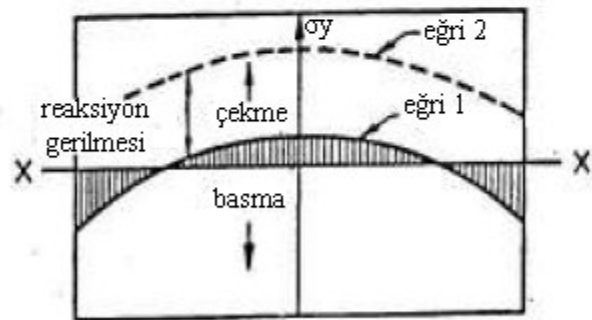
C-C kesitinde, kaynak metali ve ısının etkisi altındaki bölge artık soğumuştur ve büzülmeye başlar. Bu nedenle kaynak metali çekme gerilmelerine sebep olur. Şekil 2.5-c'de, gerilme dağılımından da görüleceği gibi oluşan çekme gerilmeleri, esas metaldeki basma gerilmeleri tarafından dengelenmiştir. Artık gerilmelerin son durumu D-D kesitinde gösterilmiştir. Bu kesit boyunca, kaynak dikişinden uzakta esas metalde basma gerilmeleri, kaynak dikişi ve ısının etkisi altındaki bölgelerde ise çok yüksek çekme gerilmeleri meydana gelmiştir. Tüm bu gerilme dağılımları Şekil 2.5-c'de gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Gerilmelerin kaynak metali sıcaklığına bağlı olarak değişimleri



a) Alın kaynağı

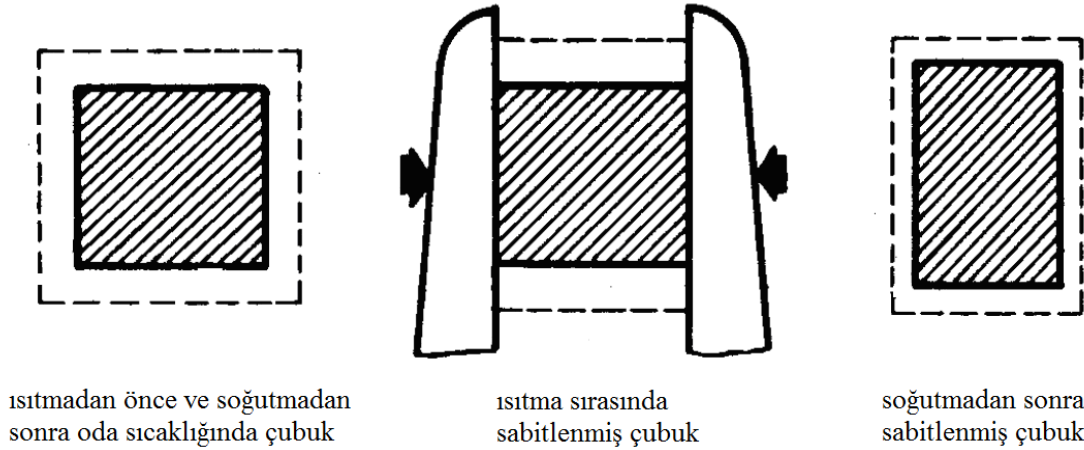
b) Y - Y eksenini boyunca (σ_x)'in dağılımıc) X - X eksenini boyunca (σ_y)'in dağılımı

Şekil 2.6 Alın kaynağında meydana gelen enine ve boyuna gerilmeler

2.2 Kaynak Sonucunda Distorsiyonların Oluşumu

Bir metalin ısıtma ve soğutma sırasında distorsiyonun nasıl ve neden meydana geldiği Şekil 2.7'den anlaşılabilir. Şekil 2.7'de çelik çubuk, uniform olarak ısıtıldığında, her yönde genişler. Metal oda sıcaklığına soğuduğunda uniform olarak ilk boyutlarına geri döner.

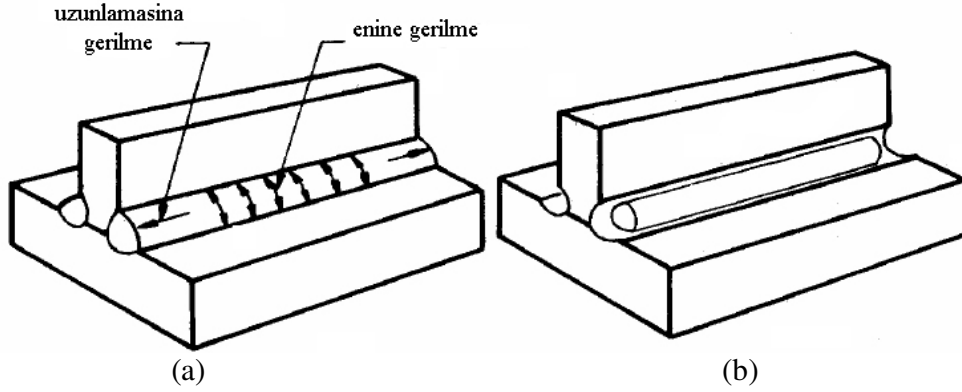
Fakat çelik çubuk, ısıtılırken örneğin bir mengenenin çeneleri arasına tespit edilecek olursa, yanal genişleme oluşmaz. Ancak hacimsel genişleme olmak durumundadır, dolayısıyla çubuk büyük ölçüde dikey yönde genişler. Şekil değiştirmiş çubuk oda sıcaklığına döndüğünde yine de her yönde uniform olarak çekme eğiliminde olacaktır. Ancak çubuk bu sefer distorsiyona uğramış halde kalacaktır. Bu örnek kaynaklı birleştirmelerde distorsiyonun başlıca nedenini basitleştirilmiş bir şekilde anlatmaktadır.



Şekil 2.7 Örnek bir çelik çubuğun, değişik koşullardaki ısıtma ve soğutma sonucu distorsiyonu

Bir köşe kaynağında kalan iç gerilmelerin anlaşılması için ise bir örnek ise Şekil 2.8'de görülmektedir. İki kalın levhayı birleştiren köşe kaynakları, Şekil 2.8(a)'daki gibi uzunlamasına ve enlemesine kalıntı gerilmeler içerir. Bu gerilmelerin nasıl oluştuğunu anlamak için Şekil 2.8(b)'deki durumu düşünmek gerekir. Burada köşe kaynakları ana metalden ayrılmışlardır. Her iki durumda da aynı kaynak metali miktarının varlığını kabul edecek olursak, bağımsız haliyle kaynak metali, oda sıcaklığında normal olarak işgal edeceği hacme çekilmiştir. İç bir tespit yoktur ve gerilme içermez.

Bu bağımsız kaynak metalini Şekil 2.8(a)'daki haline geri getirebilmek için kaynak metaline uzunlamasına ve enlemesine çekme gerilmeleri uygulamak gerekecektir. Gerilebilmek için kaynak metali akma zorundadır, ama gerekli ölçülere vardığı zaman, kendi akma mukavemetine eşit gerilme altında kalır. Bu kalıntı gerilme kaynaklı konstrüksiyona şekil değiştirtmeye çalışır. Bu örnekte levhalar çok rijit ve kaynak göreceli olarak küçük olduğundan, levhaların şekil değiştirmesi mümkün değildir. Ancak konstrüksiyon distorsiyona uğrayabilseydi, kalıntı gerilmeler de giderilmiş olacaktı. Bunun yanında köşe kaynağı yapıldığında, parçalar birbirlerine rijit bir şekilde bağlanmamışlarsa, bir açısız distorsiyon meydana gelecektir.



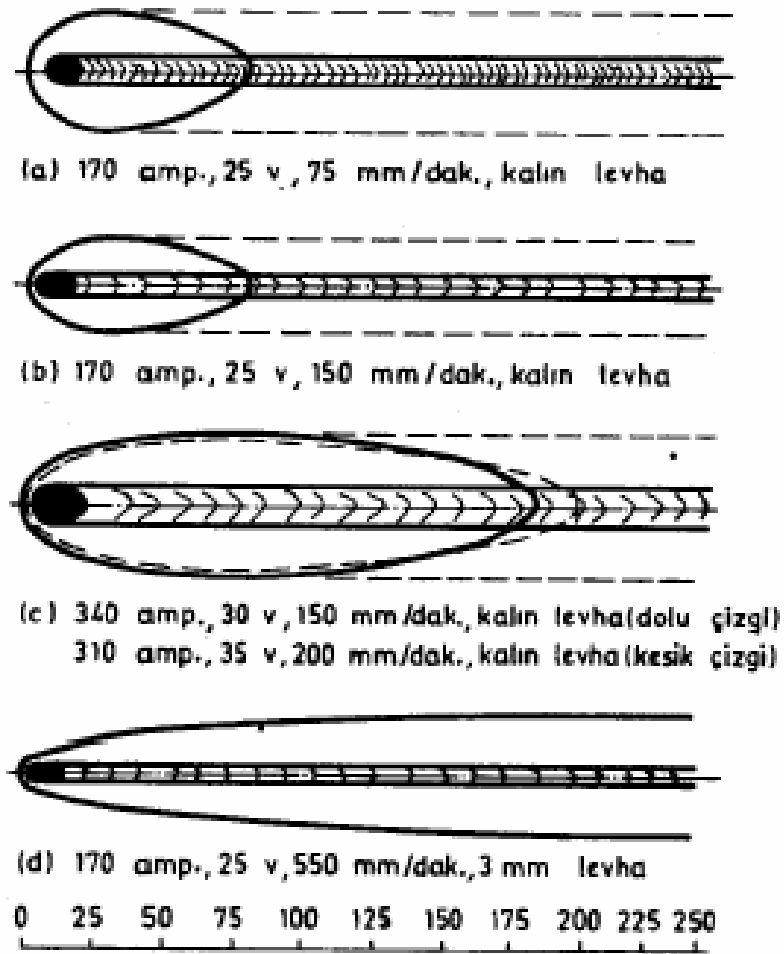
Şekil 2.8 Köşe kaynaklarında kalıntı gerilmelerin oluşumu

Şekil 2.8(a)'da köşe kaynakları uzunlama ve genişlemesine iç gerilmelere sahip olup bu kaynaklar ana levhadan bağımsız alınabilselerdi Şekil 2.8(b)'de gösterilen boyutlara çekerlerdi. Şekil 2.8(a)'daki koşulu yeniden sağlamak için Şekil 2.8(b)'deki köşe kaynakları, kendi akma mukavemetlerini aşacak kuvvetler tarafından uzunlama ve genişlenmesine gerilecektir.

Kaynağa komşu ana metaldeki çekme, distorsiyonu oluşturan gerilmelere eklenir. Kaynak sırasında kaynağa komşu ana metal az çok ergime derecesinde ısıtılmış olur, buna karşılık kaynaktan birkaç santimetre uzaklıktaki ana metalin sıcaklığı ciddi şekilde daha azdır. Bu büyük sıcaklık farkı, birleştirilecek parçaların iyi tespit edilmiş olmaları halinde, uniform olmayan genişlemelere sebep olur ve bunu ana metal hareketi ya da metal yer değiştirmesi takip eder. Ark birleşmeden geçip gittikten sonra ana metal, tıpkı kaynak metali gibi soğur ve çeker.

Çevredeki metal, ısıtılmış ana metalin normal olarak çekmesine engel olursa iç gerilmeler oluşur. Bu iç gerilmeler, kaynak metalinde oluşan iç gerilmeler ile birlikte, konstrüksiyonun distorsiyona uğrama eğilimini arttırır.

Komşu ana metalin distorsiyona yardımcı olan hacim bölümü, kaynak süreciyle bir miktar denetim altında tutulabilir. Örneğin, daha yüksek kaynak hızları, kaynakla birlikte çeken komşu ana metal bölgesinin boyutunu azaltır. Bazı tipik kaynaklar için bu etkiler Şekil 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2.9 Değişik kaynak hızlarında kaynak ısısının ana metale etkisi

Daha yüksek kaynak hızları, kaynakla birlikte çeken komşu ana metal bölgesinin boyutunu küçültür ve distorsiyonu azaltmaya yardımcı olur.

2.2.1 Kaynaklı Birleştirmelerde Distorsiyon Oluşmasına Etki Eden Faktörler

Kaynaklı parçalarda meydana gelen distorsiyonları etkileyen faktörler; Konstrüksiyonun rijitlik derecesi, malzemenin metalürjik özellikleri, ısıl genleşme katsayısı, ısıl iletkenlik katsayısı, kaynak hızı, kaynak metalinin ergime sıcaklığı, akma sınırı, elastiklik modülü olarak sıralanabilir.

2.2.1.1 Konstrüksiyonun rijitlik derecesi

Kaynak sonucu oluşan gerilmelerin ortaya çıkardığı kuvvetler, konstrüksiyonun rijitliğine bağı olarak bir takım çarpılma ve kendini çekmeler ile kendini belli eder. Çarpılmaya ve şekil değiştirmeye karşı gelen rijitlik derecesi konstrüksiyonun biçimine bağı olduğu gibi özellikle ince sac konstrüksiyonlarda kaynak esnasında parçanın bağlanma şekli ile de ilgilidir. Kolaylıkla burkulabilen diğer bir deyimle herhangi bir doğrultuda burkulma dayanımı zayıf konstrüksiyonların rijitlik dereceleri de düşüktür; uygulamada bu bakımdan ince sac konstrüksiyonlara burkulma dayanımını yükseltecek destek ve takviyeler konulur.

2.2.1.2 Malzemenin metalürjik özellikleri

Kaynak ısısı sebebiyle parçaların yüksek sıcaklıklara ısıtılması ve soğutulması, içyapı değişikliklerine neden olur. Örneğin; çeliklerin kaynağında kaynak bölgesinde meydana gelen martenzitik yapı, şekil değiştirme kabiliyeti az olan bir içyapıdır. Buna göre, içyapıya bağı olarak, malzeme ya kolay ya da zor şekil değiştirir.

2.2.1.3 Isıl genleşme katsayısı

Isıl genleşme katsayısı, bir metalin ısıtıldığında uğradığı genleşme ya da soğuduğunda meydana gelen büzülmenin bir ölçüsüdür. Malzemenin 1°C sıcaklık farkında boyutlarındaki değişmeyi belirten malzemeye ait bir özelliktir; az miktardaki alaşım elementlerinin etkisi hissedilebilir bir şiddette değıldir. Isıl genleşme katsayısı malzemelerde sıcaklığın bir fonksiyonudur. Isıl genleşme katsayısının büyümesi, kaynaktan sonra çekme ve çarpılmaların artmasına neden olur. Isıl genleşme katsayısı sıfır olan ve sıvı halden katı hale geçerken de hiçbir hacim değişikliğı göstermeyen hayali bir malzeme, kaynak işleminin sonrası hiçbir kendini çekme ve çarpılma göstermeyecektir.

2.2.1.4 Isıl iletkenlik katsayısı

Bir malzeme içinde ısı akış kolaylığının bir ölçüsüdür. Isıl iletkenlik katsayısı küçüldükçe kaynak yerine uygulanan ısı enerjisinin yayılma hızı da azalır. Bu şekilde kaynak bölgesi ile konstrüksiyonun kalan kısmı arasındaki bölgesel sıcaklık farkı yükselir, bu olay da parçada kendini çekme ve çarpılmaların şiddetlenmesine neden olur.

2.2.1.5 Kaynak hızı

Kaynak hızı deyimini ile kaynakta arkın ilerleme hızı belirtilir. Aynı ark gücünde kaynak hızı yükselirse parçaya uygulanan özgül ısı girdisi azalır; tavlanan bölgenin darlığı nedeni ile de kendini çekme miktarı da azalır.

2.2.1.6 Kaynak metalinin erime sıcaklığı

Kaynak bölgesi ile konstrüksiyonun tümü arasındaki sıcaklık farkı arttıkça, oluşan gerilmeler de şiddetlenir. Kaynak bölgesinin sıcaklığı kaynak metalinin erime sıcaklığı ile sınırlı olduğundan, erime sıcaklığı yükseldikçe kendini çekme ve çarpılma olasılığı da artar.

2.2.1.7 Akma mukavemeti

Malzemenin akma mukavemeti yükseldikçe, kaynaklı konstrüksiyonu şekil değiştirmeye ve çarpılmaya zorlayan iç gerilmelerin şiddeti artar. Akma sınırı düşük malzemelerde, malzeme akarak bu iç gerilmelerin şiddetinin azalmasını sağladığından çarpılma olasılığı da zayıflar.

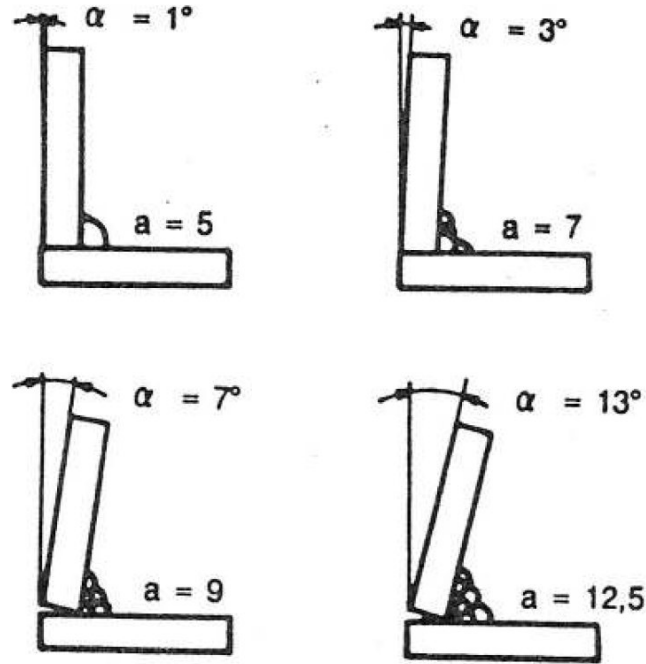
2.2.1.8 Elastiklik modülü

Elastiklik modülü, malzemenin rijitliğinin bir ölçüsüdür. Daha önce de belirtildiği gibi rijitliğin artması çarpılma olasılığının da azalmasına neden olur.

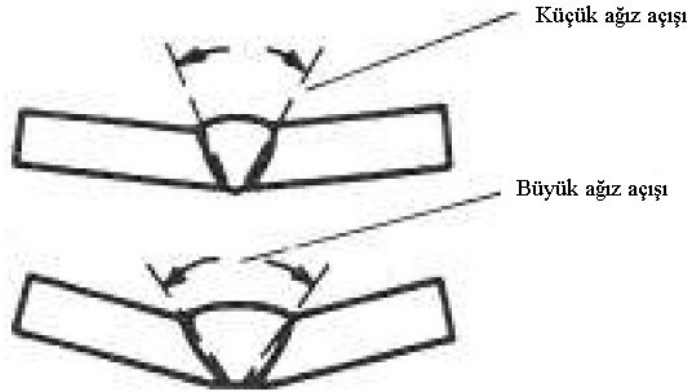
2.3 Çarpımlara ve Gerilmelere Engel Olmak için Alınacak Önlemler

2.3.1 Yapısal önlemler

- Kaynak dikişleri gerektiğinden fazla olmamalıdır. Aksi durumda, gerilme ve distorsiyonlar artar.
- Mümkünse ince sacların köşe dikişleri kesintili şekilde yapılmalıdır.
- Kaynak dikişleri konstrüksiyonun ağırlık merkezine yerleştirilmeli ya da simetrik olarak tertiplenmelidir.
- Mümkün olduğu kadar kuvvet hatlarının ani yön değiştirmelerinden kaçınılmalıdır.
- Kaynak dikişleri birbirine çok yakın olmamalıdır.
- İnce saclardan yapılan konstrüksiyonlar, burkulma mukavemetlerini artıracak şekilde takviye edilmelidir.
- Mümkün olduğu kadar, şekil değiştirme yeteneği yüksek malzemeler kullanılmalıdır.
- Konstrüksiyon, kaynak sırasında parçaların kendini çekebilmeleri göz önüne alınarak tertiplenmelidir.



Şekil 2.10 İç köşe birleştirmelerinde açısal distorsiyonun kaynak dikiş yüksekliği ile değişimi



Şekil 2.11 Alın birleştirmelerinde açısal distorsiyonun kaynak ağız açısı ile değişimi

2.3.2 Teknolojik önlemler

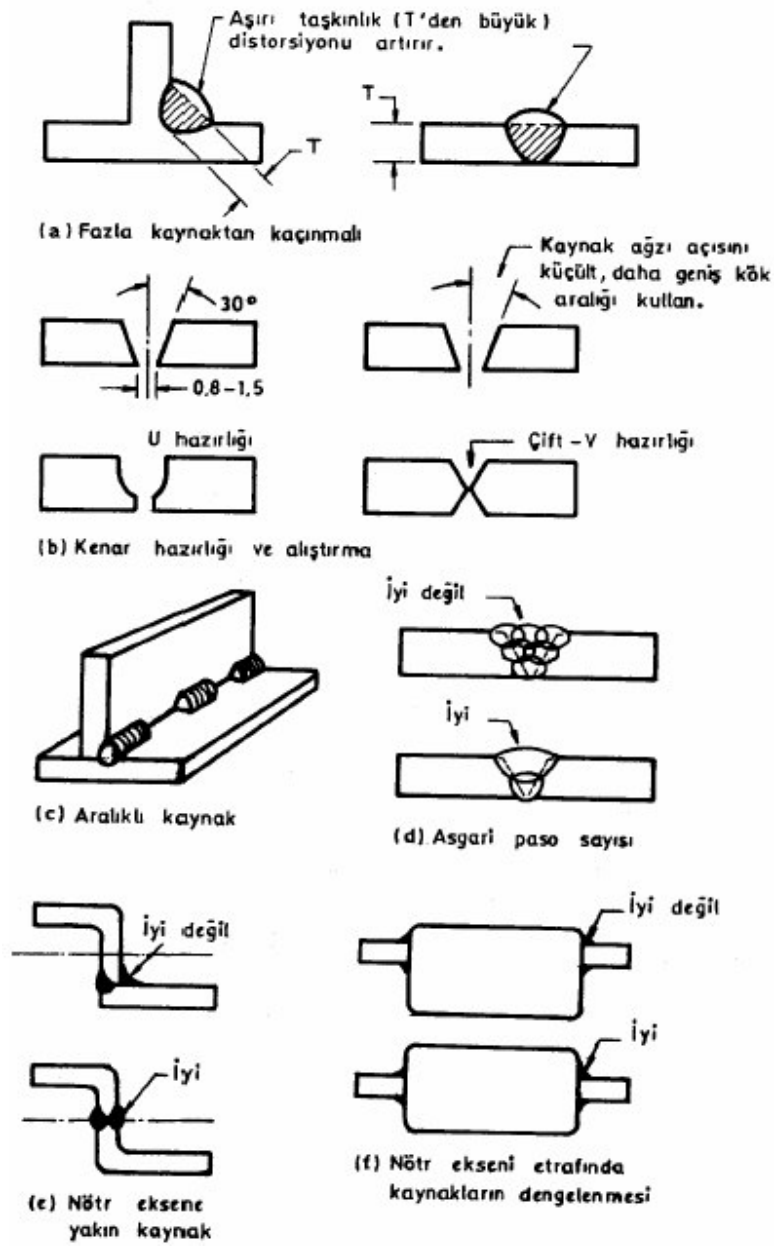
- Uygun kaynak sırası düzenlenmelidir.
- Kök pasosu kalın bir elektrod ile yapılmalıdır.
- Açısal distorsiyonu önlemek için mümkün olduğu kadar kalın tabakalar halinde kaynak pasosu çekilmelidir.
- Küçük pasolarda yapılan kaynakta pasolara önce levha kenarlarından başlanmalıdır.
- Dikişler sıçrayarak ya da geri adım yöntemiyle yapılmalıdır.
- Takviyeler en son kaynak yapılmalıdır.

2.3.3 İşletmeyle ilgili önlemler

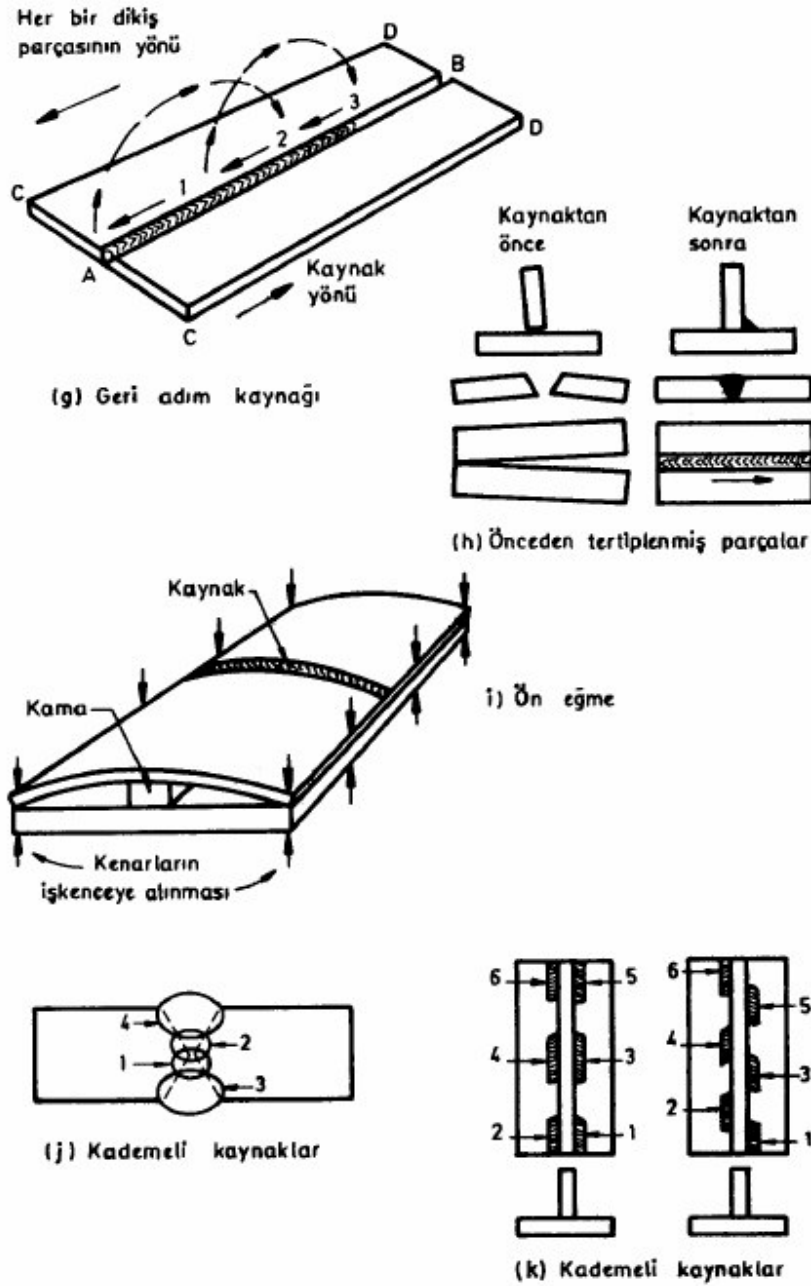
- Kaynak ağızları dikkatli şekilde hazırlanmalıdır.
- Parçalar kaynaktan önce puntalanmalıdır.
- Kaynak sırası ve planına uyulmalıdır.
- Sertleşme yeteneği yüksek malzemelerde ön tavlama uygulanmalıdır.

2.3.4 Kaynaktan sonraki önlemler

- Gerilme uçlarının ortadan kaldırılması için, kaynaktan sonra dikişler çekiçlenebilir.
- Konstrüksiyon statik bir zorlama etkisi altında bırakılarak, akma sınırının aşıldığı bölgelerde gerilmelerin ortadan kalkması sağlanır.
- Kaynaktan sonra uygun sıcaklıklarda tavlama uygulanması gerilmeleri azaltır.
- Dikişler üzerindeki çıkıntı ve çentikler, mekanik olarak ortadan kaldırılmalıdır.



Şekil 2.12 Gerilme ve distorsiyonları azaltmaya yönelik önlemler



Şekil 2.13 Gerilme ve distorsiyonları azaltmaya yönelik önlemler

2.4 Kaynaklı Parçalarda Oluşan Distorsiyonların Düzeltilmesi

Kaynaklı parçalarda oluşan distorsiyonların düzeltilmesinde bazı esaslara uyulması, düzeltme için gerekli zamanı en aza indirmemizde yardımcı olur. Düzeltme işleminde aşağıda gösterilen nedenlerle, en genel olarak alevle düzeltme uygulanır.

- Basit bir düzeltme yöntemidir.
- Gerekli düzenek, her işletme ya da atölyede bulunabilir.
- Portatif bir sistem olup, her yerde kullanılabilir.

Alevle düzeltmenin esası: Alevle düzeltme işleminde parça, malzemenin cinsi ve çarpılma derecesine bağlı olarak, uygun bir sıcaklığa ısıtılır ve çekiç, mengene gibi aletlerle doğrultulur. Ayrıca; gönye, germe civataları, kriko ve delikli levhalar da kullanılır.

Tavlama işleminde, nötr ya da yanıcı gazın biraz fazla olduğu alev türü kullanılır. Üflecin çekirdeğinin parçaya uzaklığı 5 mm kadar olmalıdır. Kaynakta olduğu gibi, sac kalınlığına uygun büyüklükte üfleçler kullanılır.

Tavlama sıcaklığı 650–850°C arasında bulunmalıdır. Tavlama sırasında aşağıdaki konular göz önünde bulundurulmalıdır:

- Malzeme 200–350°C arasında iken çekiçle vurularak doğrultulmamalıdır. Çünkü bu sıcaklıklar arasında çatlama tehlikesi vardır.
- Tavlama sıcaklığının 850°C'ın üzerine çıkması, bu bölgede istenmeyen içyapı değişmelerine neden olabilir.
- Tavlama bölümlerinin sıcaklıkları, her zaman kontrol edilmelidir.
- Genellikle, -5°C'ın altındaki sıcaklıklarda doğrultma yapılmamalıdır.

Alevle tavlama alanının genişliği, çarpılmaya uğramış alan kadardır. Tavlama alanının geniş olması, malzemenin akma yeteneğine bağlıdır. Tavlama alanının genişliği tespit edilirken parçanın genişliğinin de göz önüne alınması gereklidir.

Tavlama sırasında parçanın sıkıca bağlanması doğrultmanın etkisini artırır. Sertleşme eğilimi olmayan malzemelerde tavlama alanının basınçlı hava ile çabuk soğutulması, kendini çekme etkisini artırır.

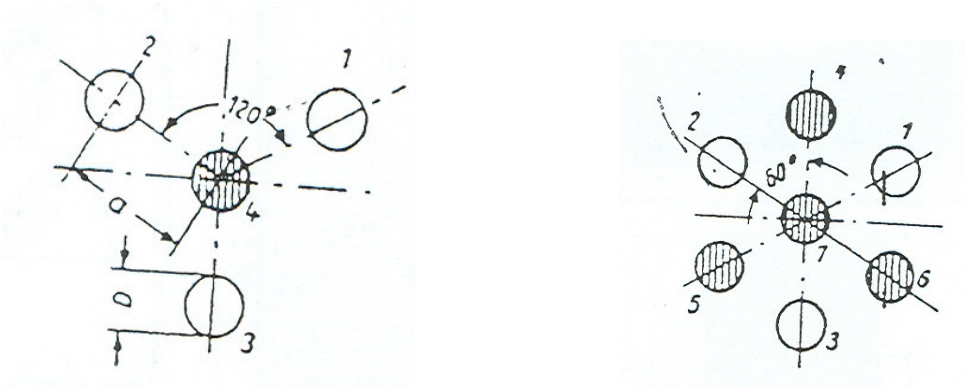
Çok eksenli olarak çarpılmış bölümlerde önce bir eksen, daha sonra diğer eksen boyunca doğrultma yapılmalıdır.

Kaynak dikişinin zorlamaya maruz kalan bölümleri, darbeli olarak düzeltilmemelidir. Böyle yerler, tavlandıktan sonra uygun çekme ve basma aletleriyle düzeltilmelidir.

Alevle düzeltme yöntemleri: Alevle düzeltmede uygulanacak yöntemin seçimi düzeltililecek parçanın şekline bağlıdır.

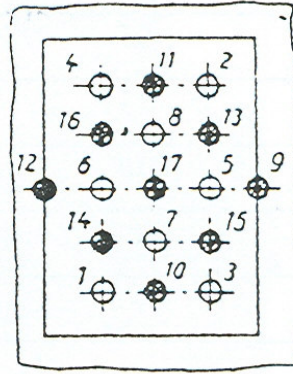
- Noktalama Yöntemleri

- Üçgen düzenlemesi



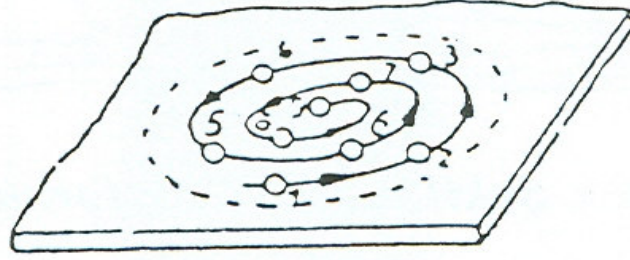
Şekil 2.14 Üçgen tavlama düzenlemesi

- Satranç düzenlemesi



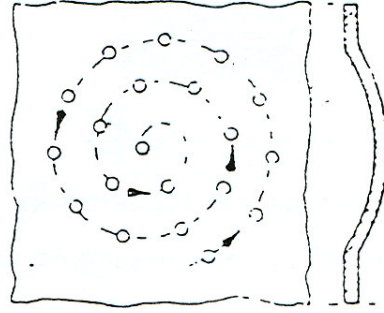
Şekil 2.15 Satranç tavlama düzenlemesi

Helezonik düzenleme



Şekil 2.16 Helezonik tavlama düzenlemesi

Noktalı düzenleme



Şekil 2.17 Noktalı tavlama düzenlemesi

- Isı Yolu Yöntemleri

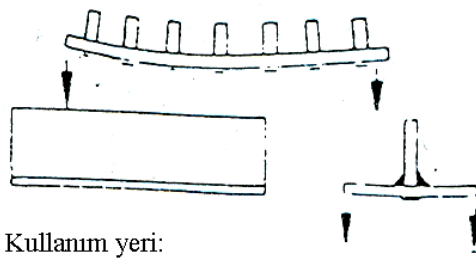
Yan yana noktalama yöntemi

Çizgisel düzenleme

Tavlama tarzı

yan yana noktalama yöntemi

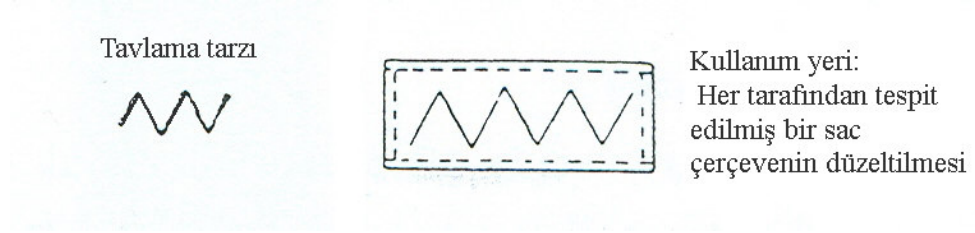
çizgisel yöntem



Kullanım yeri:
Tek tarafından kaynak yapılmış
parçaların düzeltilmesi

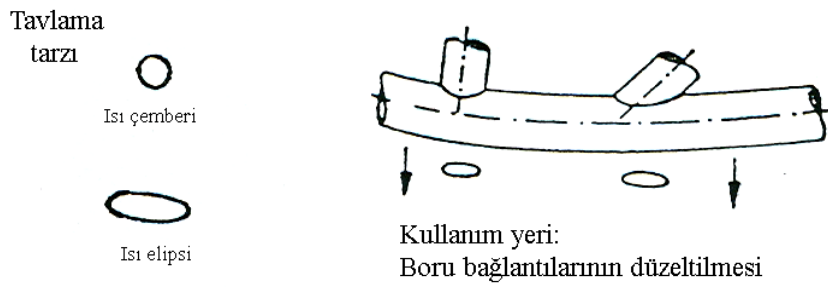
Şekil 2.18 Yanyana noktalama ve çizgisel tavlama düzenlemeleri

Zikzak düzenleme



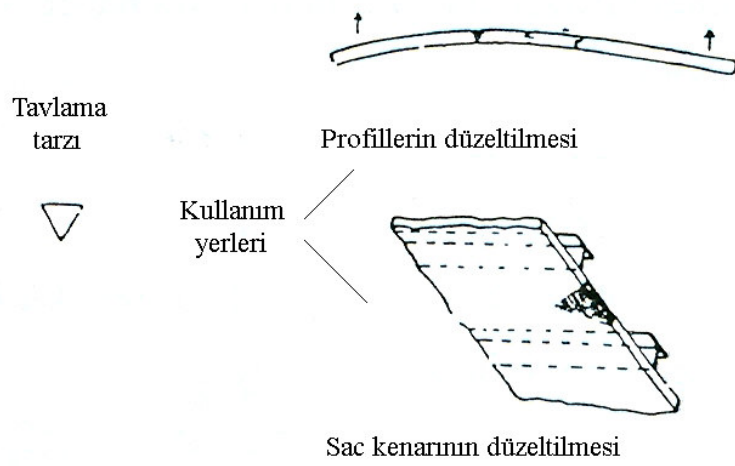
Şekil 2.19 Zikzak tavlama düzenlemesi

Isı çemberi ya da elipsi



Şekil 2.20 Isı çemberi ve ısı elipsi tavlama yöntemi

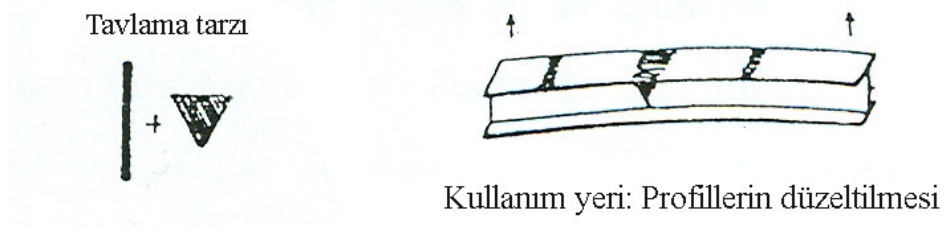
• Isı kaması yöntemi



Şekil 2.21 Isı kaması tavlama yöntemi

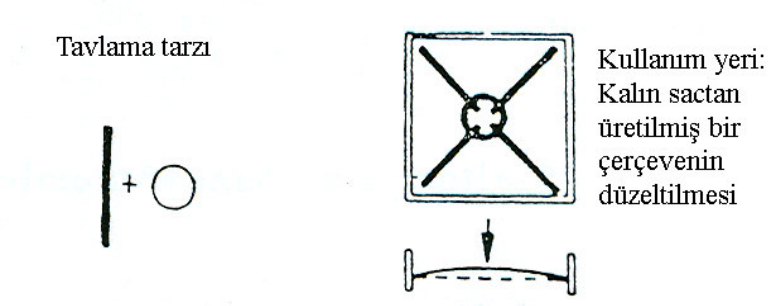
- Birleşik yöntem

Isı yolu ve ısı kaması



Şekil 2.22 Isı yolu ve ısı kaması yöntemi

Isı haçı ve ısı çemberi

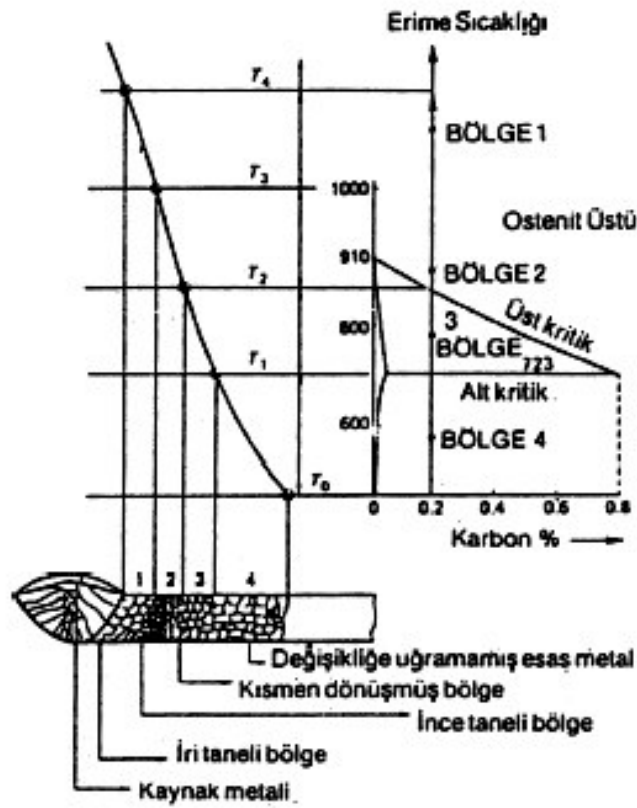


Şekil 2.23 Isı haçı ve ısı çemberi yöntemi

3. GEMİ İNŞAATINDA KULLANILAN ÇELİKLER ve ÖZELLİKLERİ

3.1 Çeliklerde Kaynak Bölgesi

Kaynak dolgusunun bulunduğu ve kaynak işleminde uygulanan ısıdan etkilenen tüm bölgelere kaynak bölgesi adı verilir. Bu bölge, kaynak metali ve ısının etkisi altındaki bölge olmak üzere iki ana bölgeye ayrılır. Ergime bölgesi ile ısının etkisi altındaki bölgeyi birbirinden ayıran ergime sınırı ve kaynak ısısından etkilenmeyen bölge ile de birbirinden farklı dört bölge meydana gelir. Bu bölgeleri Şekil 3.1’de görebiliriz.



Şekil 3.1 Kaynak sırasında ısının tesiri altındaki bölge

Ergime bölgesi, ısının etkisiyle ergiyen ve daha sonra katılaştıran bölgedir. Kaynak metali (ilave metal) ile esas metalin karışımından meydana gelir. Esas metalin kaynak metaline oranı; uygulanan kaynak yöntemine ve paso sayısına bağlı olarak değiştiğinden, ergime bölgesinin karışım oranı bilinse bile, bu bölgenin bileşimini hesaplamak imkansızdır. Çünkü alaşım elemanlarının bir kısmı yanma ile yok olurlar.

Kaynak banyosu katılaşırken, kaynak yerine verilen ısının büyük bir bölümü ısı iletimi yolu ile esas metal üzerinden transfer edilir.

Ergime çizgisi, ergiyen ve ergimemiş ısının etkisi altındaki bölgeyi birbirlerinden ayıran ara yüzeydir. Bu sınır parlatma ve dağlama işlemleri ile çıplak gözle görülebilmektedir.

Isının etkisi altındaki bölge, 1450°C ile 700°C arasında değişim gösterir.

Ulaşılan maksimum sıcaklık ile bağlantılı olarak farklı özelliklerde bölgeler meydana gelebilir.

Kaynak ile birleştirme işleminde, ısının etkisi altındaki bölge çok hızlı olarak ısınır ve bununla birlikte parça kalınlığı, ısı kaynağının şiddeti, varsa ön tavlama sıcaklığı ve çelik malzemenin ısı özelliklerinin fonksiyonu olarak hızla soğumaktadır.

Soğuma hızı, çelik malzemenin bileşimine bağlı olarak kritik soğuma hızını aşığında ve özellikle 900 °C üzerindeki bir sıcaklığa kadar ısınan bölgelerde sert ve gevrek martenzitik yapı oluşur. Bu sebepten dolayı kaynak işleminde en kritik bölge ısının etkisi altındaki bölge olmaktadır.

Kaynaktan Sonra Oluşan İçyapılar

- İri Taneli Bölge:

Kaynağın hemen yakınında bulunan ve kaynak esnasında 1450°C ile 1200°C arasındaki sıcaklığa maruz kalan bölgedir. Çeliğin bileşimine ve soğuma hızına göre martenzitik veya temperlenmiş martenzitik yapı görülür. Bu bölge en yüksek sertliğe sahiptir. Bu bölge, iri taneli olup gevrek, yüksek çentik hassasiyetine ve düşük bir uzamaya sahiptir.

- İnce Taneli Bölge:

Kaynak yapılırken 1200°C ile 900°C arasındaki bir sıcaklığa ulaşan bölgedir. İç yapı bakımından birinci bölgeye benzer bir yapıdadır. Fakat daha ince taneli bir yapı oluşur. Bu bölgenin tokluğu yüksektir ve tane boyutundan ötürü uzama ve çekme dayanımları diğer bölgelerden daha fazladır.

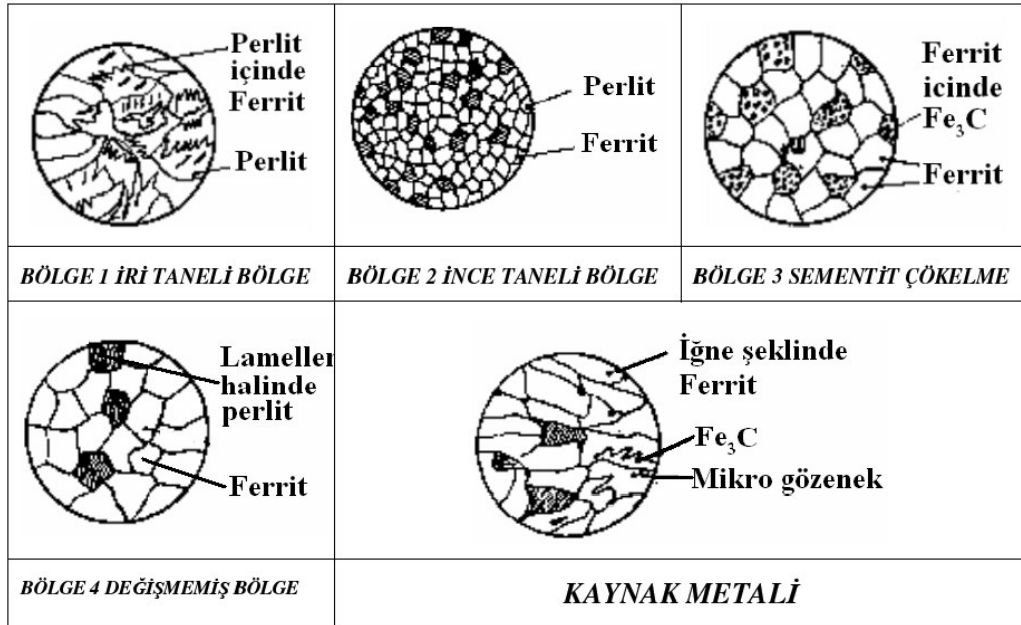
- Kısmen Dönüşüme Uğramış Bölge:

İnce taneli bölgenin devamı olup, kaynak sırasında A3 ile A1 arasındaki bir sıcaklığa maruz kalmaktadır. Kaynaktan oluşun sıcaklık, metali alt kritik noktanın üzerine çıkarmak için yeterlidir. Bu sıcaklıkta ferrit değişmeden kalır, fakat perlit östenit içinde erir. Bu yapı iyi uzama verir.

- İç Yapı Değişimine Uğramamış veya Temperlenmiş Bölge:

Bu bölgenin sıcaklığı, kaynak esnasında Fe-C denge diyagramında A1 noktasının altında bulunur ve genellikle içyapı değişime uğramamıştır.

Kaynak edilebilirlik, malzemeye hiçbir ön tavlama gerektirmeden ve özel önlemler almadan malzemelerin kaynak edilmesi, kaynak kabiliyetinin yüksek olduğunu gösterir. İlave metal ile esas metal karıştığı zaman oluşan kaynak metalinin kırılmaya karşı uygun bileşimde olması gerekir. Kaynak metali ve ısının tesiri altında kalan bölgede oluşan mikroyapılar Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Kaynak metali ve ITAB’da oluşan iç yapılar

Bütün ergitme kaynak yöntemlerinde özellikle, elektrik ark kaynağında soğuma hızı; sertleşmeye yatkın fazla olan çeliklerde, gereken önlemler alınmadığı zaman, ITAB bölgesinde, martenzit oluşumunu sağlayacak şiddettedir. Kaynak metali için yani ergime bölgesi için böyle bir tehlike yoktur; zira elektrod üreticileri tarafından, kaynak metalinin bileşimi, hızlı soğuma halinde dahi sertleşme oluşturmayacak şekilde ayarlanmıştır. ITAB bölgesinde sert ve kırılgan bir yapının ortaya çıkması, soğuk çatlakların oluşmasına neden olmaktadır.

Kaynaktan sonra ortaya çıkan iç gerilmelerin, çalışma şartlarındaki zorlamaların ve kaynak banyosunda yayılan hidrojenin etkilerinin birbiri üzerine çalışması ve sertleşen bölgenin plastik

şekil değiştirme özelliğinin olması nedeni ile kılcal çatlaklar oluşmaktadır. Genellikle yüzeyden görülmeyen bu çatlaklar zamanla kritik büyüklüğe ulaştığında hiç beklenmedik bir anda ve büyük bir hızla parçanın kaynak dikişine paralel olarak boydan boya kırılmasına neden olur.

3.2 Çelik Tekne İmalatında Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Çelik Malzemenin Yapısı ve Karakteri

Çelik malzemenin imalatı daima demir madeninin fırında eritilip pik demiri elde edilmesi ile başlar. Ergitme konik fırınlarda yapılır ve bu sırada yakıt olarak kok kömürü kullanılır ve maden cevherine kireç de katılır. Ortaya çıkan malzemenin %92 ile %97 kadarı pik olup geri kalan kısmı karbon, silikon, manganez, sülfür ve fosfordan oluşur. Çelik bu pik demiri rafine ederek elde edilir ve %0.1 ile %1.8 arası karbon ihtiva eder. Karbon miktarının artması çeliği sertleştirir. Çelik imalatı sırasında iki tür imalat stratejisi izlenir.

- Bazık Proses: Pik demirin rafinesindeki artıklar bazık ise bu proses kullanılır. Fosfor oranı yüksek olan pik bu tiptendir. Büyük ölçüde kireç eklenmek sureti ile fosfor rafine edilir. Artıkların tekrar reaksiyona girmesini önlemek için fırın cidarı bazık malzemelerle kaplanır.
- Asidik Proses: Pik demirinin rafine artıkları asidik ise bu yöntem uygulanır. Silikonu fazla olan pik demiri bu türdendir ve rafine işlemi sırasında fırın cidarlarını asidik bir malzeme ile kaplamak gerekir. Asidik yolla üretilen çelikler kullanılan pik demirin kalitesinin yüksekliği nedeni ile daha yüksek kaliteli sonuçlar verir.

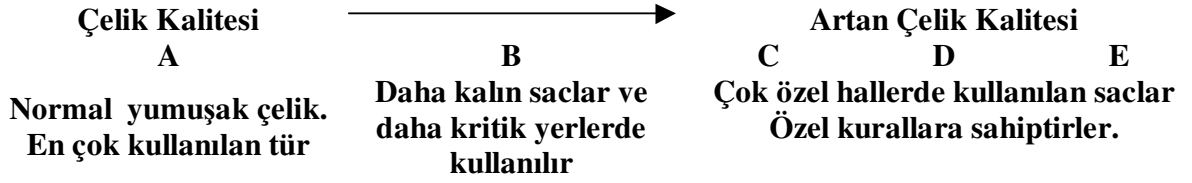
Isıl Prosesler

Üç türlü ısıl işlem uygulanır. Bu işlemler şunlardır:

- Tavlama: Çeliği yavaş yavaş 850 °C ila 950 °C'e kadar ısıtıp yine kontrollü ortamda yavaş yavaş soğutmak. Bu işlem çeliği yumuşatmak ve esneklik kazandırmak amacı ile uygulanır.
- Normalleştirme: Bu sistemde de tavlama gibi yavaş yavaş ısıtılan çelik açık havada serbestçe soğutulur. Bunun sonucu olarak tavllanmış çelikten daha sert fakat daha az esnek bir çelik elde edilir. Bu tür çeliklerde küçük kristal yapılar oluştuğu görülür.
- Menevişleme: Bu ısıl işlem de yavaş yavaş ısıtma ile başlar ama soğutma soğuk yağ veya su içerisine daldırmak sureti ile hızla yapılır. Elde edilen çelik soğuma hızına bağlı olarak çok sert fakat çok kırılğan olur.

3.3. Gemi İnşaatında Kullanılan Çelikler

Gemi inşaatında kullanılan çelikler %0.15 ila %0.23 oranında karbon ihtiva eden çeliklerdir. Bu çeliklerin manganez oranının yüksek, sülfür ve fosfat oranlarının ise iyice düşük olması istenir. Fosfor ve sülfür miktarı yüksek olan çeliklerde kaynak yapmak zordur ve sorun yaratır. Karbon oranı arttıkça da çelik sertleşmektedir.



Çizelge 3.1 Normal mukavemetli gemi yapım çeliğinin kimyasal bileşimi

ÇELİK SINIFI	A	B	D	E
Kimyasal Bileşim %				
C max.	0,21	0,21	0,21	0,18
Mn min.	0,50	0,80	0,60	0,70
Si max.	0,50	0,35	0,35	0,35
P max	0,035	0,035	0,035	0,035
S max.	0,035	0,035	0,035	0,035
Al min.	-	-	0,015	0,015

Yüksek kaliteli çelikler gerilmelerin özel olarak çok yüksek oldukları yerlerde (Tanker ve dökme yük gemilerinde özellikle) kullanılır. Kaynak edilmeleri daha sorunlu ama daha ince saç kullanmaya olanak verir. Yüksek kaliteli çeliklerin yorulma dayanımı daha kısa olmaktadır. Dört değişik kalitesi bulunmaktadır.



Çizelge 3.2 Yüksek mukavemetli gemi yapım çeliğinin kimyasal bileşimi

ÇELİK SINIFI	A32	D32	E32	F32	F36	F40
	A36	D36	E36			
	A40	D40	E40			
Kimyasal Bileşim %						
C max.		0,18			0,16	
Mn		0,90-1,60			0,90-1,60	
Si max.		0,50			0,50	
P max.		0,035			0,025	
S max.		0,035			0,025	
Al min.		0,015			0,015	
Nb		0,02-0,05			0,02-0,05	
V		0,05-0,10			0,05-0,10	
Ti max.		0,02			0,02	
Cu max.		0,35			0,35	
Cr max.		0,20			0,20	
Ni max.		0,40			0,80	
Mo max.		0,08			0,08	
N max.		-			0,009	

Çelik kalitesinin belirlenmesi için belirli testler yapılmalı ve bazı büyüklükler standart bir şekilde belirlenmelidir. Ancak bu şekilde değişik çelikleri birbirlerine göre standart bir şekilde sınıflandırılabilir.

Çizelge 3.3 Klas Kurallarına göre normal ve yüksek mukavemetli
gemi inşa çeliğinin karşılaştırılması

Klas kurallarına göre çelik sınıfı						Standarttaki karşılığı	
Sınıf	Akma Gerilmesi N/mm ²	Çekme Dayanımı N/mm ²	Uzama min. %	Ortalama çentik direnci		ISO 630-80 4950/2/3 1981	EN EN 10025-93 EN 10113-93
				Sıcaklık J,min °C L T			
A	235	400-502	22	+20	- -	Fe 360B	S235JRG2
B				0	27 20	Fe 360C	S235J0
D				-20	27 20	Fe 360D	S235J2G3
E				-40	27 20	-	S275NL/ML
A 27				0		Fe 430C	S275J0G3
D 27	265	400-530	22	-20	27 20	Fe 430D	S275N/M
E 27				-40		-	S275NL/ML
A 32				315	440-590	22	0
D 32	-20	31 22	-				-
E 32	-40		-				-
A 36	355	490-620	21	0		Fe 510C	S355N/M
D 36				-20	34 24	Fe 510D	S355N/M
E 36				-40		E355E	S355NL/ML
A 40	390	510-650	20	0		E390CC	S420N/M
D 40				-20	41 27	E390DD	S420N/M
E 40				-40		E390E	S420NL/ML

3.4 Karbon Eşdeğeri Kavramı

Kaynak yapılırken ana malzeme içerisindeki ısınmın tesiri altındaki bölgenin, azami sertliğini ya da ana malzemenin soğukta çatlama hassasiyetini önceden görebilmek bakımından çok önemli olan eşdeğer karbon için birçok deneysel formül önerilmiştir. Bu formüllerin arasında uluslararası gemi inşaatı kurallarında belirtilen ve gemi inşaatında pratik olarak kullanılanı şu şekildedir:

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} (\%)$$

Yukarıda belirtilen formül seçilen bir malzemenin kaynak edilebilirliğini ve soğukta çatlama hassasiyetini kontrol edilebilmek için kullanılabilir. Ancak bu formül pratikte, herhangi bir parçanın kaynak edilebilirliği ve soğukta çatlama hassasiyetinin belirlenmesi için tek başına yeterli olmamaktadır. Burada parçanın kalınlığı da önem kazanır.

Düşük alaşımlı çeliklerde parça kalınlığının da dikkate alınması gereken durumlar için aşağıdaki formül geliştirilmiştir:

$$C_{eş} = C_e (1 + 0.005e)(\%)$$

e = kalınlık (mm)

Çizelge 3.4 Yüksek mukavemetli çelik için Karbon Eşdeğeri

ÇELİK SINIFI	Karbon Eşdeğeri, max. (%)	
	t ≤ 50	50 < t ≤ 100
A32, D32, E32, F32,	0,36	0,38
A36, D36, E36, F36,	0,38	0,40
A40, D40, E40, F40	0,40	0,42
	t : kalınlık (mm)	

- Ön Tavlama Sıcaklığının Tayini

Pratikte karbon eşdeğeri, kaynak yapılmadan önce ön tavlamanın gerekliliğine karar vermede yardımcı bir değerdir. Eğer parçalarda ön tav yapılması gerekiyorsa, bu ön tavlamanın sıcaklık değerini bulmak için sırasıyla aşağıdaki formüllerden faydalanılabilir:

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} (\%)$$

formülünden malzeme bileşimine bağlı karbon eşdeğeri bularak

$$C_{eş} = C_e (1 + 0.005e) (\%)$$

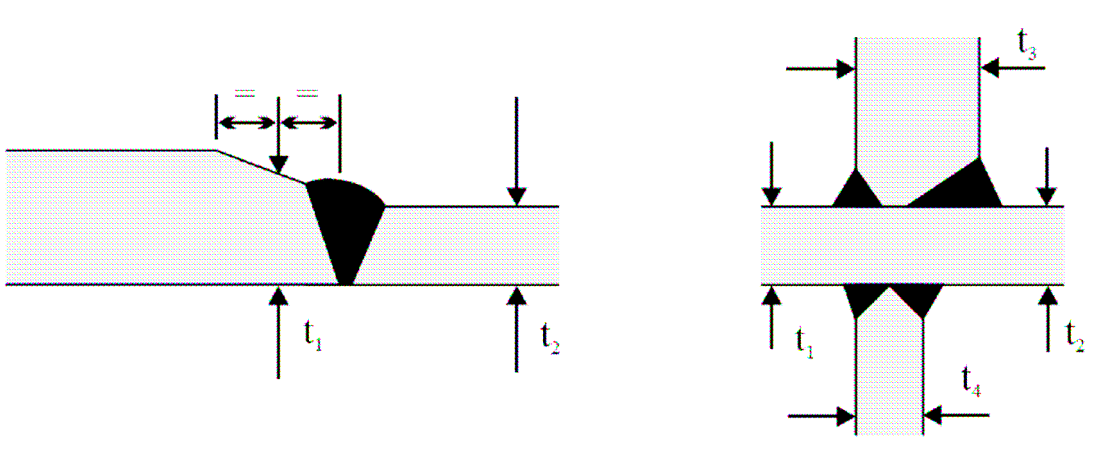
e = kalınlık (mm)

formülünde önceden bulduğumuz C_e ve kalınlık değerlerini kullanarak kalınlığa bağlı karbon eşdeğeri bulunabilir ve

$$T_{\text{öntav}} = 350 \cdot \sqrt{C_{eş} - 0,25}$$

kalınlığa bağlı karbon eşdeğerini yukarıdaki formülde kullanarak, uygulanması gereken ön tav sıcaklığına ulaşılabilir.

Değişik kalınlıklardaki parçaların birleştirildiği yapılarda malzeme kalınlığı, birleştirilecek parçaların kalınlığının kombinasyonu olarak alınabilir.



Şekil 3.3 Kalınlıkların kombinasyonu

$$(t_{\text{komb}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4)$$

Kalınlıklara ve karbon eşdeğerliğine bağılı olarak gemi inşaatında kullanılan çeliklere kaynaklı birleştirmeden önce uygulanması gereken ön tav sıcaklıkları aşağıdaki gibidir:

Çizelge 3.5 Ön tav sıcaklıkları

Karbon Eşdeğeri	İstenen en düşük ön tav sıcaklığı (°C)		
	$t_{komb} \leq 50$ mm	$50 \text{ mm} < t_{komb} \leq 70$ mm	$t_{komb} > 70$ mm
$C_{eş} \leq 0,39$	-	-	-
$C_{eş} \leq 0,41$	-	-	50
$C_{eş} \leq 0,43$	-	50	100
$C_{eş} \leq 0,45$	50	100	125
$C_{eş} \leq 0,47$	100	125	150
$C_{eş} \leq 0,50$	125	150	175

Çizelge 3.6 Çelik sınıflarına göre tavlama sıcaklıkları

ÇELİK SINIFI		STANDART	SINIR DEĞER	NOT
AH32 – EH32 AH36 - EH36 ($C_{eş} > 0.38\%$)	Tavlamadan hemen sonra su ile soğutma	$\leq 650\text{ }^{\circ}\text{C}$		
	Tavlamadan sonra hava ile soğuma	$\leq 900\text{ }^{\circ}\text{C}$		
	Tavlamadan sonra hava ile soğumanın arkasından su soğutma	$\leq 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ (su ile soğutma $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altında başlamalı)		
AH32 – DH32 AH36 - DH36 ($C_{eş} \leq 0.38\%$) EH32 & EH36 ($C_{eş} \leq 0.38\%$)	Tavlamadan hemen sonra su veya hava ile soğutma	$\leq 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$		
		$\leq 900\text{ }^{\circ}\text{C}$		
$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} (\%)$				

4. GEMİLERDE KONSTRÜKSİYON TIPLERİ ve BÜNYE ELEMANLARI

Gemi yapısı oluşturan elemanlar genel olarak birincil ve ikincil elemanlar olarak kabaca ikiye ayrılabilir.

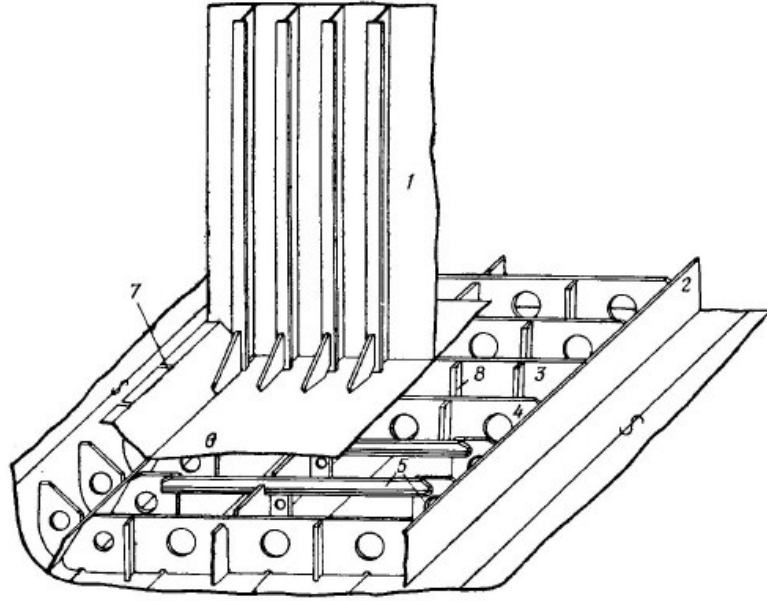
Birincil elemanlar gemi bünyesinin tümünü veya önemli bir bölümünü etkileyen yüklere karşı geminin bünyesel bütünlüğünü korumasına katkı yapan elemanlardır. Bu tür elemanların tipik örnekleri; gemi dış kaplaması (güverte, borda ve dip), tulaniler (merkez ve yan), döşekler (dolu ve boş), posta ve kemereler olarak sayılabilir.

İkincil elemanlar ise genelde lokal yüklere karşı mukavemeti sağlayan elemanlar ile birincil elemanları destekleyen ve onların devamlılığını sağlayan elemanlardır. Bu tip elemanların tipik örnekleri küçük teçhizat temelleri ve braketler gibi elemanlardır.

4.1 Gemilerde Konstrüksiyon tipleri

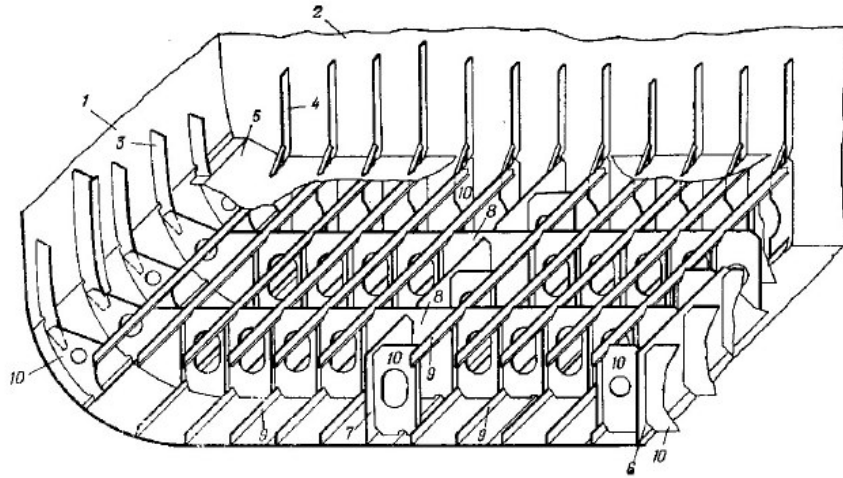
Tarihsel olarak ele alındığında çelik gemilerde iki değişik konstrüksiyon sistemi kullanılmıştır; enine ve boyuna konstrüksiyon sistemleri. Enine sistemde dış kaplama belirli sıklıkta enine istikamette oluşturulan kemere, posta ve döşeklerden oluşan halkalarla desteklenmiş ve gerekli boyuna mukavemet ise daha az sıklıkta kullanılan dip, borda ve güverte altı tulanileri ile temin edilmiştir. Genel yük gemisi, küçük konteyner gemileri ve römorkör gibi gemiler enine konstrüksiyonun tipik örnekleridir.

Boyuna konstrüksiyon sisteminde ise ana unsur boy istikametinde giden derin ve profil tulanileridir. Bu unsurlar daha az sıklıktaki derin halkalarla (derin kemere, derin posta ve döşekler) desteklenir. Genelde, tankerler ve savaş gemileri boyuna sistem kullanılan tipik gemi örnekleridir. Tipik enine ve boyuna konstrüksiyon tipleri Şekil 4.1 ve şekil 4.2' de görülmektedir.



Şekil 4.1 Enine konstrüksiyonda dip ve perde yapısı

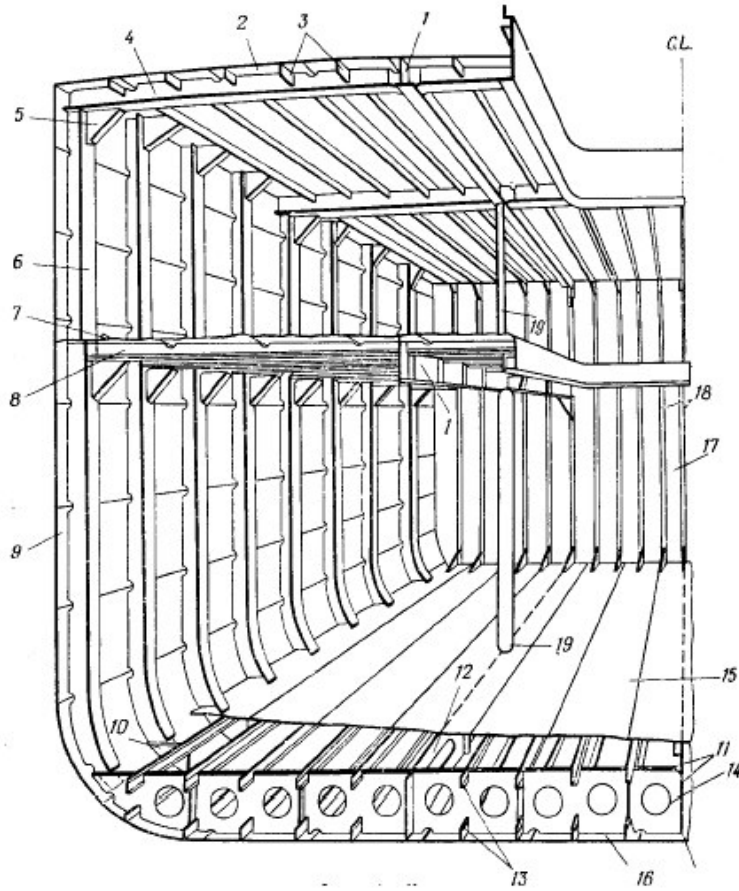
- 1) Enine perde, 2) Merkez omurga, 3) Su geçirmez döşek, 4) Dolu döşek, 5) Boş döşek,
6) İç dip kaplaması, 7) Posta geçme slotu, 8) Dikey lama



Şekil 4.2 Boyuna sistem dip konstrüksiyonu

- 1) Bordo kaplaması, 2) Enine perde, 3) Posta, 4) Enine perde stifnerleri, 5) Hopper tank kaplama levhası 6) Merkez omurga, 7) Yan tulani, 8) Dolu döşek (tulaniiler arası lama takviyeli)
9) Dip tulani, 10) Braket

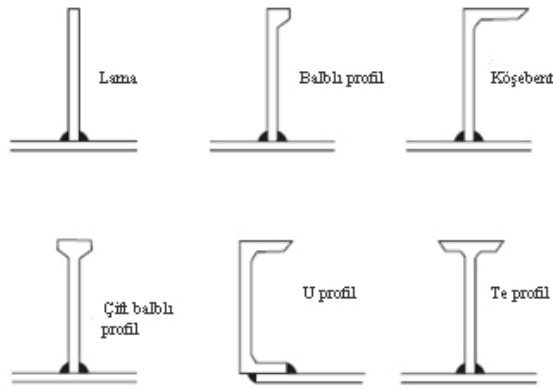
Bugün bu ayırım eskisi kadar net değildir ve pek çok gemide kombine sisteme rastlamak mümkündür. Örneğin, bir tankerde yük tankları kısmı boyuna konstrüksiyonken makine ön perdesinden kıça kadar enine konstrüksiyon kullanılmış olabilir. Özellikle son yaralanma ve yaralı stabilite kuralları dolayısıyla pek çok gemi çift cidarlı olarak tasarlanıp üretilmekte ve bu ise konstrüksiyonun daha uniform bir hale gelmesine katkı yapmaktadır. Kombine konstrüksiyon tipi örneği Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Kombine bünyesel konstrüksiyon

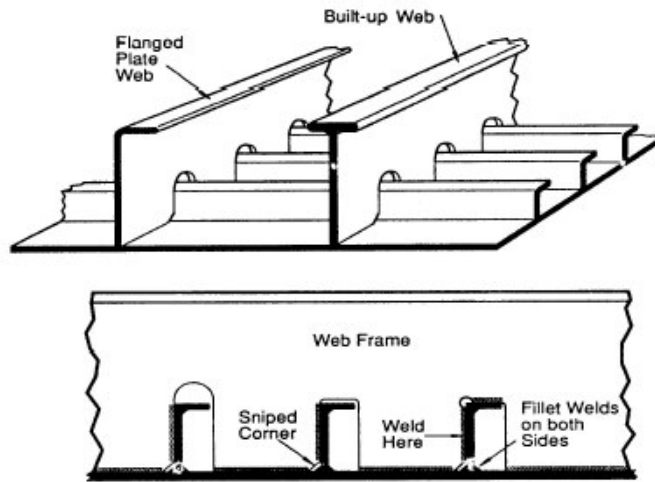
- 1) Derin tulani, 2) Üst güverte kaplaması, 3) Güverte altı tulanileri, 4) Derin kemere,
- 5) Güverte braketleri, 6) Posta, 7) Gladora güverte kaplaması, 8) Kemere, 9) Borda kaplaması,
- 10) Sintine braketleri, 11) Merkez omurga, 12) Yan tulani, 13) Dip ve iç dip tulanileri,
- 14) Dolu döşek, 15) İç dip kaplaması, 16) Dip kaplaması, 17) Enine perde,
- 18) Perde stifnerleri, 19) Puntel

Çelik ve alüminyum kullanılarak yapılan gemilerde kullanılan ana malzeme tipleri levhalar ve profillerdir. Levhalar ve profiller standart boyut ve kalınlıklarda üretildiğinden, tasarım ve klas onayında bu özellikler esas alınır. Birbirine kaynak edilmiş profil ve levhalardan oluşan yapılar panel denir. Panellere kaynak edilen değişik profil tipleri Şekil 4.4'de gösterilmektedir. Bazı profiller satın alındığı gibi, bazıları standart profilleri değiştirerek ve bazıları ise bir lamaya bir alın laması kaynak edilerek veya lamaya flenç basılarak elde edilir.



Şekil 4.4 Panellerde kullanılan profil tipleri

Gemi yapısı incelendiğinde gemi dibi, iç dibi, bordası, güvertesi, enine ve boyuna perdeleriyle üst yapılarının takviyeli panellerden oluştuğu gözlenir. Profil eksenleri doğrultusu esas alındığında, takviyeler bu eksene dik doğrultuda derin elemanlar olarak kullanılır. Derin elemanlarda panel profillerinin geçmesi için geçiş delikleri bulunur. Profiller bu geçiş deliklerine kaynakla bağlanır. (Bakınız şekil 4.5)



Şekil 4.5 Panellerin derin elemanlarla takviyesi

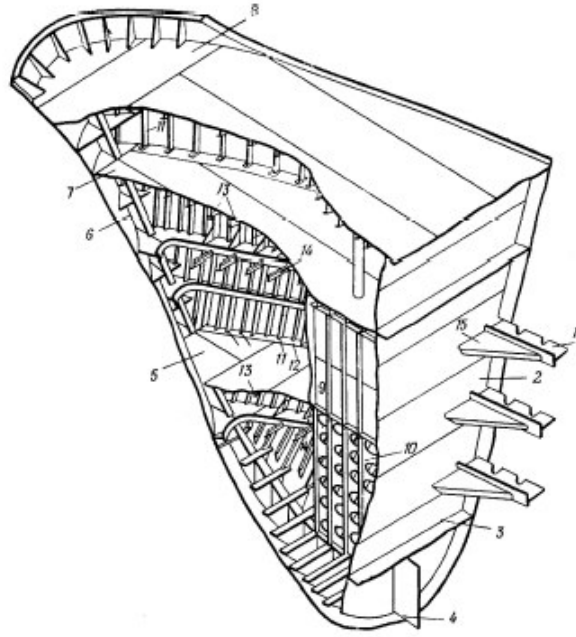
4.2 Gemi Elemanları

İsimlendirme yönünden bir geminin enine bir halkasını göz önüne alırsak karşımıza şu elemanların çıkması olağan olacaktır:

- Dış kaplama = Geminin dip, sintine, borda ve güvertesini çevreleyen levhalardan oluşan unsurdur.
- İç dip kaplaması = Geminin özellikle yük taşıyan bölümlerin dibindeki levhalardan oluşan unsurdur.
- Enine halka = Güverte kemeresi, posta ve döşekten oluşan ve güverte braketi ve sintine braketi ile birbirine bağlanan mukavemet unsurudur.
- Döşekler = İç dip ve dip kaplama arasında enine halkanın alt kısmını oluşturur. Görevi, boy istikametine giden merkez omurga ve tulaniler arasının mukavemet yönünden takviyesi ve ambar (veya tank) yüklerinin dağılımının temin olup; dolu veya boş döşek konfigürasyonunda olabilir.
- Perdeler = Gemiye en veya boy istikametinde bölmeleyen takviyeli panellerdir. Bazen ondüle veya baklavalı konfigürasyon alabilirler.
- Stringerler = Gemi bordası, boyuna perdeler ve güvertelerde kullanılan ve boy istikametinde giden derin elemanlardır.
- Derin posta ve Kemereleler = Geminin en istikametinde borda ve güverte takviyesi için kullanılan derin elemanlardır.
- Mezarnalar = Ambar ağızlarında gerekli mukavemeti sağlamak için kullanılan konstrüksiyondur.
- Makine ve Teçhizat Temelleri = Geminin başta ana makinesi olmak üzere kullanıldığı makine ve teçhizatın yaratacağı statik ve dinamik yükleri abrayan mukavemet elemanlarıdır.
- Punteller (veya Dikmeler) = Gemilerde görev dolayısıyla perde konulması mümkün olmayan yerlerde kullanılan ve genelde boru profillerden oluşan dikey mukavemet elemanıdır.
- Ara güverteler = Geminin en üst devamlı güvertesi altında kalan güvertelerdir. Görevine, göre gladora, platform gibi isimler alabilir.

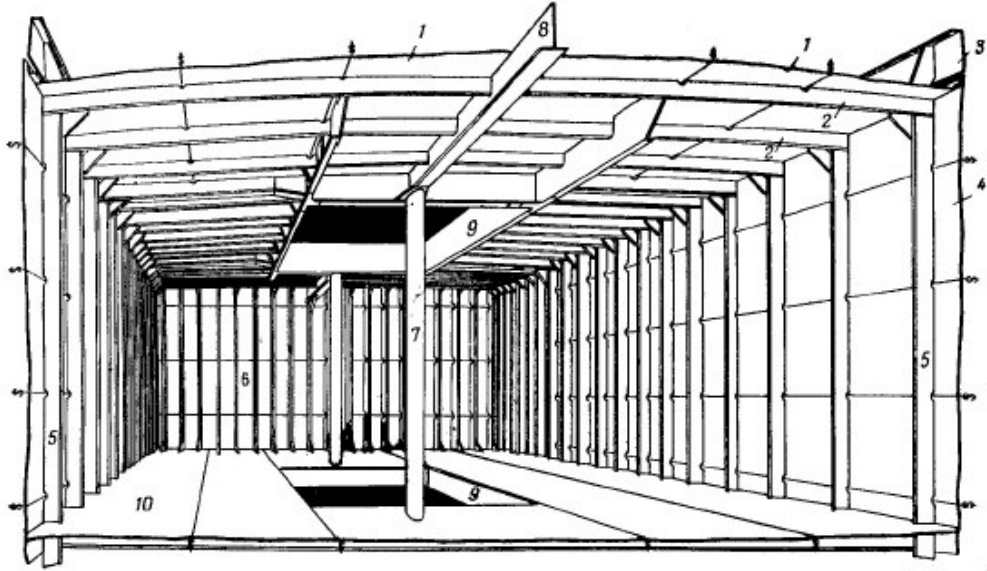
- Baş kasara = Geminin baş tarafında fribordu yükselten bir üst binadır. Kasara güvertede geminin demirleme ve halat donanımı konuşlandırılır.
- Kıç kasara = Kıçta aynı görevi gören bir üst yapıdır. Ancak modern ticaret gemilerinde üst yapılar kıçta olduğundan ayrı bir kıç kasara mevcut değildir.
- Güverte binaları = Personel ve yolcuların yaşam mahallerini oluşturan bu binaların en üst güvertesi seyir güvertesi veya köprü olarak bilinir ve geminin seyir sistemleri burada konuşlandırılır. Bu binalar personel can ve yangın güvenlik sistemlerini de konuşlandırır.
- Baca = Gemi makinalarının egzoz borularının atmosfere çıkışını destekleyen ve panellerden oluşan bir yapıdır. Makine hava girişi ve baca kazanı gibi bazı ek faaliyetleri de konuşlandırabilir.
- Parampet = Geminin havaya açık güvertelerinde denize düşmeyi önlemek için kullanılan çelik yapıdır. Şayet bu görev borulardan yapılmış bir konstrüksiyon ile sağlanıyorsa, buna vardavela denir.

Değişik tipte gemi konstrüksiyonları ve elemanları Şekil 4.6'dan Şekil 4.11'e kadar gösterilmiştir.



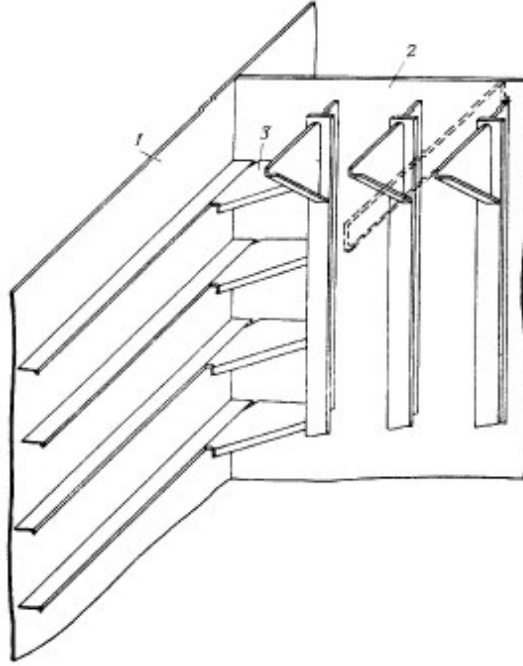
Şekil 4.6 Baş taraf konstrüksiyonu

- 1) Borda stringeri, 2) Baş pik perdesi, 3) İç dip kaplama, 4) Merkez omurga, 5) Platform,
- 6) Bodoslama, 7) Üst güverte, 8) Kasara gövde, 9) Zincirlik, 10) Merkez açık perde,
- 11) Normal posta, 12) Ara posta, 13) Güverte kemeresi 14) Ek kemerler 15) Braket



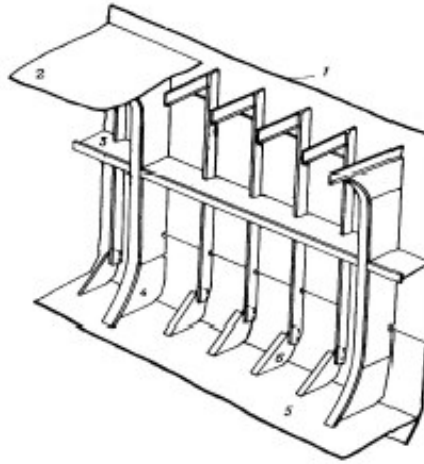
Şekil 4.7 Enine sistemde ana güverte ve gladora güvertesi

- 1) Üst güverte kaplaması, 2) Kemere, 3) Parampet, 4) Borda kaplaması, 5) Posta, 6) Enine perde,
- 7) Puntel, 8) Derin güverte altı tulanisi, 9) Mezarna, 10) Gladora güverte kaplaması



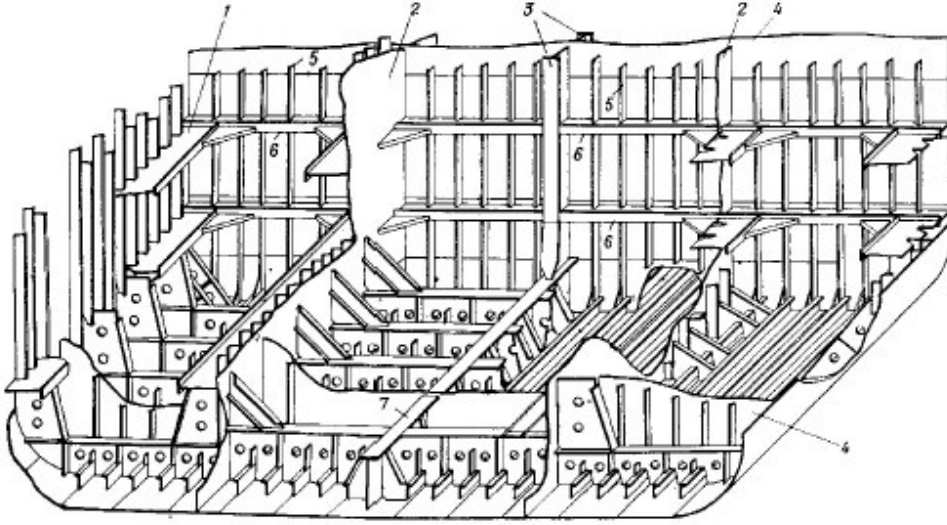
Şekil 4.8 Enine perde borda tulanisi bağlantısı (braketler)

- 1) Borda kaplaması, 2) Enine perde, 3) Braket



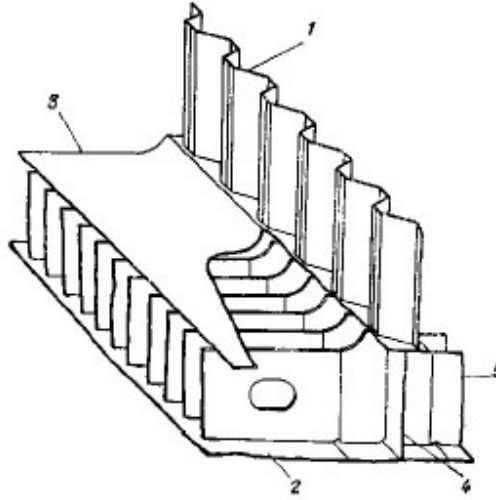
Şekil 4.9 Borda bünyesel detayı

- 1) Borda kaplaması, 2) Güverte kaplaması, 3) Borda stringeri,
4) Derin posta, 5) İç dip kaplama, 6) Sintine braketi



Şekil 4.10 Klasik tip dökme yük gemisi yapısı

- 1) Borda stringeri, 2) Boyuna perde, 3) Merkez hattı çift taraflı stifner,
4) Enine perde, 5) Perde stifnerleri, 6) Perde stringeri, 7) Merkez omurga



Şekil 4.11 Baklavalı perde

- 1) Perde, 2) Dip kaplaması, 3) İç dip kaplaması,
4) Merkez omurga, 5) Dolu döşek

5. GEMİLERİN ZORLANMASI VE KONSTRÜKSİYONU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

5.1 Gemilerin Yapısı

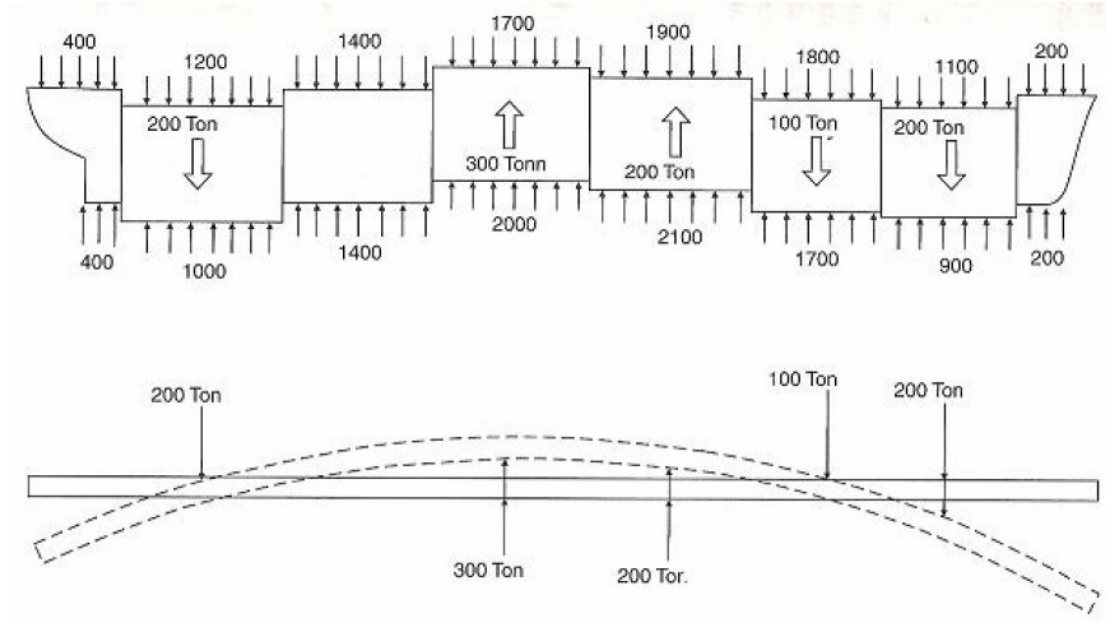
Gemilerin yapısında önem taşıyan konular su geçirmezlik ve belli bir hızda minimum masrafla yük taşıyabilme kapasitesidir. Bu nedenle ince cidarlı dar ve uzun bir kutu şeklinde gelişmişlerdir. Bu yapının cidarları geminin asal konstrüksiyon elemanlarını oluşturmakta ve şu adları almaktadır.

- Dip kaplaması: Geminin dip tarafına rastlayan kaplamalar. Bu kaplama elemanları dipteki su basıncına ve baş taraf civarında dövünmeden gelen yüklemelere maruz kalır.
- Borda kaplaması: Geminin yan taraflarındaki kaplamalar. Geminin eğilmesine karşı en büyük mukavemet bu elemanlardan gelir. Yine baş tarafta borda açınımı nedeni ile darbe yüklerine de maruz kalır.
- Güverte kaplamaları: Geminin üst kısmındaki kaplamadır ve dalgalar karşısında su geçirmezliği tamamlar. Güverteye konan yüklere mukavemet eder ve eğilmeye de zorlanır.

Gemilerin yaranmaları sırasında su alarak batmalarına engel olmak için boylarınca birçok bölmeye ayrılırlar. Bu bölmeleme su geçirmez perdeler aracılığıyla temin edilirler. Perdeler mukavemet açısından da önemli elemanlardır ve burulmaya karşı mukavemete önemli katkıda bulunurlar.

5.2 Gemilerin Sakin Suda Zorlanması

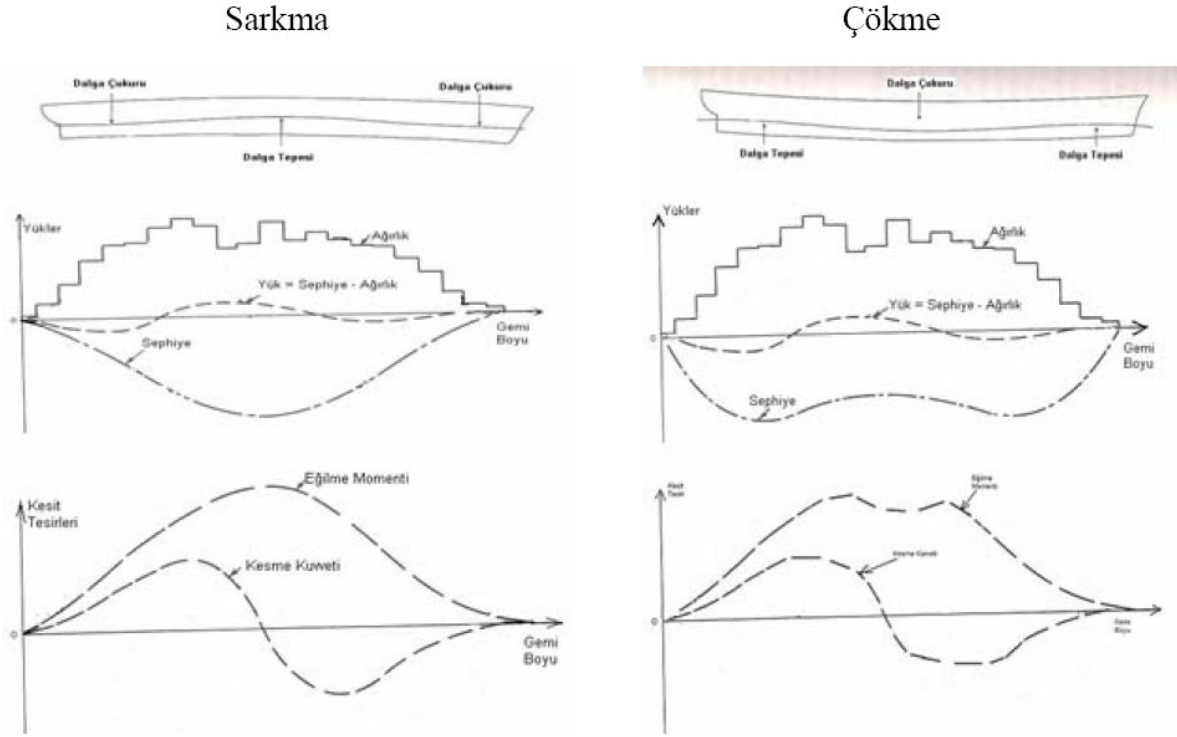
Geminin toplam ağırlığı ile toplam sephiyesi daima birbirine eşittir ancak dağılımları birbirinden farklı olabilir ve genellikle de farklıdır. Bu da gemilerde kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri yaratır.



Şekil 5.1 Gemi teknesinin maruz kaldığı kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri

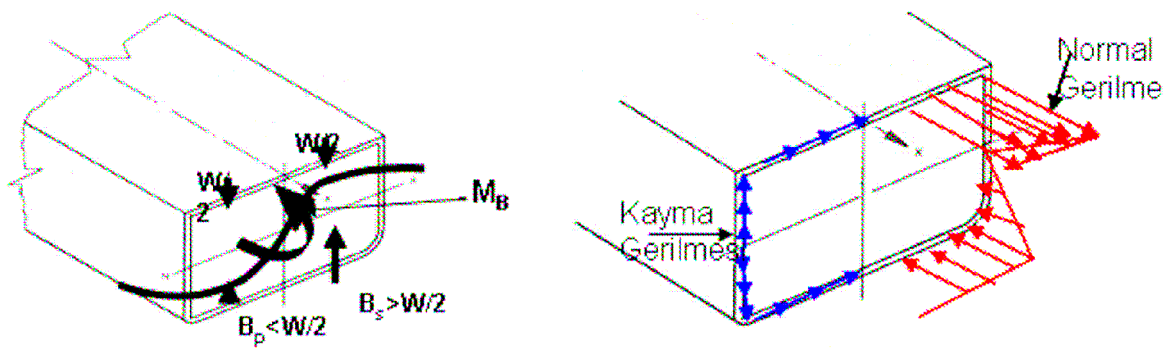
5.3 Gemilerin Dalgalarda Zorlanması

Geminin sakin suda iken var olan ağırlık ve sephiye dağılımları arasındaki farklılık dalgalar arasında daha büyük boyutlara ulaşır. Bu farklılık gemi formuna bağlıdır ve her gemi için dalga tepesinin ve dalga çukurunun konumuna bağlı olarak sürekli değişiklik gösterir. Ancak gemilerde en kritik durum boyu gemi boyuna eşit dalgalarda ve dalga tepesinin veya dalga çukurunun gemi ortasına rastladığı hallerde ortaya çıkar. Her iki hal de çeşitli yükleme durumları için incelenmelidir.



Şekil 5.2 Dalgı tepesi ve dalgı çukurunda oluşan sarkma ve çökme hareketleri

Ancak gemileri etkileyen kuvvetler sadece kesme ve eğilme kuvvetleri değildir. Bunun nedeni dalgaların sadece gemi boyunca ilerlememesidir. Genelde dalgalar gemilere belli bir açı ile gelirler ve gemide enine sephiye dağılımını bozarak burulmaya neden olurlar.

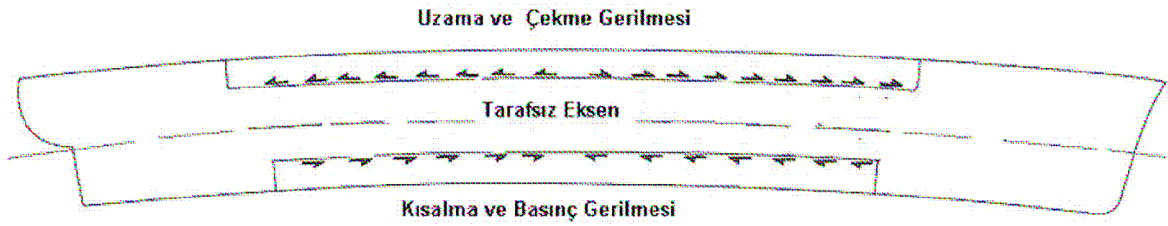


Şekil 5.3 Gerilmelerin ve burulmaların gemi en kesitindeki dağılımları

Genel olarak dalgalarda gemide altı tip iç zorlama oluşur ama bunlardan sadece kesme, düşey eğilme ve burulma önem arz eder. Diğerleri ihmal edilebilirler.

5.4 Kesit Gerilmeleri ve Boyutlandırma Etkileyen Faktörler

Gemiyi bir ince cidarlı bir kiriş olarak ele alabiliriz. Bu durumda geminin herhangi bir kesitinde normal ve kayma gerilmeleri oluşacaktır. Normal gerilmeler gemi dalga tepesinde iken güvertede çekme dipte basınca maruz kalır. Borda yapısı ise altta basınçtan başlayıp üstte çekme olur. Geminin kesitinin ortalama bir yerinde gerilmeler sıfır olacaktır. Bu noktaların geometrik yeri geminin tarafsız eksenidir.

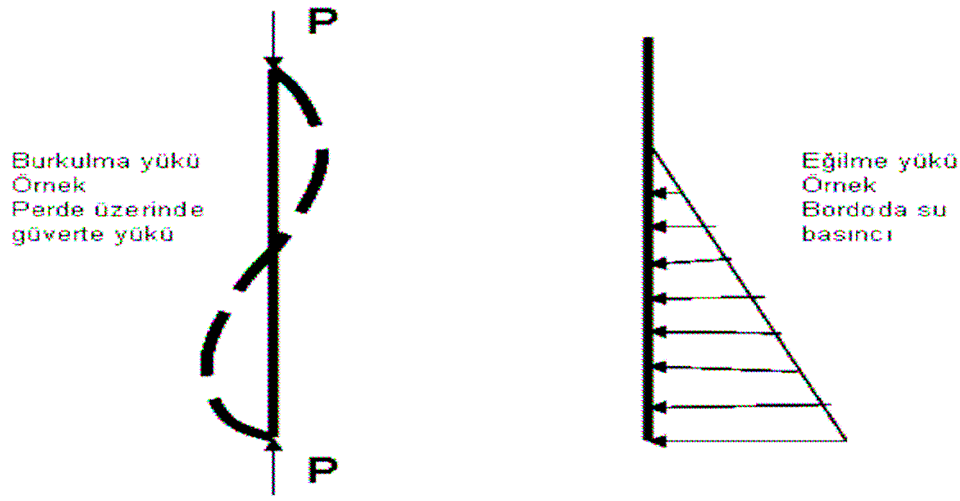


Şekil 5.4 Gerilmelerin gemi boy kesitindeki dağılımları

Gemi dalga çukurundan geçerken ise gerilme durumu tamamen tersine döner. Genelde boyutlandırması yapılırken eğilme zorlanması dikkate alınır.

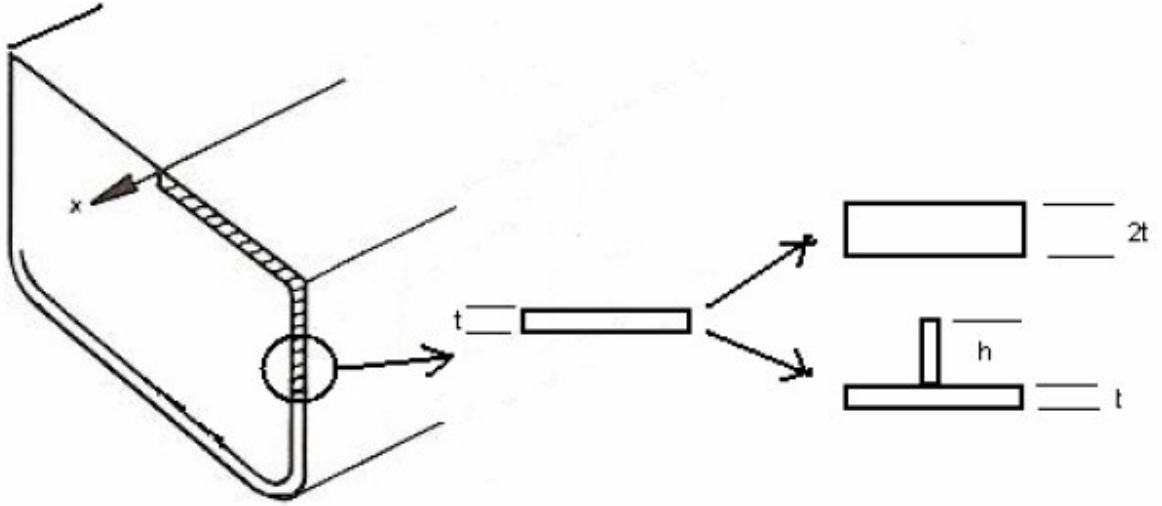
5.5 Yapı Elemanlarının Zorlanması

Gemi dış cidarı basınç yüklerine maruz kalır. Genellikle basınç yükleri gemi cidarını eğilmeye zorlamakla birlikte bazı elemanlar burkulmaya da zorlanırlar. Bu nedenle elemanların boyutlandırılması eğilmeye göre yapılmakla birlikte burkulma kontrolü de gerekir.



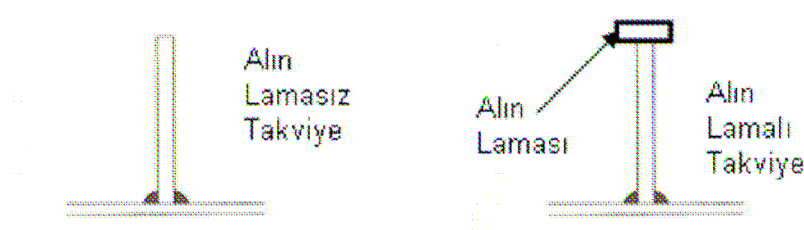
Şekil 5.5 Perdelerdeki ve dış kaplamadaki gerilmeler

Çok ince cidarlı bir çubuk mukavemet açısından yeterli bir çözüm olmaz. Eğer cidarı kalınlaştırmak yolu seçilirse bu ekonomik bir çözüm yolu olmaz. Onun yerine kaplama kaplamaya dik boyuna ve enine takviyelerle takviye edilir.



Şekil 5.6 Cidar kalınlığı artırılması gereken yerlerde kullanılan dik takviyeler

Bu takviyelere genel olarak stifner adı verilir. Bunlardan eleman boyunca uzananlara boyuna (Tulani) eni boyunca gidenlere de enine (arzani) stifnerler denir. Özel olarak gemi dibindeki elemanlar döşek, gemi bordasında olanlara stringer ve güvertede olanlara kemere adı verilir. Bu elemanlar da hem eğilmeye hem burulmaya hem de burkulmaya zorlanırlar. Takviyeler saçlardan kesilerek uygulanabileceği gibi çeşitli profili olan kirişlerden de olabilirler.



Şekil 5.7 Sacdan imal edilen stifnerler

6. GEMİ İNŞAATINDA KULLANILAN KAYNAK YÖNTEMLERİ

6.1 Oksi-asetilen Kaynak Yöntemi

Gemi inşaatında, elektrik ark kaynaklarının gösterdikleri gelişmelerden dolayı, oksi-asetilen kaynağı kullanılmamaktadır. Sadece oksijen ile kesme ve tavlama işlemleri yapılmaktadır. Daha önce atölyelerde kaynak edilmiş olan blokların kızakta birleştirilmesi sırasında tamamen birleşmelerini ve sağlıklı olarak kaynak edilebilmelerini sağlamak için oksi-asetilen alevinden faydalanılmaktadır. Ayrıca, blokları taşımak için geçici olarak kaynak edilmiş olan taşıma mapaları da bu yöntemle kesilir.

Gemi inşaatında kullanılan levhalar oksi-asetilen yöntemiyle kesilir. Bunun bilgisayar kontrollü oksijenle kesme tezgahlar kullanılmaktadır. CNC kesme tezgahlarında daha önceden CAD ile çizilmiş olan sac resmi ile hazırlanmış olan program tezgaha aktarılarak mümkün olan en az hurda malzeme sarfiyatı da hesaplanarak saclar kesilmektedir.



Fotoğraf 6.1 Oksi-asetilen kaynak yöntemi ile CNC kesme

6.2 Elektrik Ark Kaynağı

Gemi inşaatında örtülü elektrodla ark kaynağı yönteminden, blokların oluşturulmasında ve kızakta birleştirilmesinde kullanılır. Açık havada yapıldığından blokları gazaltı yöntemlerinden herhangi biri ile yapmak pratik değildir. Yüzeylerin eğrisel olması nedeniyle tozaltı kaynağı da uygulanamaz. Örtülü elektrodla ark kaynağı oksii-asetilen kaynağından da daha avantajlı olduğundan blokların birleştirilmesi işlemlerinde alternatifi olmayan bir kaynak yöntemidir.

Kızakta yapılan blok ekleri ve dış kaplama kaynaklarında, ayrıca elemanların kaynaktan önce birleştirilmeleri ve uzunluğu fazla olmayan dikişlerinde en çok tercih edilen yöntemdir. Gazaltı kaynak yöntemleri örtülü elektrodla ark kaynağından daha seri oldukları için, tozaltı kaynak yöntemi de daha güçlü bir kaynak yöntemi olduğu ve daha az enerji kaybı olduğu için örtülü elektroda tercih edilen yöntemlerdir. Ancak bu iki yöntemin kullanımının mümkün olmadığı durumlarda örtülü elektrodla elektrik ark kaynağı yöntemi kullanılmaktadır.

6.3 Gazaltı Kaynak Yöntemleri (TIG/MIG/MAG)

Gemi inşaatında TIG kaynak yöntemi fazla tercih edilmemektedir. MIG ve MAG yöntemleri ise seri yöntemler olduklarından tercih edilmektedirler. Gazaltı kaynak yöntemlerinin kullanımını sınırlayan durum, kapalı yerde yapılması gerekliliğidir. MIG ve MAG yöntemleri otomasyona son derece uygundur. Kapalı atölyelerde ön imalatlarda ve blok imalatında en çok kullanılan yöntemdir.

6.4 Tozaltı Kaynak Yöntemi

Tozaltı kaynak yöntemi gemi inşaatında en çok tercih edilen yöntemdir. En yüksek kaynak dikişi kalitesi bu yöntemle sağlanır. Kaynak hataları minimuma inmekte ve tam nüfuziyet istenen bölgelerde kullanılır. Ancak bu, onun en çok kullanılan yöntem olmasını sağlayamamıştır çünkü tozaltı kaynak yönteminin kullanılmasını kısıtlayan çok önemli bir engel vardır. Tozaltı kaynak yöntemi ancak düzlemsel yüzeylerde, yatay ve oluk pozisyonlarında kullanılabilir. Tozaltı kaynak yöntemi düz levha blokların (güvertelerin, perdelerin, dış kaplama saclarının, karina ve bordodaki düz kısımların) armuz ve sokraların kaynağında ve düz yatay pozisyonlardaki köşe kaynaklarının yapılmasında kullanılır.

7.GEMİ İNŞAATINDA KAYNAK SIRASI

7.1 Kaynak Sırası ve Kaynak Sırası Planı

Kaynak sırasında oluşan çarpılma ve kendini çekmeler, kaynaktan sonra büyük giderlere neden olan doğrultma ve düzeltme işlemlerini gerektirir. Bir düzeltme işlemi, yaklaşık olarak ilk kaynak zamanına eşittir. Böylece zaman, işçilik ve malzeme kaybı olmaktadır. Uygun bir kaynak sırasının izlenmesiyle düzeltme için gerekli zaman kaynak zamanının % 10–20 sine düşmektedir. Bu nedenle, uygun kaynak sırası planlaması büyük önem taşır.

Gemi inşaatında kaynak sırasının hatalı uygulanması, sistem elemanlarının dikkatsizce birleştirilmeleri yüzünden oluşabilecek gerilmeler üst üste toplanabilir ve ciddi blok çarpılmalarına neden olabilir. Kaynaklarda çatlamlar meydana gelmese bile bu gerilmeler sistemin rijitliğini yenip sistemi deforme edebilir.

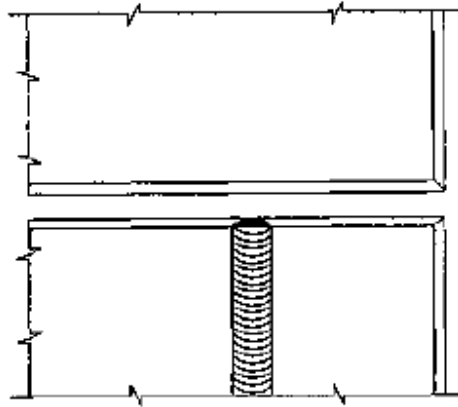
Bu nedenle kaynak sırası, gemi inşaatında önemli bir yer tutmaktadır, genel olarak kaynaklı bir yapıda kaynağa ortadan başlayarak uçlara doğru simetrik olarak kaynak yapılmalıdır. Bu yöntem ile distorsiyonlar yapının uçtaki boş taraflarına doğru oluşacak ve düzeltilmeleri de kolaylaşacaktır. Eğer kaynakların tamamlanması sonucu distorsiyonlar ortada toplanır ise konstrüksiyon da tamamlandığından daha sonra düzeltme yapmak çok zorlaşır yada imkansız hale gelebilir ve kaynakları kesmek gerekebilir, bu nedenle doğru kaynak sırasını bularak imalatı buna göre yapmak gereklidir.

Kaynak sıralarının belirlenmesi sonucunda imalatın buna göre yapılabilmesi için, belirlenen kaynak sıraları imal edilecek konstrüksiyonun teknik resmi üzerinde işaretlenir. Kaynak sıralarını ve kaynak uygulamasıyla ilgili diğer bilgileri içeren bu teknik resme “kaynak sırası planı” adı verilir. İşletmelerde uygulamayı yapacak personelin kaynak sırası planına uyması dikkatle takip edilmelidir.

7.2 Kaynak Sıralarının Oluşturulmasında Göz Önüne Alınması Gereken Kurallar

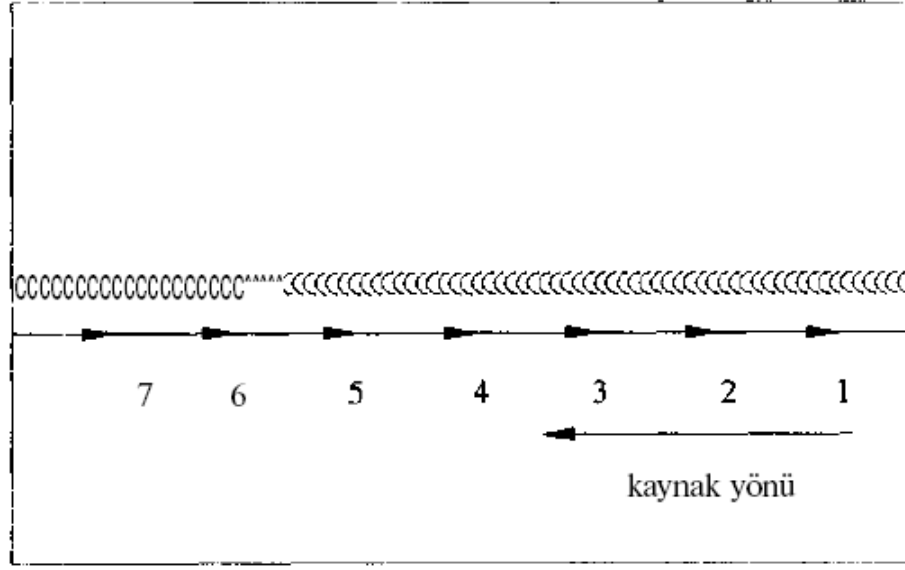
Bir konstrüksiyonun kaynak sıralarını oluştururken aşağıdaki maddelerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

- Birleştirilecek parçaların ayrı ayrı olarak kendini çekebilmesini sağlamak üzere, kaynak sırası saptanır. En fazla çarpılmaya uğrayacak ve sabit bağlantı sağlayacak parçalar, en son kaynak edilir.
- Çarpılmaya eğilimi fazla olan ince sacların kaynağında, parçalar kaynağa başlanmadan önce sabitlenir.
- Boylamasına ve enlemesine dikişlerin birbirleriyle, karşılaşmaları durumunda, önce enlemesine ve kısa olan dikişler yapılmalıdır.
- İki alın dikişinin birbiri ile karşılaşmaları durumunda, zorlamaya maruz yöndeki dikiş önce ve sürekli olarak kaynak edilmelidir.



Şekil 7.1 Sürekli ve süreksiz alın kaynaklarının karşılaşması durumu

- Bir alın dikişi ile bir iç köşe dikişinin birbirini kesmesi durumunda, alın dikişi önce kaynak edilir.
- Bir metreden uzun alın birleştirilmelerinde, kök pasosu geri adım yöntemiyle kaynak edilmelidir. Böylece, enine distorsiyonun dikiş boyuna düzgün bir biçimde dağılması sağlanmış olur.



Şekil 7.2 Uzun dikişlere ait kök pasoların geri adım usulü ile kaynak edilmesi

- Kaynağa sürekli yapımın ağırlık merkezinden başlamalı ve düzgün biçimde dışa doğru gidilmelidir.
- Bir hacim oluşturan yapıların kaynağında, dikişlerin sırası, oluşacak çarpılma momentlerinin ortadan kaldırılmasını sağlayacak biçimde düzenlenmelidir.
- Birbirinin tam simetriğine düşen dikişlerde çarpılma momentinin önlenmesi için, bunların aynı anda kaynak yapılması gerekir.
- Gemi inşaatındaki gibi büyük yapı gruplarının birbirine birleştirilmelerinde, toplam birleştirme yeri bütün gemi kesitinden geçmelidir.

7.3 Kaynak Planlarının Hazırlanması

Kaynak planı; kaynak tekniğine ilişkin bütün bilgileri içeren bir iş emridir. Kaynak planı işletmedeki kaynak mühendisi tarafından hazırlanır. Bir kaynak planında şu bilgiler bulunmalıdır:

- Parçalar
- Malzeme
- Kaynak yöntemi
- Kaynak ağızlarının biçimi
- Dikişin kalınlığı
- Paso sayısı
- Kaynak pozisyonları
- Kaynak dikişlerinin sayısı
- Tekil kaynak dikişlerinin boyu
- Kaynak dikişlerinin toplam uzunluğu
- Elektrod tipi
- Elektrod çapı
- Elektrod miktarı
- Kaynak zamanı (dak/m)
- Toplam kaynak zamanı (dak)
- Ücret grubu
- Düşünceler

7.4 Kaynak Sırası Planlarının Hazırlanması

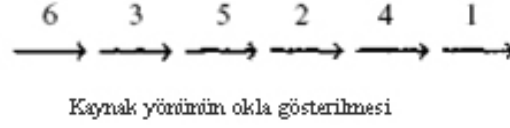
Kaynak sırası planında birleştirilecek parçalara ilişkin kaynak dikişlerinin ve pasoların düzenlenmesi, uygulanacak sıralar ayrı ayrı belirtilir. Kaynak sırası planı kaynak mühendisi tarafından hazırlanır ve içerisinde aşağıdaki bilgiler bulunur:

- Teknik resimler
- Montaj resimleri
- Kaynak yöntemi
- Gerekli kaynak düzenekleri ve aletleri
- Gerekli yapım süresi

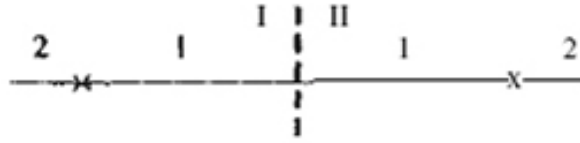
Kaynak sırası planı yazılı bölüm, iş sırası listesi ve resimler olmak üzere üç bölümden oluşur. Bu bölümlerde aşağıdaki bilgiler bulunur:

- Yazılı bölüm
 - Malzeme
 - Kaynak yöntemi
 - Kaynak teli ya da elektrod cinsleri
 - Kaynak konstrüksiyonunun boyutu
 - Kaynakçı sayısı
 - Sorumlu kaynak mühendisi ya da mühendis
- İşletme sırası listesi
 - İş sırası
 - Kaynak ağzı biçimi ve hazırlama yöntemi
 - Kaynak sırası
 - Düşünceler (gerekli kaynak düzenekleri, ısıl işlemler)

- Resimler
 - Krokiler
 - Kaynak yönü



Kaynakçı sayısı



Dikiş sayısı

Şekil 7.3 Kaynak sırası ve kaynakçı sayısının şematik gösterimi

7.5 Gemi İnşaatında Uygulanan İmalat Yöntemlerinin Kaynak Sırasına Etkisi

7.5.1 Gemi İnşaatında Uygulanan İmalat Yöntemleri

- Trapez Metodu

Dipten başlayarak tüm elemanların kaynakla birleştirilmesidir. Büyük gemiler için kaynak deformasyonlarının bütün gemiyi etkilemelerinden dolayı uygun değildir. Genellikle küçük yatlar, tekneler ve balıkçı gemilerinde kullanılır.

- Piramit Metodu

Gemi ortasından başa, kıça ve yukarı doğru aynı anda başlar ve devam eder. İnşaatın şekli, tabanı gemi dibi ve en üst kısmı piramidin tepesi olacak şekilde devam eder.

- Piramidin tabanı oldukça kısa muhafaza edilir.
- Tekne kompartımanları mümkün olduğu kadar yakın olur.
- Kaynaklı montaj takip edilir.
- Fazla sayıda kaynakçı ile gemi merkezine simetrik olarak kaynak yapılır.
- Her piramit parçasının kaynağına bir önceki bittikten sonra başlanır.

Orta büyüklükteki ticaret gemileri için uygun bir yöntemdir.

- Ada Metodu

Montaj aynı anda iki veya daha fazla noktada başlar, ayrı adalar veya piramitler oluşturulur. Bu yöntemde;

- a) 1–1.5 m. uzaklıklarda adalar inşa edilir ve birbirlerine birleştirilir.
- b) Adalar kızaktaki hakiki yerlerine oturtulduktan sonra inşaata devam edilir ve boşluklar doldurulur.

"a" yöntemi için özel kaldırma donanımları gerekir, "b" de ise araya kaynak edilecek bölümlerde deformasyonlar oluşur.

Çok büyük yük ve yolcu gemilerinin imalatında kullanılmaktadır.

7.5.2 Blok Planlarının Hazırlanması

Gemiler dizayn edilirken tekne kısımları gerek görevleri ve gerek boyutları itibariyle bloklara ayrılır. Daha sonra bu bloklar birbirlerinden ayrı olarak imal edilirler ve kızakta birleştirilirler. Blok imalatı sistemi, kaynak deformasyonlarını ve inşa süresini en aza indirir. Montaja en fazla teçhize sahip olan bloktan başlanır. Bloklar birleştirilirken kızak eğimi ve konumu göz önüne alınır. Blok sınırlarının belirlenmesinde plaka boyutlarının yanı sıra kuvvetlerin toplandığı sokra veya armuz kaynak hattının taşıyıcı elemana 10-15 cm. kadar mesafede olmasına dikkat edilir. Bu sayede meydana gelen yükler en yakın elemana aktarılır. Ayrıca korunmaya çalışılan bu mesafe, armuz kaynağı veya sokra kaynağı sırasında en yakın elemanın kaynağına verilen ısının daha az olmasını ve posta kaynağında ısı gerilmelerin daha az olmasını sağlar.

7.5.3 Dış Kaplamanın Hazırlanması

Teknenin kabuğunu oluşturan dış kaplama, posta ve döşekler tarafından taşınan ve takviye edilen teknenin en önemli elemanıdır. Dış kaplamaya etki eden kuvvetler; farklı bölgelerde farklı değerlere ulaştığından dış kaplama üzerinde değişik kalınlıktaki sacların kullanılması ve bu sacların değişik şekillerde desteklenmesi ile karşılaşılır. Bu sebepten dolayı çok geniş plakalar veya sabit kalınlıktaki saclar pek kullanılmaz.

Genel olarak bazı özel saclar ele alınmazsa bir ticaret gemisinin tekne sac kaplama kalınlığı, aynı büyüklükteki bir savaş gemisinin tekne kaplaması kalınlığından daha fazladır. Bunun ana nedeni savaş gemisinin yapı yönünden daha iyi takviye edilmesi, ticaret gemisinin daha az bakıma ihtiyacı olan ve daha az elemanlı bir yapıda oluşudur. Ticaret gemileri tamir yerlerinin ve bakım zamanlarının daha uzak oluşu düşünülerek dizayn edilmiş birer ağır iş ambarı sayılabilirler. Bu görüş tekne dış kaplamasında olduğu gibi diğer konstrüksiyon elemanları için de geçerlidir. Dış kaplama sacları mümkün olduğu kadar geniş alınır. Levha boyutlarının belirlenmesi bu sacların piyasadan temin edilebilirliğine ve tersanenin işleme kapasitesine bağlıdır. Genel olarak bir levhada 2000–3000 mm. genişliğe, 8000–10000 mm. uzunluğa kadar gidildiği görülmüştür ki bu armuz sayısının azalmasına dolayısıyla kaynak malzemesinden kar edilmesini sağlar. Tekne kaplamasını, levhaların eğilme ve içeri göçme durumlarına karşı, içerden, düşey ve yatay elemanlarla takviye edilir.

Gemi boyunun artması ile orantılı olarak, baş ve kıç kaplamaların kalınlıkları ile gemi ortası kaplaması kalınlığı arasındaki fark artar. Bunun nedeni; gemi boyunun artması ile meydana gelen boyuna eğilme gerilmelerinin, su basıncı ile meydana gelen basınç gerilmelerinden, daha önemli bir rol oynamaya başlamasıdır.

Genel olarak tekne kaplamasında üç ayrı tipte levhaya rastlanır. Bunların birincisi düz levhalardır. Hiçbir eğrilik verilmeden doğrudan doğruya tekne üzerine kaynak edilirler. Daha çok geminin orta gövdesinde, bordada ve geminin düz dibinde kullanılırlar. İkinci tip, tek doğrultuda eğriliği olan levhalardır. Bunlar daha çok soğuk olarak haddeden geçirilirler ve yerine göre yuvarlaklık alırlar.

Sintine dönümü levhaları özellikle orta gövdede bu tipte olurlar. Sintine dönümü sacı bir dip kaplama sacı kabul edilir ve kalınlık yönünden ayrı bir özelliği yoktur. Üçüncü tipte olan saclar ise daha çok geminin baş ve kıç taraflarında omuzluk yakınında bulunan ve çift yönde eğriliği olan saclardır. Bunları soğuk işlemek zor olduğundan, ısıtılarak işlenirler ve işleme kolaylığı yönünden küçük parçalardan yapılmaları istenir sonuç olarak bu bölgelerde kaynak miktarı artmaktadır.

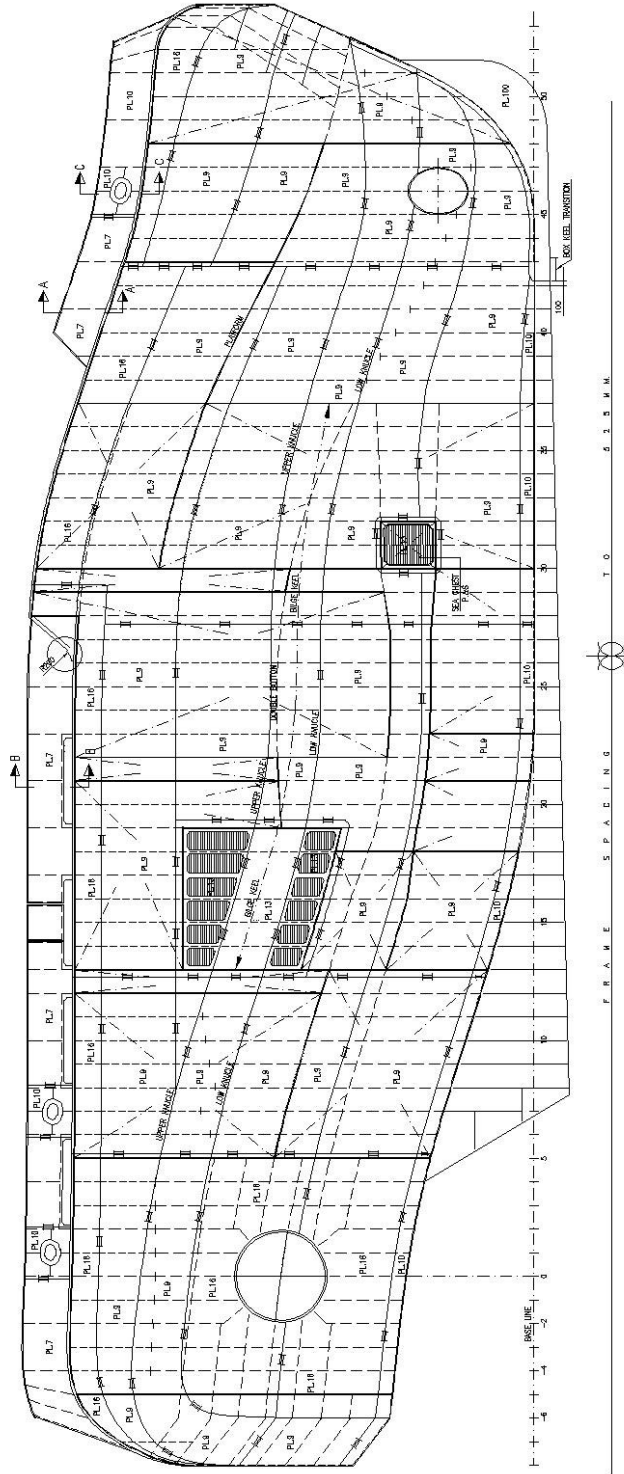
Tekne kaplamasının bazı kısımlarında teknenin özelliğine göre geniş açıklıklar olabilir. Lumbuzlar, giriş kapıları yük kapıları vs. gibi kaplama yapısını zayıflatan bu açıklıklar takviye edilmelidir. Bu takviyeler delik etrafına çift levha koymakla veya oradaki sacı kalınlaştırmakla ya da açıklık etrafını elemanlarla takviye etmekle yapılır. Köşeler, gerilmelerin yığılması nedeni ile daha fazla yırtılma olasılığı taşıdıklarından, açıklıkların köşelerinin yuvarlak yapılmasına önem verilmelidir. Ancak bu bölümlere takviye elemanlarının kaynakları yapılırken büyük açıklıkların ana boyutlarından kaçmamasına dikkat edilmelidir ve kaynak sırası buna göre belirlenmelidir.

7.5.4 Dış Kaplama Saclarının Yerleştirilmesi

Tekne kaplaması açılım resmi (sac açılımı) üzerinde tekne, genellikle posta uzunluğunun taşınması yolu ile resme taşınmaktadır.

Levhaların yerleştirilmesi resim üzerinde yapılırken geminin orta kesiti üzerinde önce levha omurga ile siyer sacı yerleştirildikten sonra sintine dönüm sacı yerleştirilir. Her ne kadar sintine dönümü sacının genişliği için bir kural yok ve kalınlığı genel olarak dip kaplama saclarından farklı değilse de bütün dönümün tek bir sac tarafından kaplanması faydalıdır. Sintine dönümü sacı dış kaplama üzerinde üçüncü önemli sac olarak yerleştirildikten sonra, dip ve bordanın diğer kaplama sacları için belirli genişlikler alınarak yerleştirme yapılır. Ancak geminin orta kısmının çevre boyu, baş ve kış gövdenin çevre boyundan daha fazladır. Bu nedenle gemi ortasındaki sac sıralarını başa ve kışa aynı genişlikte devam ettirecek olursak sonlarda elimizde fazla sac kalacaktır. Bu nedenle levha omurga ve siyer sacı dışında diğer saclar sonlara doğru daraltılır ve daralan iki komşu sıra sac bir yerde kesildikten sonra tek bir sıra şeklinde devam eder. Buna bir sıranın kesilmesi denir.

Dış kaplamada da levhaların gemi genişliği ve yüksekliği üzerindeki eklerine sokra, gemi boyu üzerindeki eklerine armuz denir. Dış kaplama resminde perdeler, orta iç tulani, margin levhası, çift dip içindeki yan iç tulaniler, borda stringerleri, güverteler ve eğer var ise ara postalar vs. belirtilir. Daha sonra orta kesitte gösterilmiş olan kaplama sıraları resim üzerine taşınır. Böylece orta gövdedeki sac sıraları belirlenmiş olur. Bordadaki sokraların güverteye ve dipteki armuzların ise, olanak verdiği ölçüde gemi orta eksenine paralel olmasına dikkat edilir. Fazla olarak armuzların, margin sacına, çift dip iç tulanilerine, güvertelere, borda stringerlerine ve yalpa omurgalarına rastlamamasına veya bu elemanlara çok yakın olmamasına dikkat edilir.



Şekil 7.4 Dış kaplama sacların ve postaların örnek dış kaplama resminde gösterimi

Geminin baş ve kıç nihayetlerinde su altı formunun narinleşmesinden ve eğriselliğin artmasından dolayı bu bölgedeki kaynakların ve sac sıralarının oluşturulmasında daha dikkatli olunmaktadır. Eğriselliğin artmasından ve kaynak yapılabilecek boşlukların daralmasından dolayı, dış kaplama saclarının şekillendirilmesi ve kaynak edilmesi esnasında kaplama sacları üzerinde iç gerilmeler meydana gelir. Meydana gelen iç gerilmelerin %80' i ısı gerilme olduğundan uygulanacak kaynak sırasının hatalı olması gemi çalışırken bu bölgelerde çatlaklar veya plakaların yerinden atarak sökülmesine kadar varan olumsuzluklara sebep olabilir.

Sokraların ve armuzların durumu da kesinleştikten sonra, kaplamanın kalınlığı belirtilir. Bu kalınlık gemi orta gövdesi boyunca genellikle değişmez ve başa, kıça doğru özel durumlar haricinde azalır. Bu azalma bir kerede yapılmaz. Her sıranın kıçtaki en son levhasının kalınlığı, örneğin bodoslamada son bulan levha kalınlığı, bu sıranın orta gövdedeki kalınlığına genellikle eşit olur. Ancak bosa levhasına ayrı bir kalınlık verilir, çünkü kıç yapıda doğan titreşimler bu bosa levhaları üzerinde ve bunların bağları üzerinde etkilerini gösterir.

7.5.5 Blok Birleştirmesindeki Dış Kaplama Kaynağı

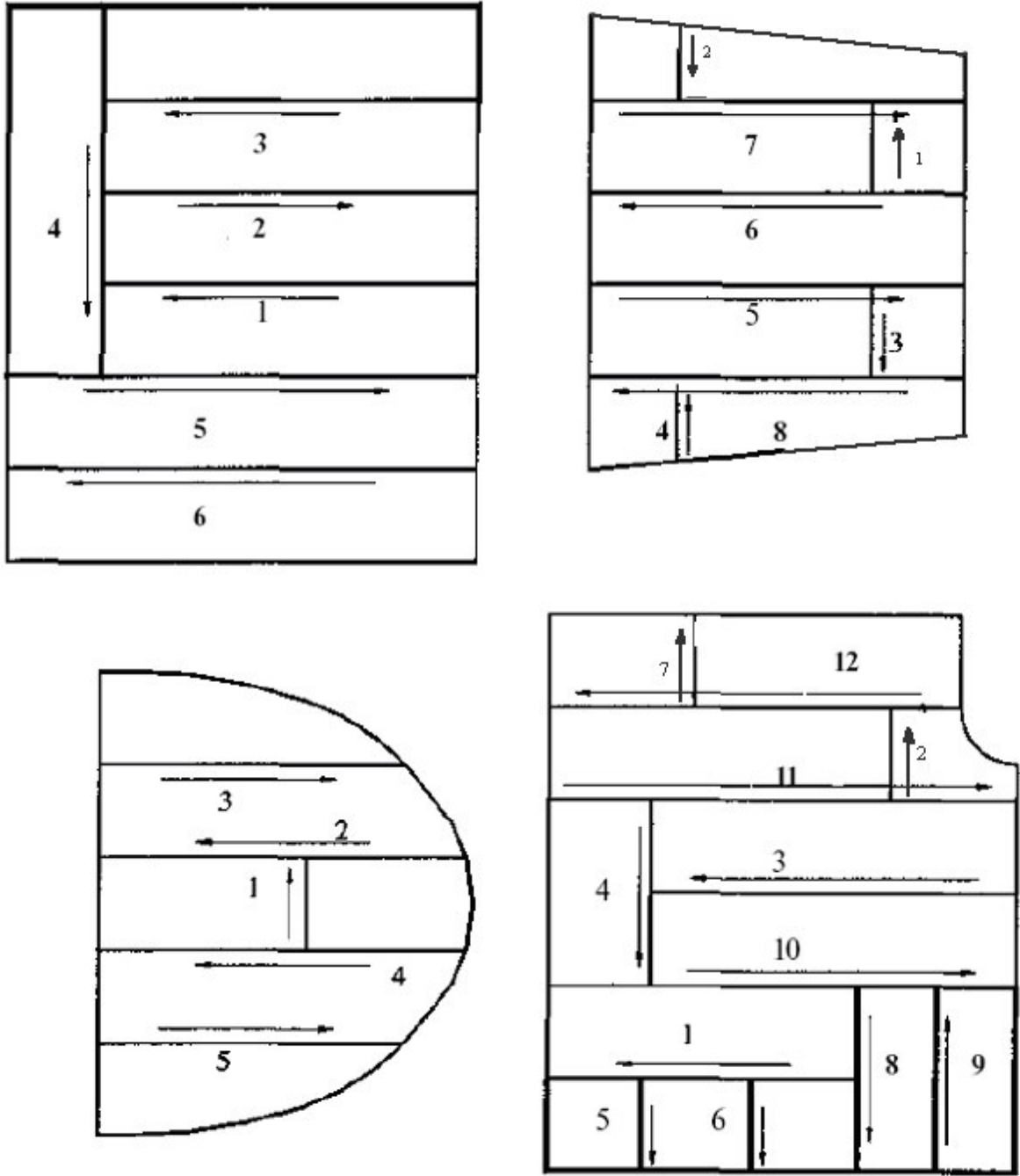
Bloğun kendine ait montajı bittikten sonra, blok diğer bloklara ekleneceği kızak üzerine taşınır. Öncelikle montaj için gerekli olan ölçü ayarları yapıldıktan sonra ek yerlerindeki blok alıştırma payları kesilir. Daha sonra içeride kalacak şekilde ek yerine tek taraflı kaynak ağzı açılır. Sokra kaynağı içeriden kaynak edildikten sonra teknenin dış tarafından karbon elektrodu ile kaynak ağzı açılır. Burada en önemli nokta, dış taraftan açılan kaynak ağzının içeriden yapılan kaynağa ulaşması, yani kaynak yapıldığı zaman iki kaynağın birbirini bulmasıdır. Bu dış kaplamada yapılan kaynağın tam nüfuziyetli olması açısından önemli bir adımdır.

Karbon işlemi ile kaynak ağzı açılan yüzeyin kaynağa hazır hale gelmesi için taşlanması gereklidir. Buradaki amaç ise hem kaynak için düzgün bir yüzey hazırlamak, hem de yüzey üstünde kalan karbon parçacıklarını temizlemektir. Çünkü bu karbon tabakaları kaynak dikişi kalitesini bozmaktadır. Yüzey hazırlandıktan sonra ise kaynak, yukarıda anlatılan yöntemler dahilinde uygulanmaktadır.

7.5.6 Bloğa Ait Dış Kaplama Kaynağı

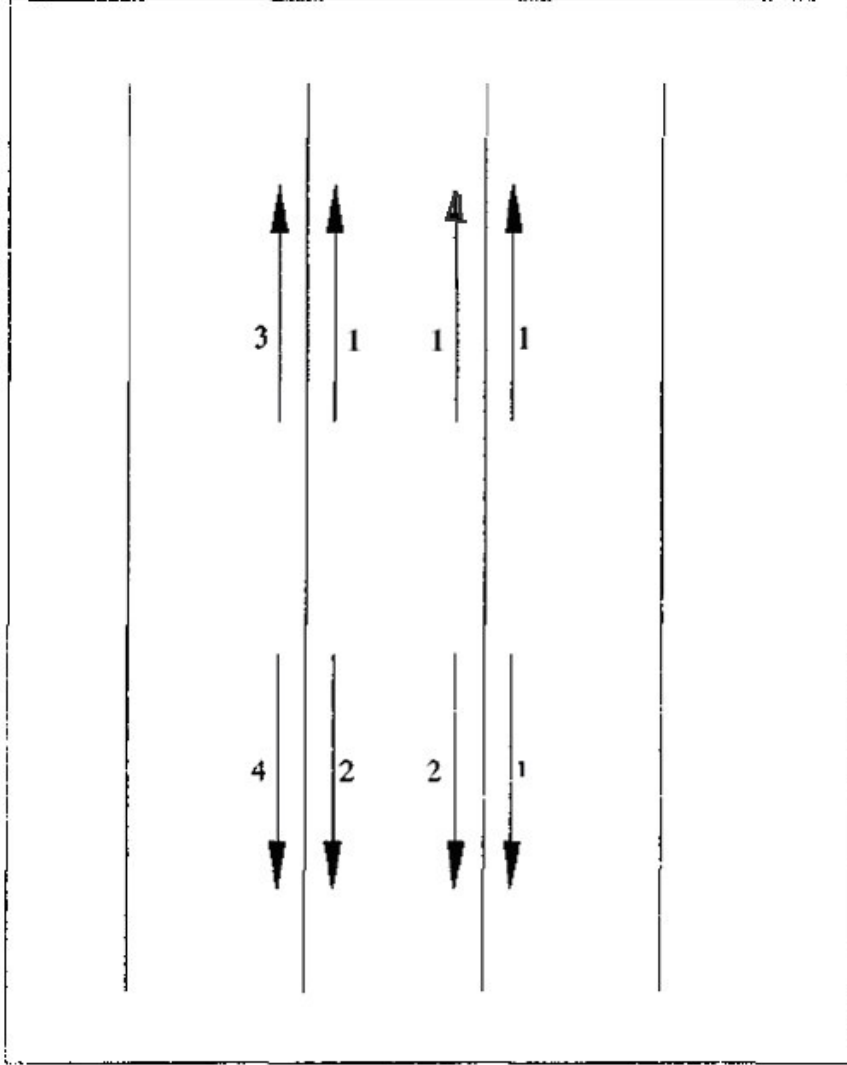
- Bloğun dış kaplamaya gelen kısmı düz veya düze yakın ise bloğun tüm dış kaplama sacları blok imalatı yapılmadan önce tozaltı kaynağı ile birleştirilip panel halinde kaynak edilir. Tozaltı kaynağı ile büyük paneller çok az bir işçilik ve yüksek verimle tamamlanabilmektedir. Yöntemin özelliği nedeni ile kaynak ve görünüş hataları ihtimali çok zayıftır. Ancak panellerin tozaltı ile kaynağında dikkat edilmesi gereken noktalar vardır.
- Tozaltı kaynağı yapılacak paneller mutlaka fırınlı, rutubeti alınmış bazik tipli elektrod ile puntalanmalıdır.
- Kaynak edilecek paneller 12 mm.den kalın olması durumunda sac kenarları standartlar çerçevesinde hazırlanacak punta kaynakları ile tutturulmalıdır.
- Tozaltı öncesi panellerin kaynak edilecek yüzeyi ve puntalar kir ve pastan temizlenerek mutlaka taşlanmalıdır.
- Tozaltı yapılacak paneller mümkün mertebe tek tek kaynak edilip birleştirilmelidir. Bunun mümkün olmadığı hallerde ise önce iki armuzu kesen kısa kenar kaynak edilmelidir. Büyük panellerin kaynak edilmesi sırasında kaynak merkezindeki armuzdan başlanmalı kenarlara doğru devam edilmelidir.

Bu kurallar çerçevesinde hazırlanacak paneller örneklerde görülen kaynak sıralarına göre kaynak edilmelidir. (Şekil 7.5)



Şekil 7.5 Panellerin tozaltı kaynağında uygulanacak kaynak sırası

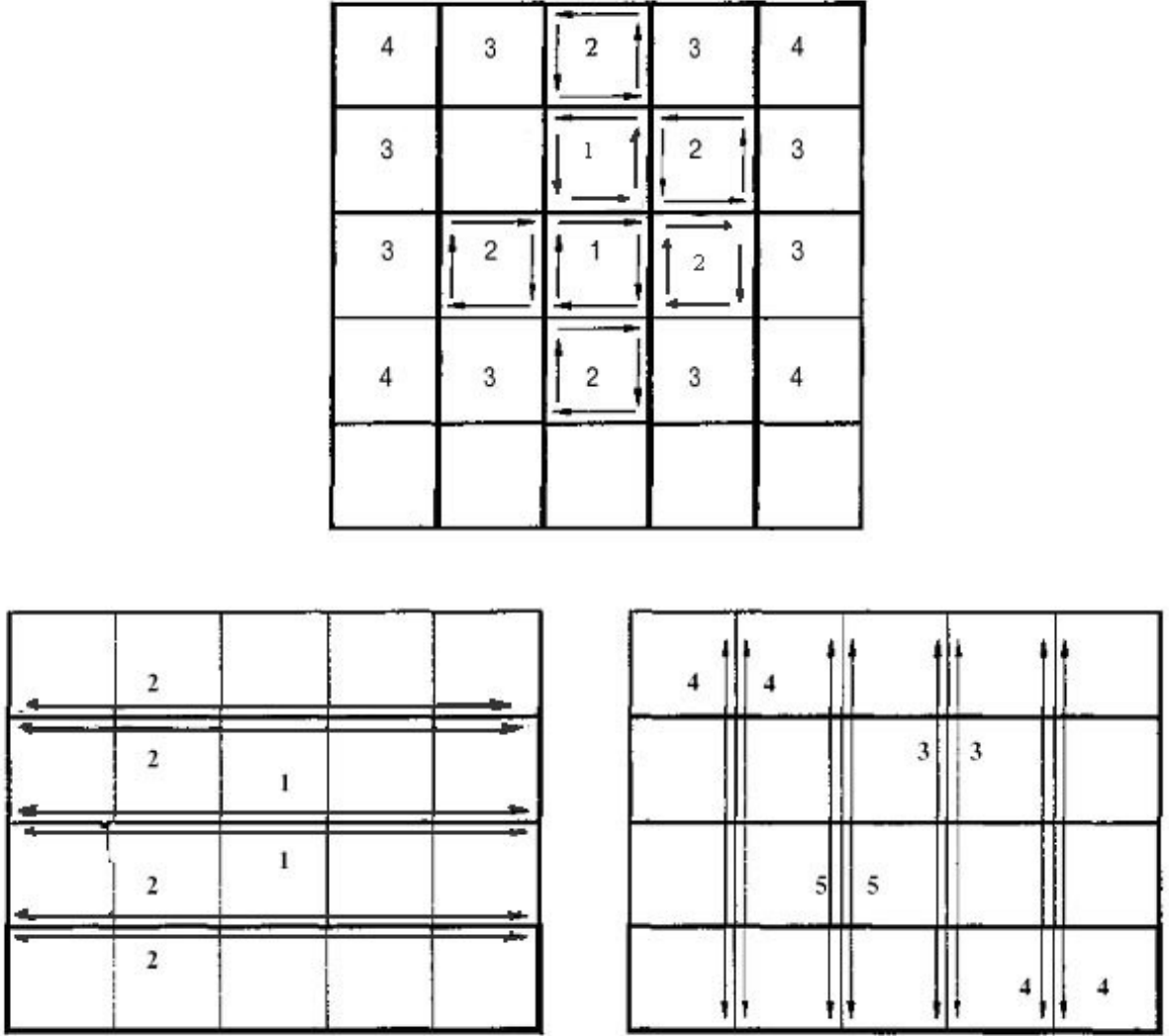
Gemi inşasında kaynakla birleştirilen balblı profillerin, lamaların paneller üzerinde kaynakları, panel merkezindeki profillerin kaynağından başlamak üzere panel kenarları yönünde ilerler. Bu şekilde kaynaktan doğan ısının panel üzerinde yayılması sağlanarak oluşacak deformasyon azaltılmaya çalışılır. Şekilde panel üzerindeki profillere ait kaynak sırası verilmiştir.



Şekil 7.6 Profillerin panellere kaynağı (iki kaynakçı ile)

Döşekler ve tulaniler gibi birbiri ile kesişen elemanları çift dip veya dış kaplamaya kaynak yapmadan önce kendi aralarında birleştirmek ve kaynak yapmak, kaynaklarda oluşacak boyuna çekme sonucu meydana gelecek gerilmelerin yaratacağı deformasyonlar nedeni ile önemlidir.

Döşek ve tulanilerin dış kaplama ve iç dip kaplamasına düz köşe ve tavan köşe kaynağı için sık kullanılan kaynak sırası Şekil 7.7'de gösterilmiştir.

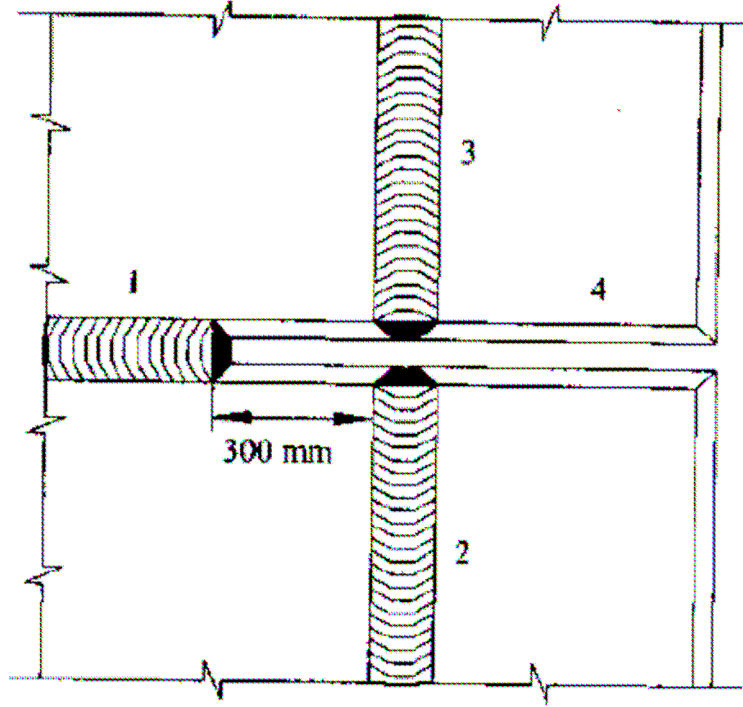


Şekil 7.7 Döşek ve tulanilerin dip ve iç dip kaynağı

Bloğun dış kaplamaya gelen kısmı eğrisel ise; dış kaplama sacları tek tek, öncelikle puntalanacakları bölgenin formuna göre pres ile basılırlar ve daha sonra hazırlanmış blok iskeletinin üzerine sarılarak puntalanırlar. Armuz ve sokralar kaynak edilerek dış kaplamaya puntalanmış taşıyıcı elemanların kaynağına geçilir. Armuz, sokra ve kaplama üzerindeki elemanlar blok sınırlarının yaklaşık 300 mm. Yakınına kadar kaynak edilir, kalan kısımların kaynağına ise blok eklerinin kaynak edilmesi işlemi bittikten sonra devam edilir. Eğrisel blokların kaynak sırası blokların birleştirilmesindeki kaynak sırası ile aynıdır.

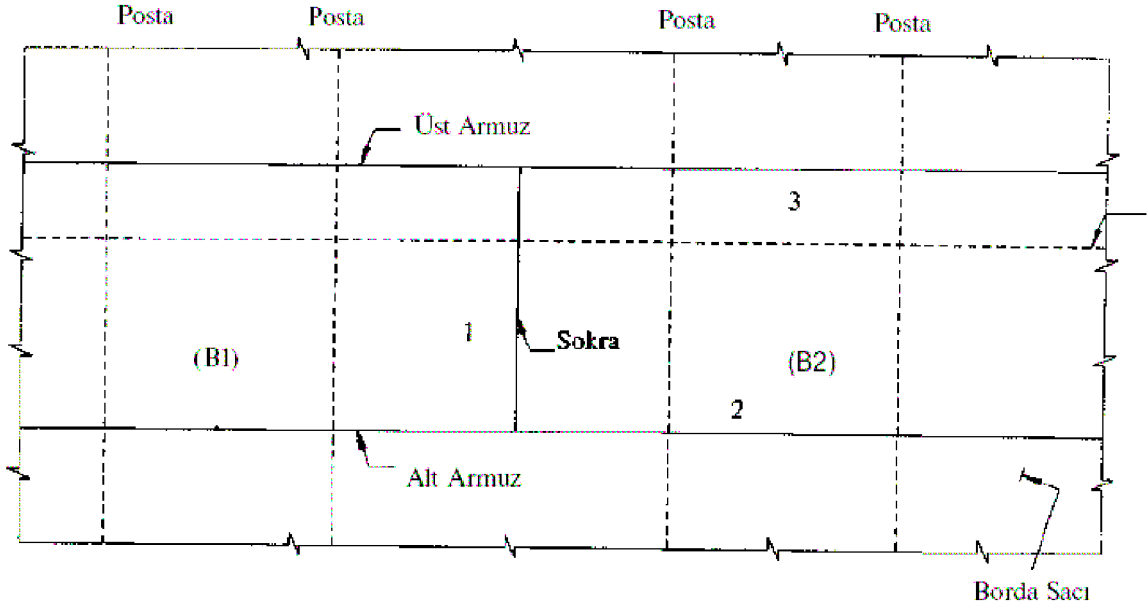
7.5.7 Blokların Birleştirilmesindeki Sıra ve Kaynak Yöntemleri

Armuz ve sokralar gemide blok eklerinde, dış kaplama, konteyner gemilerinde ambar duvarlarında ve birçok yerde sık rastlanan birleştirme kaynaklarıdır. Bunlar boylamasına ve enlemesine kaynaklardan meydana gelir. İki alın kaynağı dikişinin birbirini kesmesi halinde çekme gerilmesine maruz kalan bölümün devamlı kaynak edilmesi zorunluluğu vardır. Aksi takdirde zorlanmaya maruz kalacak dikişte çatlamlar meydana gelebilir. Bu kuralı birbirini kesen armuz ve sokraların kaynak sıralarına uygularsak şu sonuçla karşılaşırız (Şekil 7.6).



Şekil 7.8 Armuz ve sokraların veya dört sacın kesiştiği yerlerde kaynak sırası

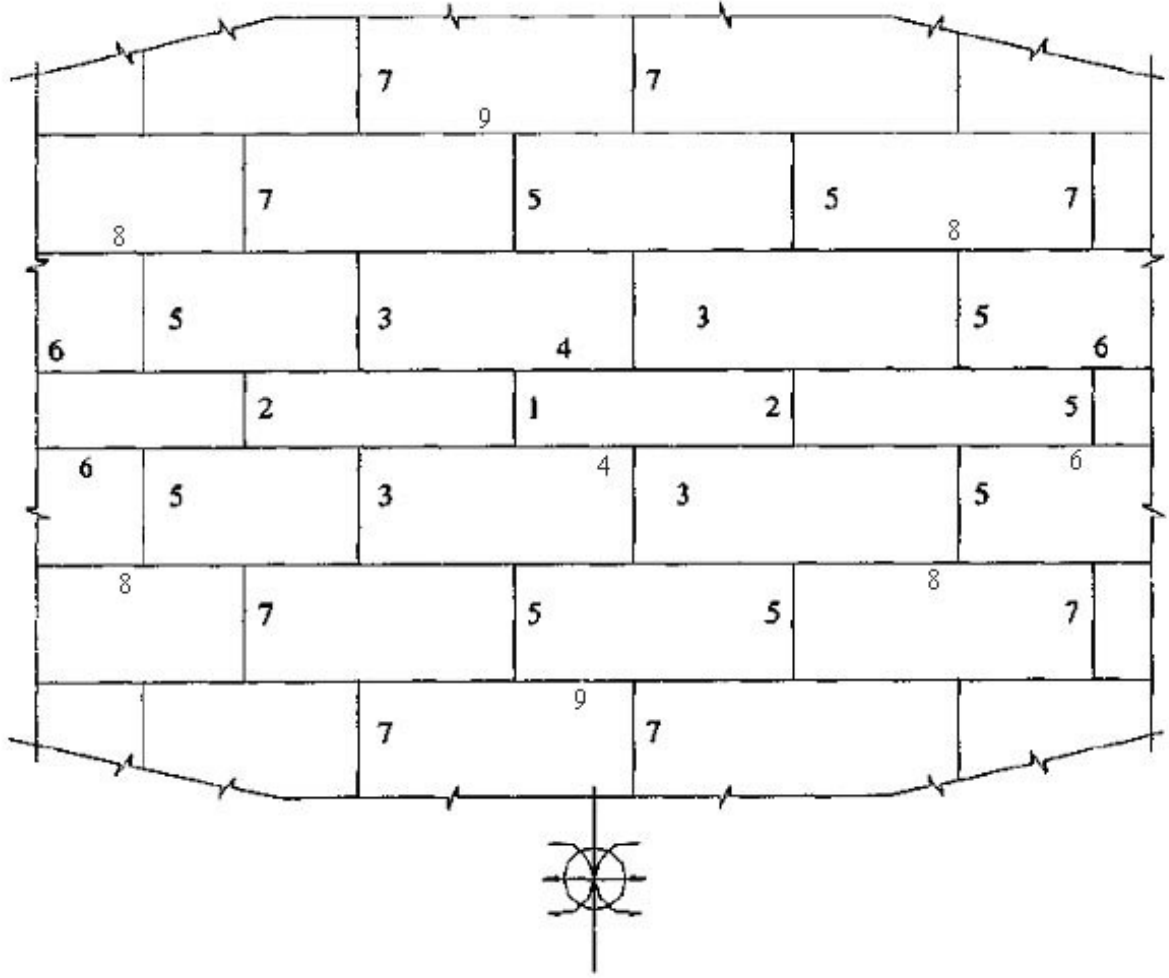
Boyluna kaynak dikişleri enine kaynak dikişlerinden yaklaşık 300mm. Uzaklığa kadar kaynak edilmeli ve açık bırakılmalıdır. Önce enine dikişler sonra da boyluna dikişler kaynak edilirler. Buna göre Şekil 7.8'deki bağlantıda önce 1 no'lu armuz kaynak dikişleri kaynak edilerek tamamlanmalıdır. Son olarak 2 ve 3 no'lu sokraların kaynak başlangıç ve bitiş yerleri taşlanarak temizlenmesinin ardından 4 no'lu kaynak dikişine geçilerek kaynak tamamlanmalıdır. Bu kuralı geminin dış kaplamasına uygularsak şekil 7.9'daki gibi bir sonuç çıkacaktır.



Şekil 7.9 İç postaların bağlandığı yerlerde levha sokra ve armuzların tipik kaynak sırası

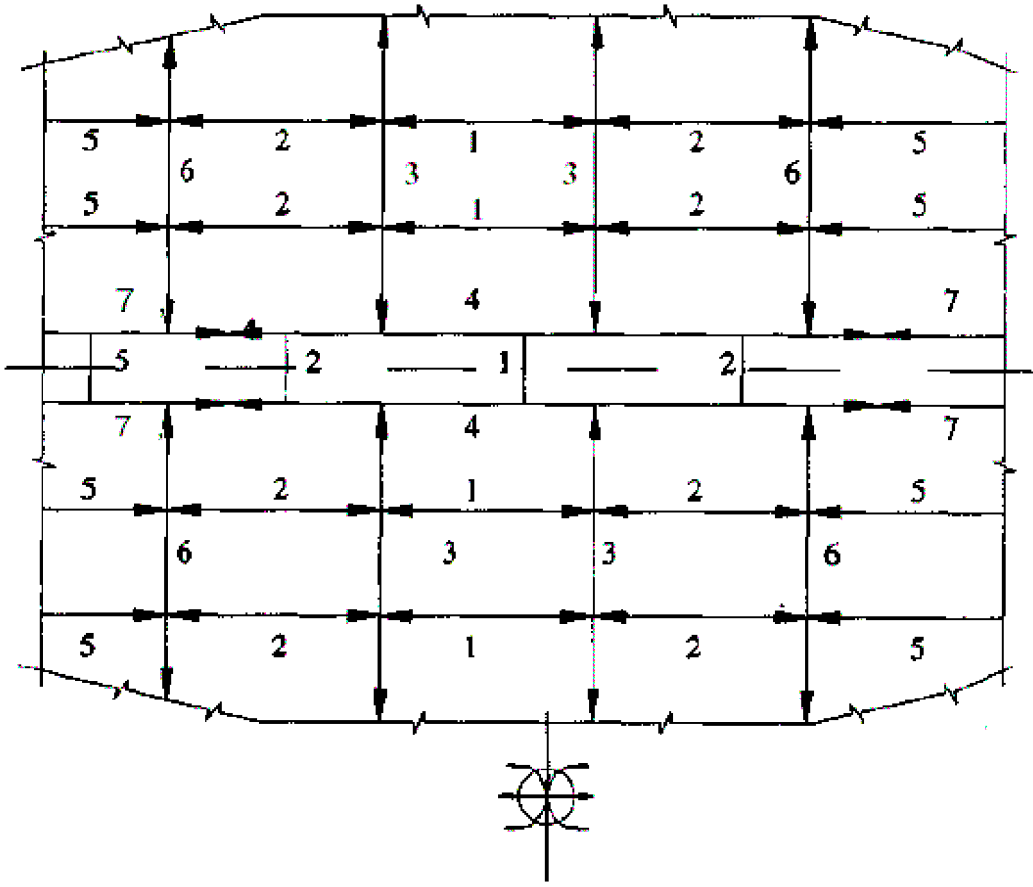
Burada uygulanacak kaynak adımları şu şekildedir:

- Postalarda görder levhalarının kaynak edilmemiş sokra ve armuzları 300 mm. Yakınına kadar kaynak edilmeli
- 1 no'lu sokra kaynağı tamamlanarak B1 ve B2 parçaları birleştirilir.
- Sokra boyunca görderin kaynak edilmemiş kısmı kaynak edilir.
- Alt armuz, bitişteki sokranın 300 mm. yakınına kadar kaynak edilir.
- Üst armuz, bitişteki sokranın 300mm. yakınına kadar kaynak edilir.
- Postaların alt armuz civarındaki kaynak edilmemiş kısımları kaynakla birleştirilir.
- Postaların üst armuz civarındaki kaynak edilmemiş kısımları kaynakla birleştirilir.



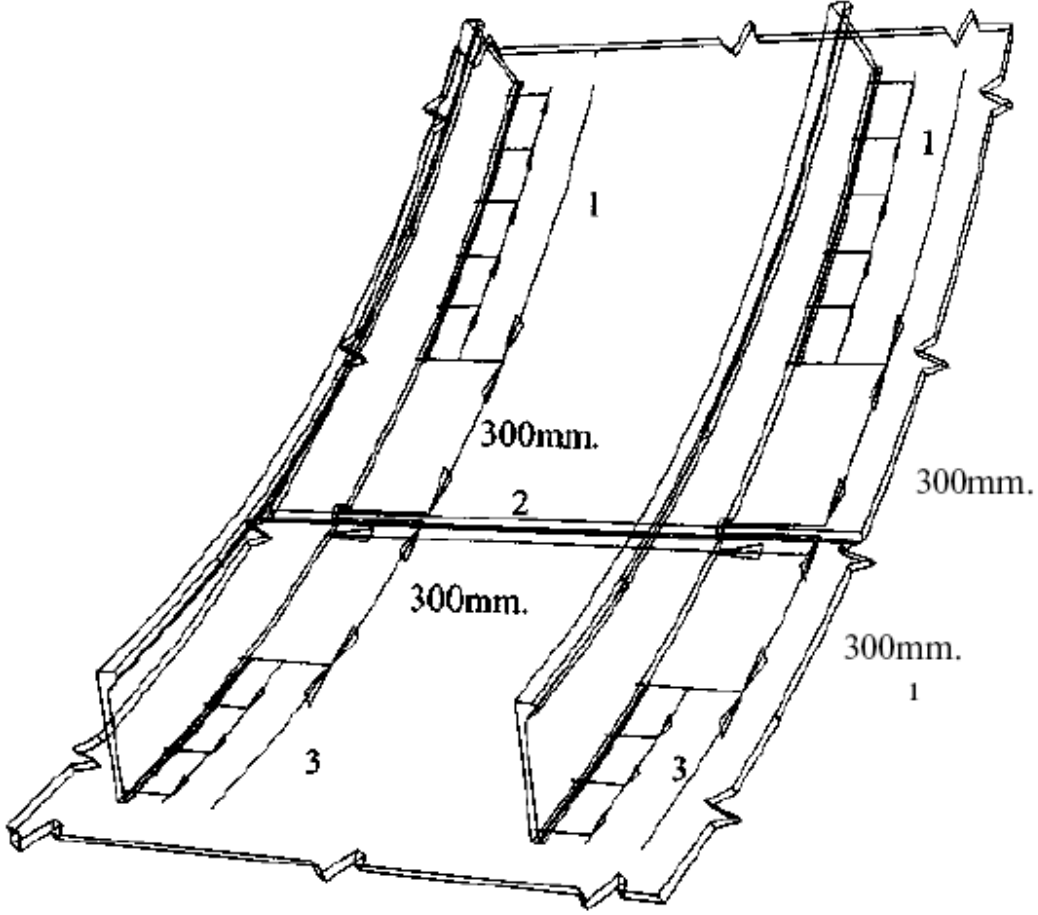
Şekil 7.10 Sokraların şaşırtıldığı yöntemde sokra ve armuzların tipik kaynak sırası

Sokraların aynı doğrultuda oldukları zaman dış kaplamadaki kaynak sırası uygulaması ise Şekil 7.10 ve Şekil 7.11'de gösterilmiştir.



Şekil 7.11 Dış kaplamada sokraları aynı doğrultuda olan yerlerde kaynak

Armuz tarafından kesilen postaların ve tulanilerin dış kaplamaya kaynağında iki yöntem uygulanır.(Şekil 7.12)



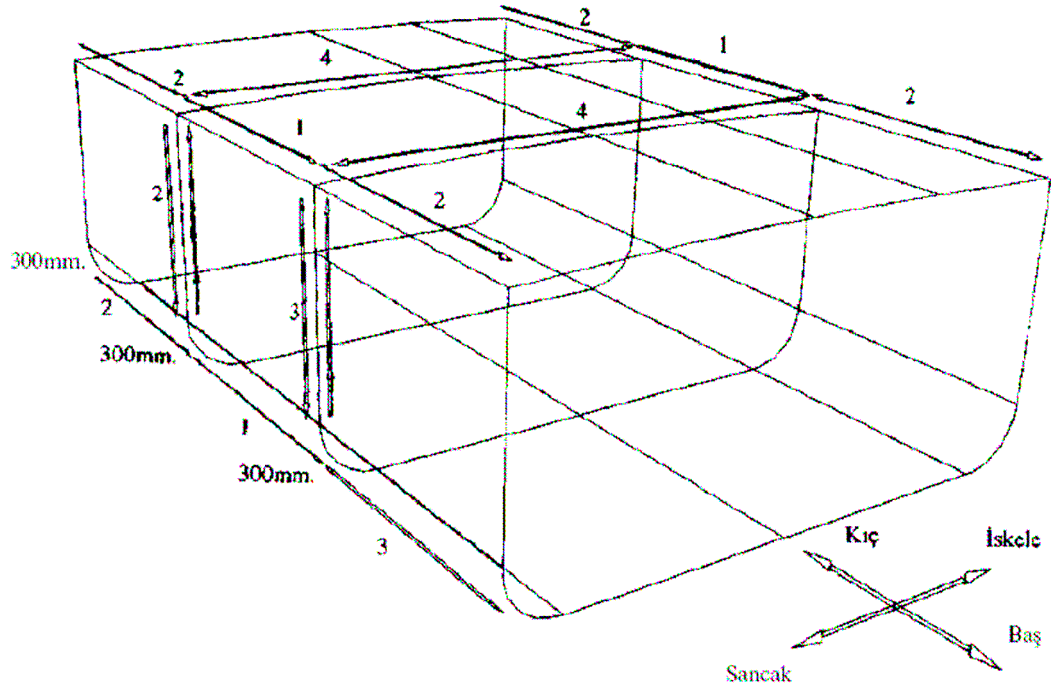
Şekil 7.12 Armuz tarafından kesilen postaların kaynağı

1. Blok montajında iki bloğun dış kaplama sacları birbirine puntalanır. Blok eki kaynağını kesen postalar boş bırakılır, armuz kaynak edildikten sonra postaların alt bloğa kaynağı tamamlanır.

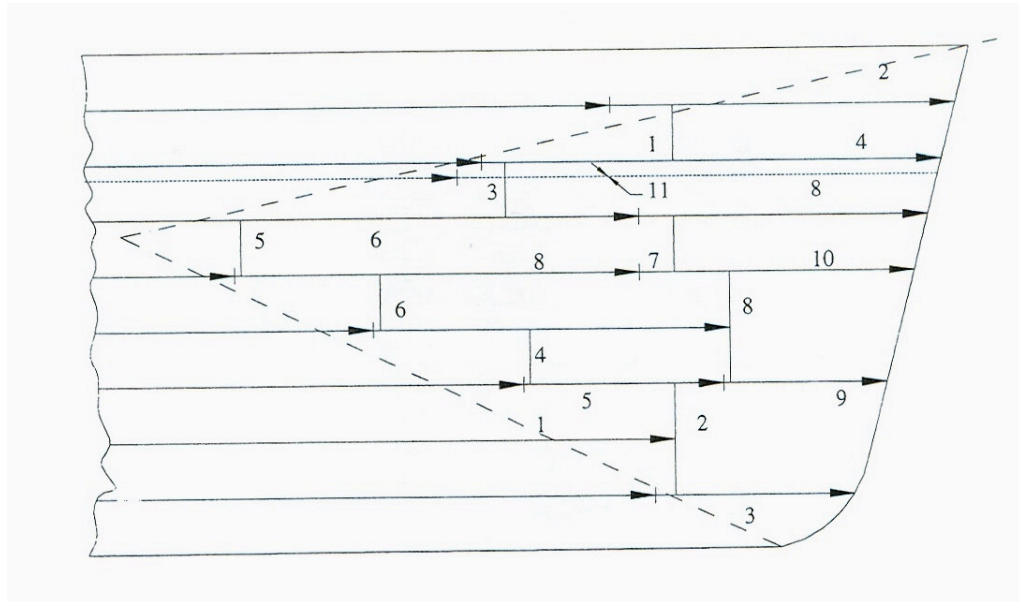
2. Blok montaj sırasında postalardan faydalanılarak blok eki tamamlanır, armuzun üzerinde ve altında kalan postaların 300 mm.lik kısmı armuz kaynağından sonra tamamlanır.

Bu iki yöntemle postalar armuz kaynağı sonrası meydana gelecek kaynağın kendini çekmesi sonucu deformasyondan en az şekilde etkileneceklerdir. Çarpılma ve kaynakta çatlama ihtimali azalacaktır Gemi inşa açısından en ideal çözüm ise ilk yöntemin kullanılmasıdır.

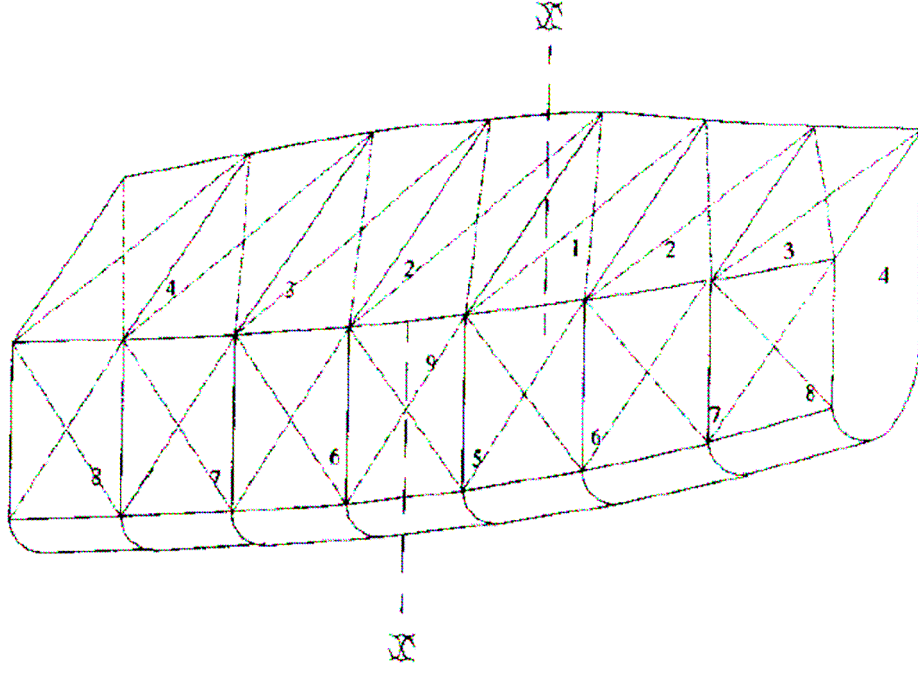
Teknenin kızak üzerinde baş ve kıç uçlarda kalkmasını önlemek için uygulanacak kaynak sırası çözüm önerileri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 7.13 Kızakta blok eklerinde genel kaynak sırası

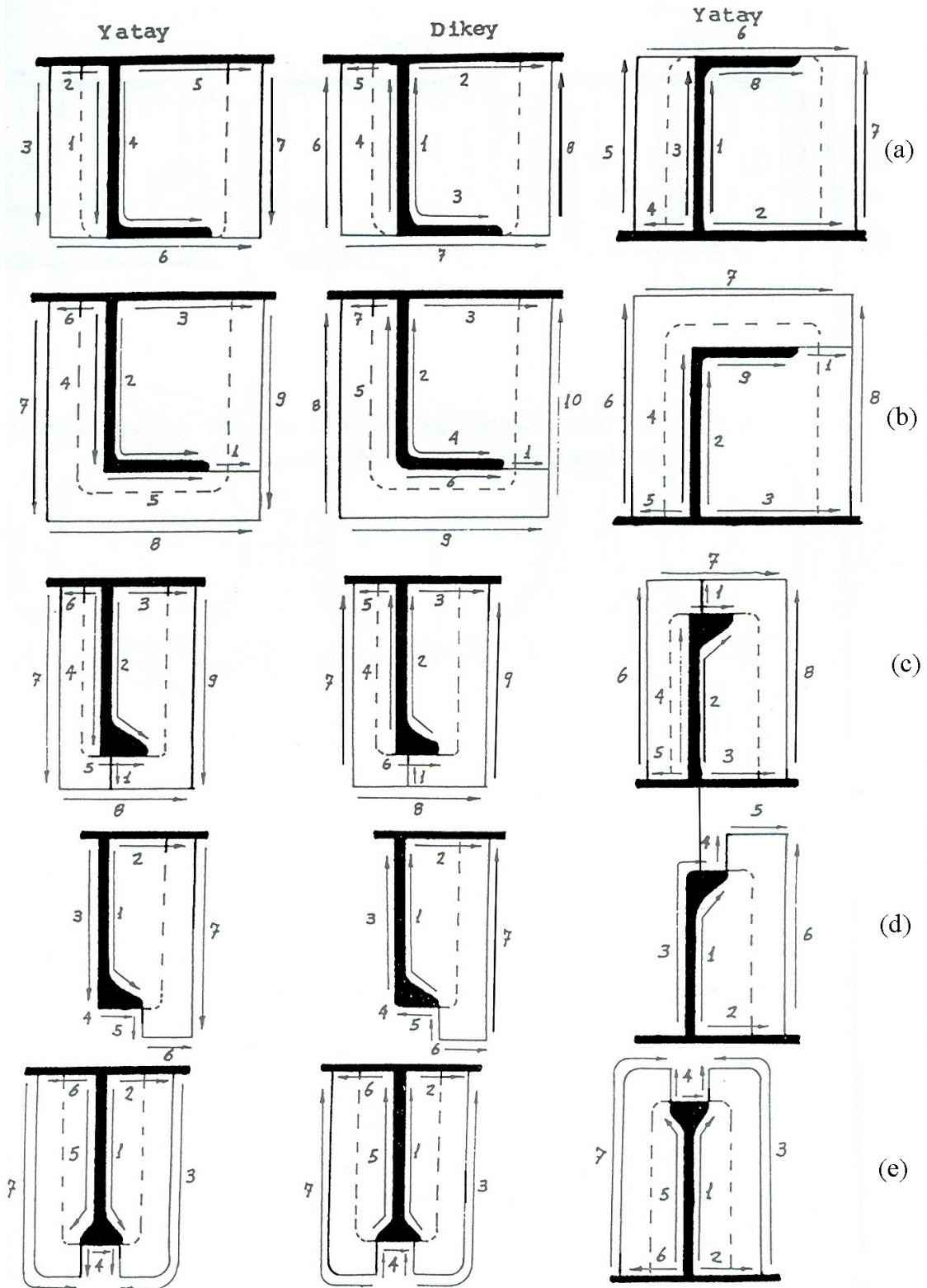


Şekil 7.14 Gemi baş tarafının kaynak edilme esnasında kızak üzerinde kalkmasını engellemek için uygulanması gereken kaynak sırası

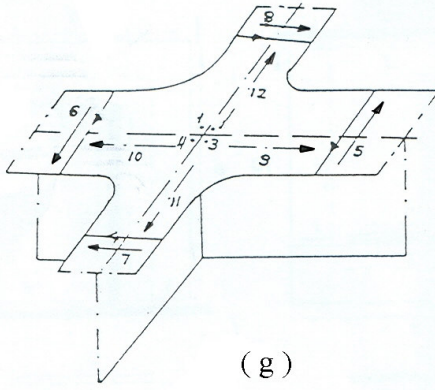


Şekil 7.15 Teknenin baş ve kıç uçlarda kalkmasını önlemek için uygulanacak kaynak sırası

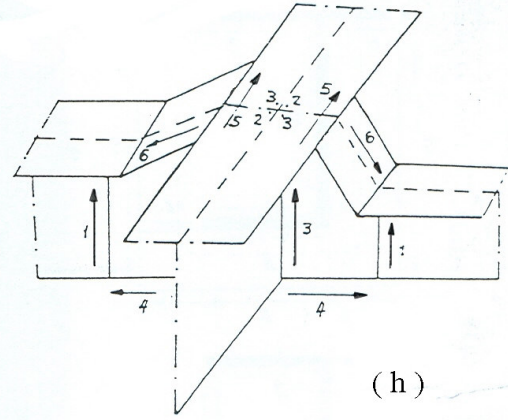
Farklı konstrüksiyonlardaki gemilerin inşaatında kullanılan çeşitli kaynak sıraları aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.



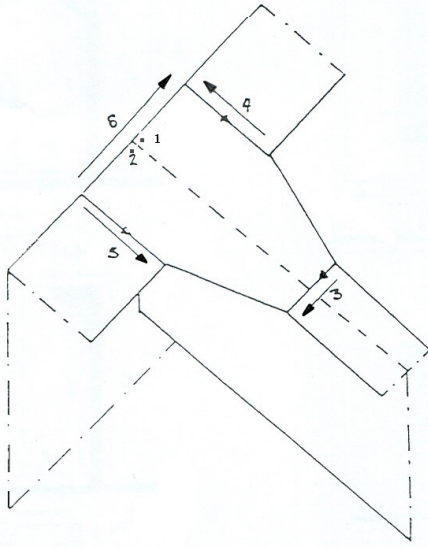
Şekil 7.16 Posta, tulani, kemere kapatma sacların kaynağı



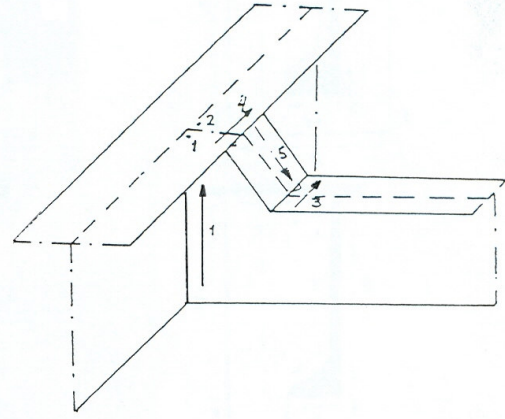
(g)



(h)

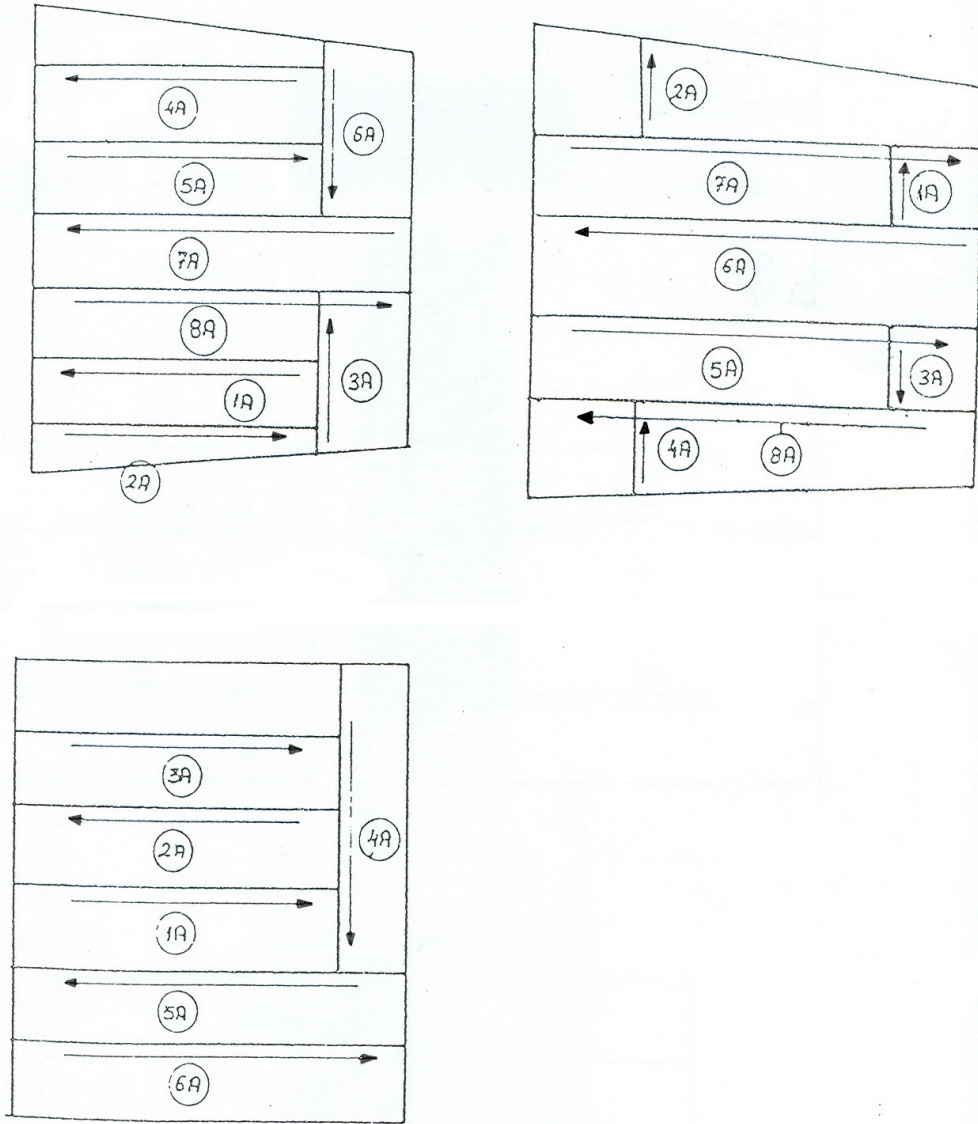


(f)

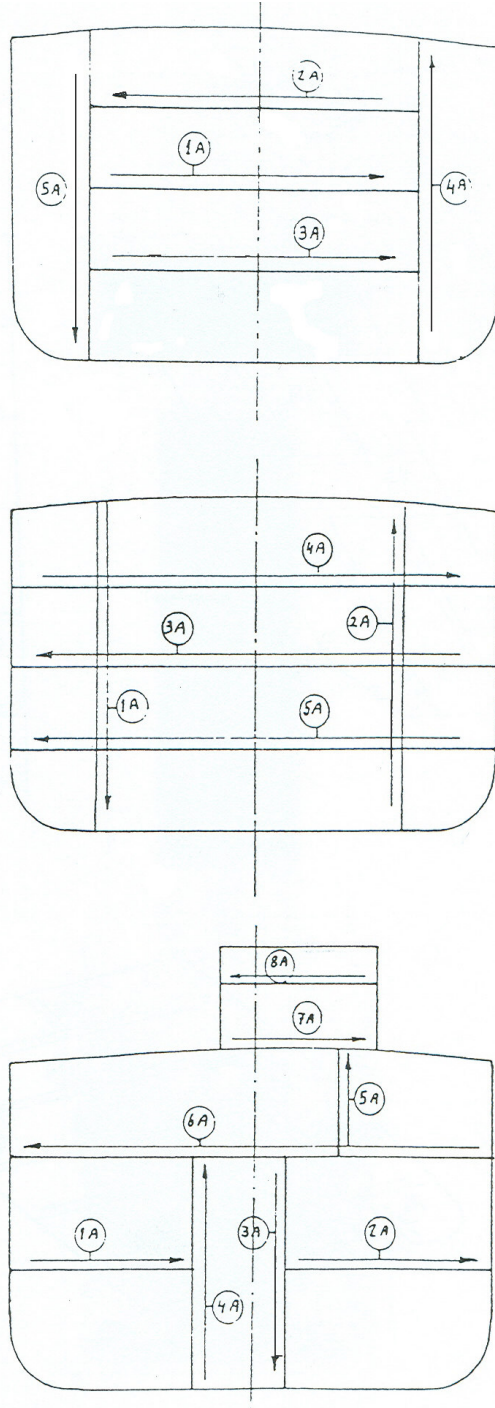


(j)

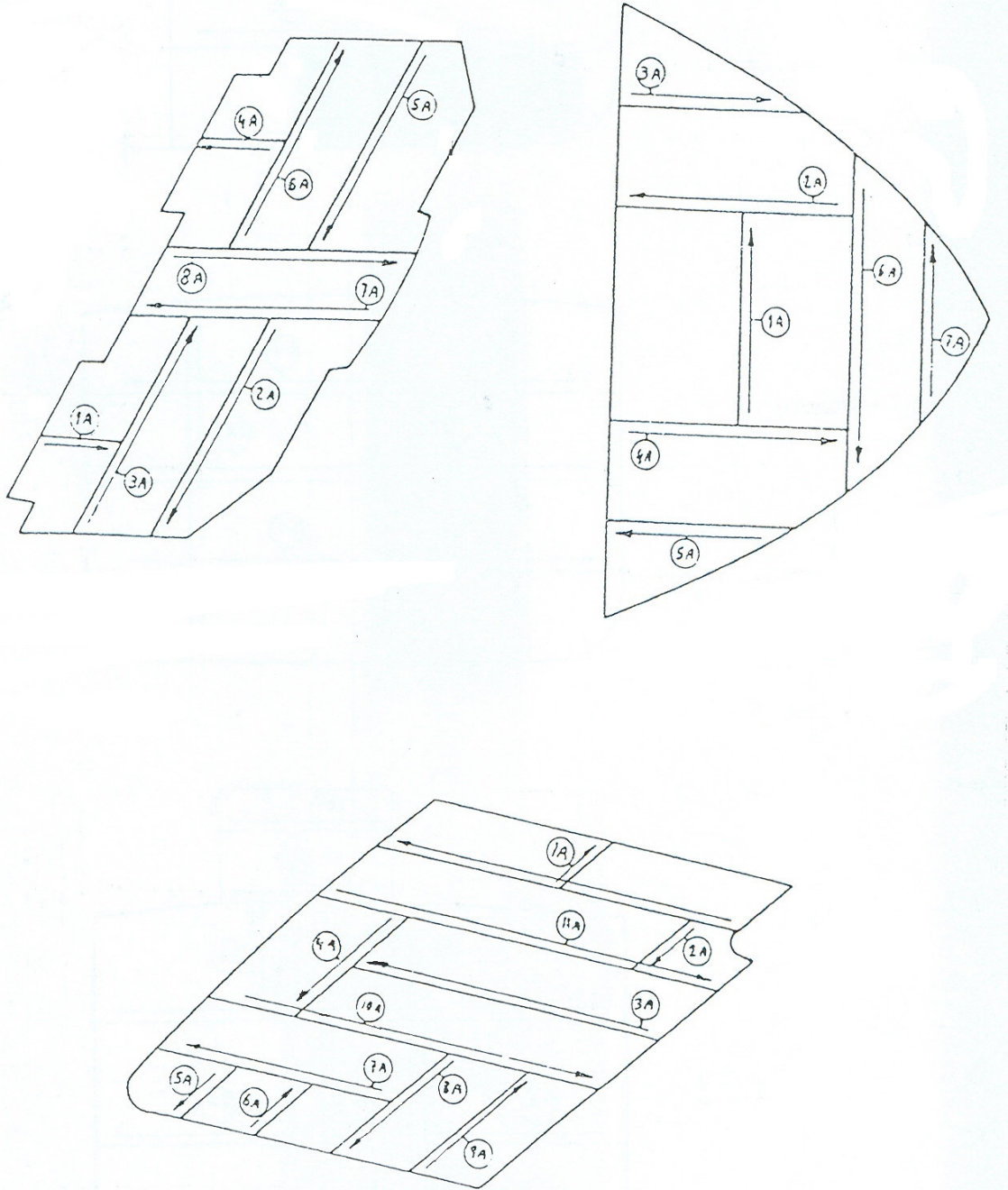
Şekil 7.17 Tulani takviyelerinin ve stifnerlerin kaynağı



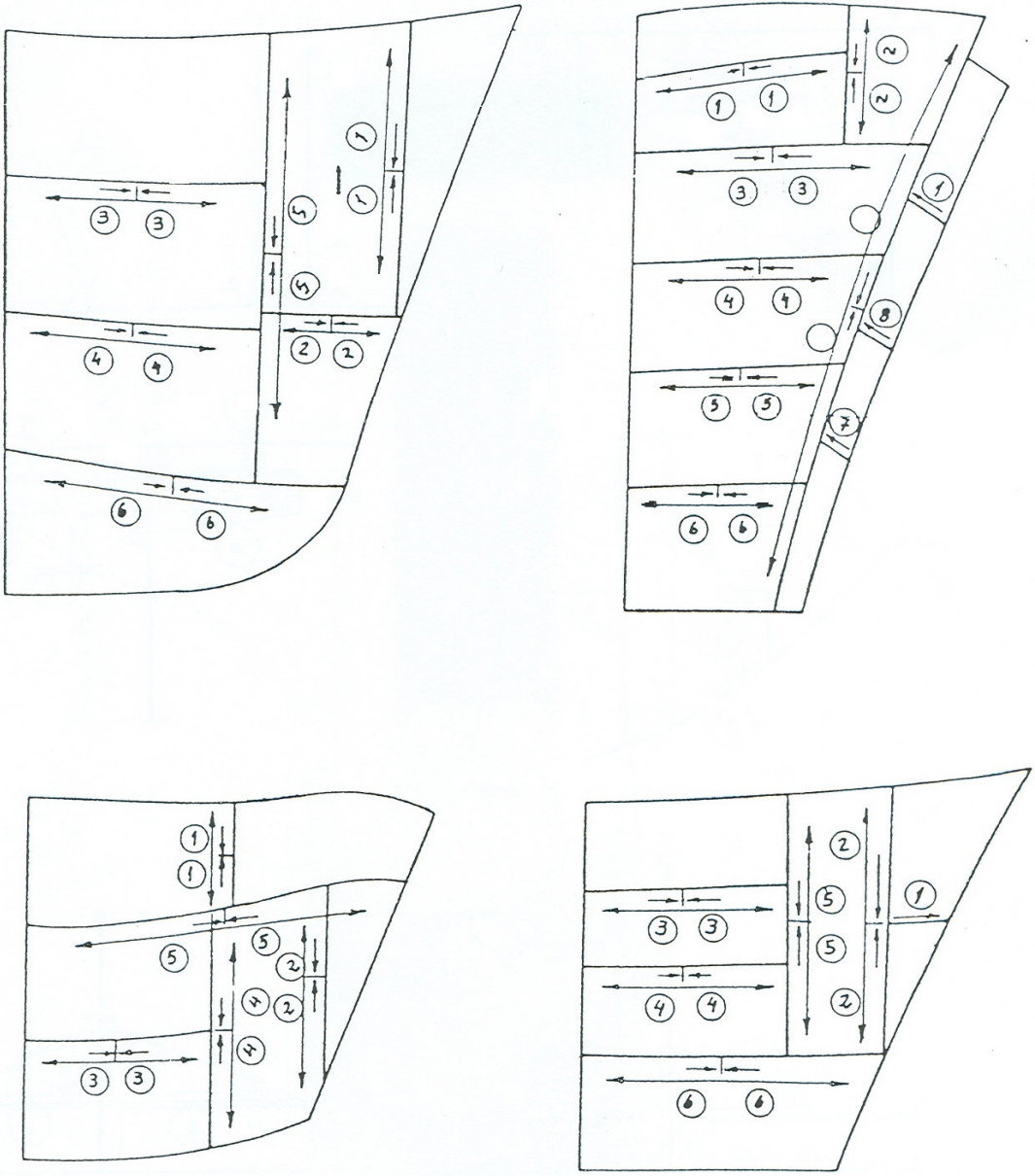
Şekil 7.18 Hazırlanmış saçların kaynağı



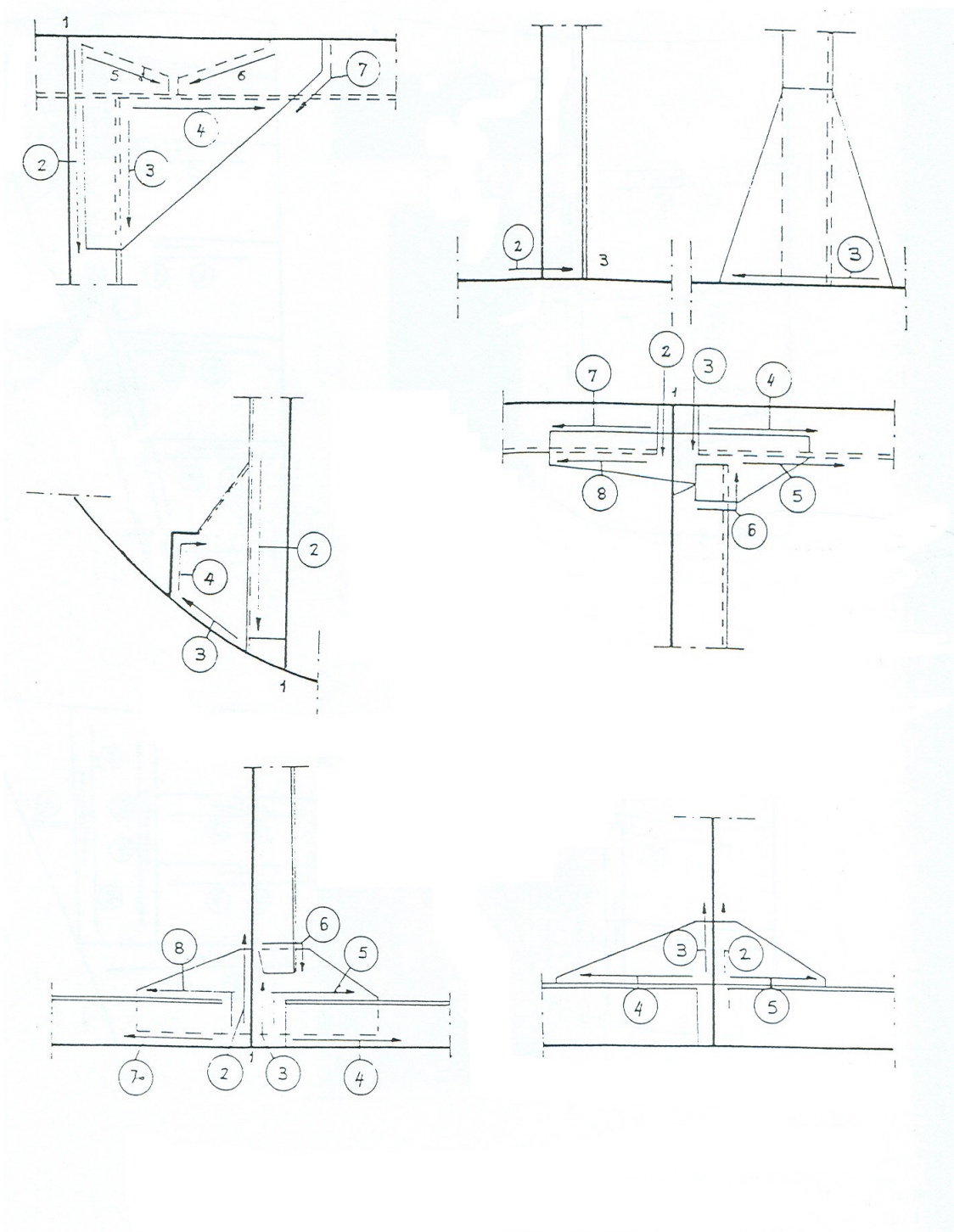
Şekil 7.19 Hazırlanmış sacların kaynağı



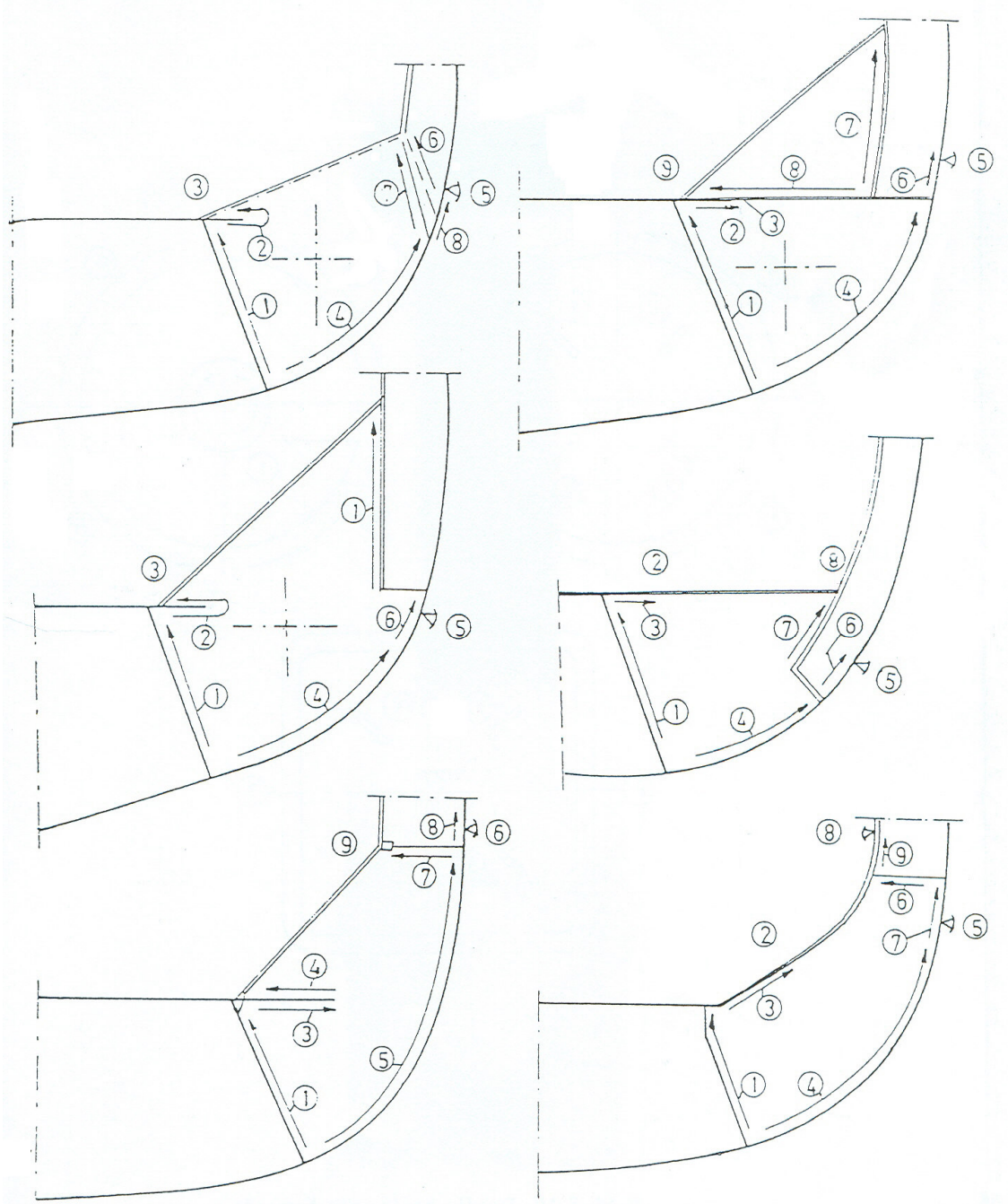
Şekil 7.20 Hazırlanmış sacların kaynağı



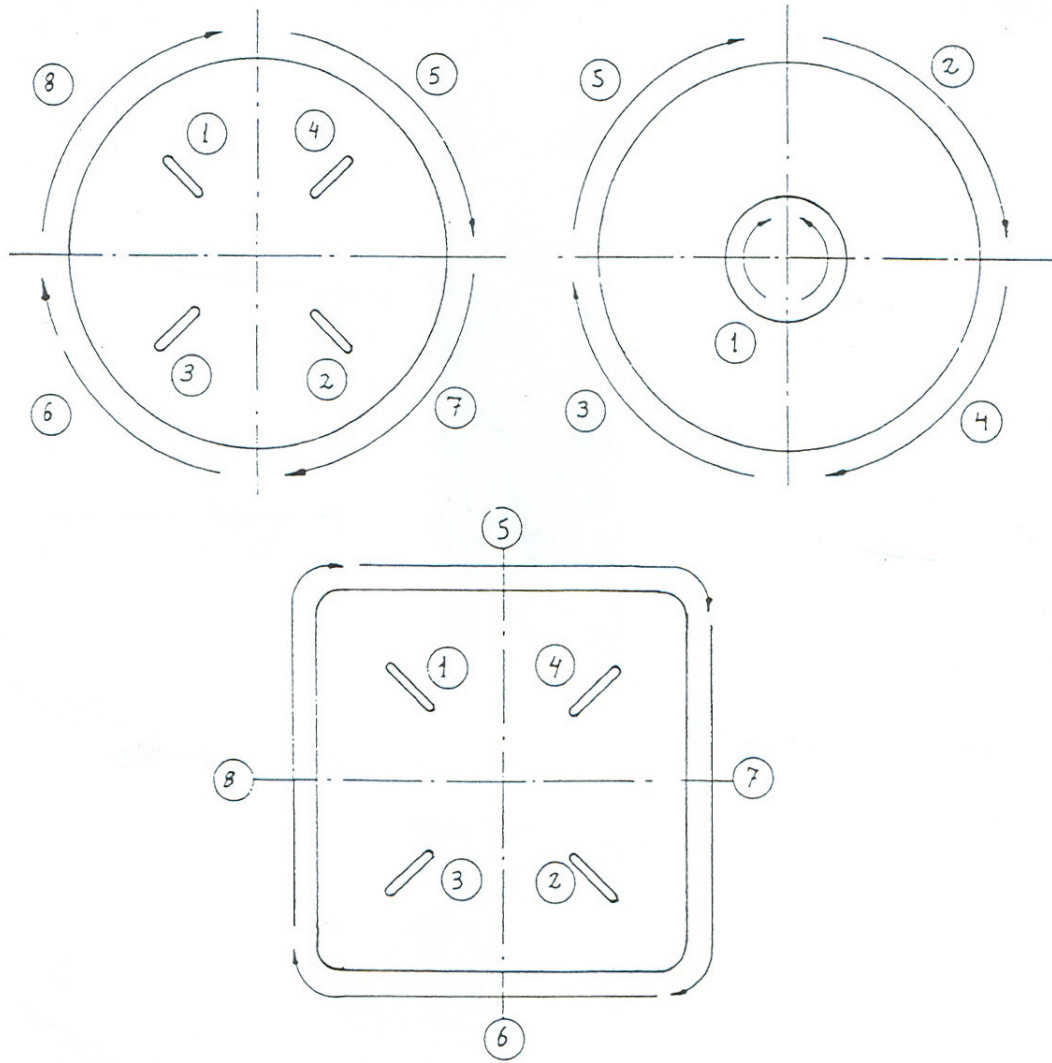
Şekil 7.21 Hazırlanmış saçların kaynağı



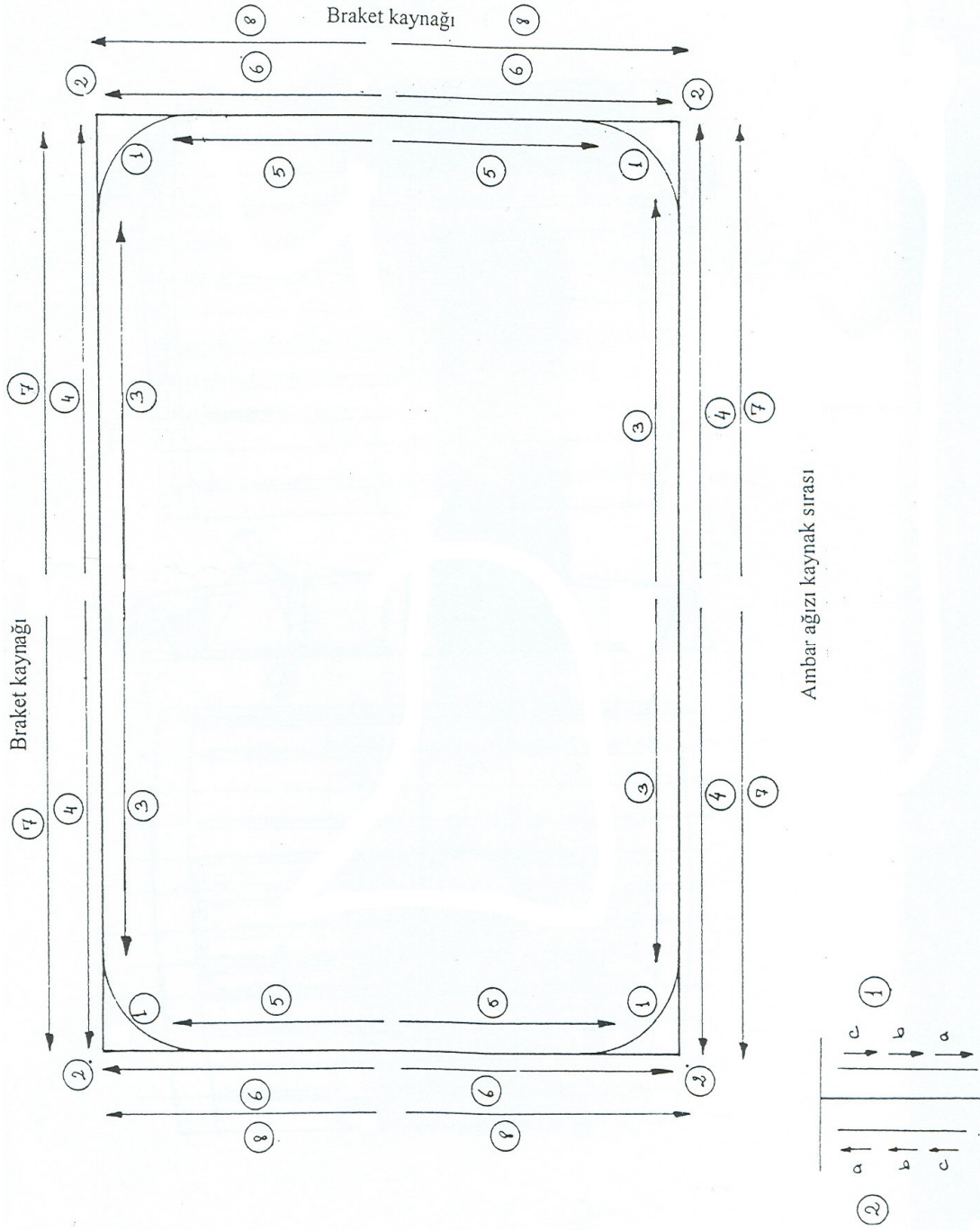
Şekil 7.22 Güverte, perde ve dip bağlantı konstrüksiyonları



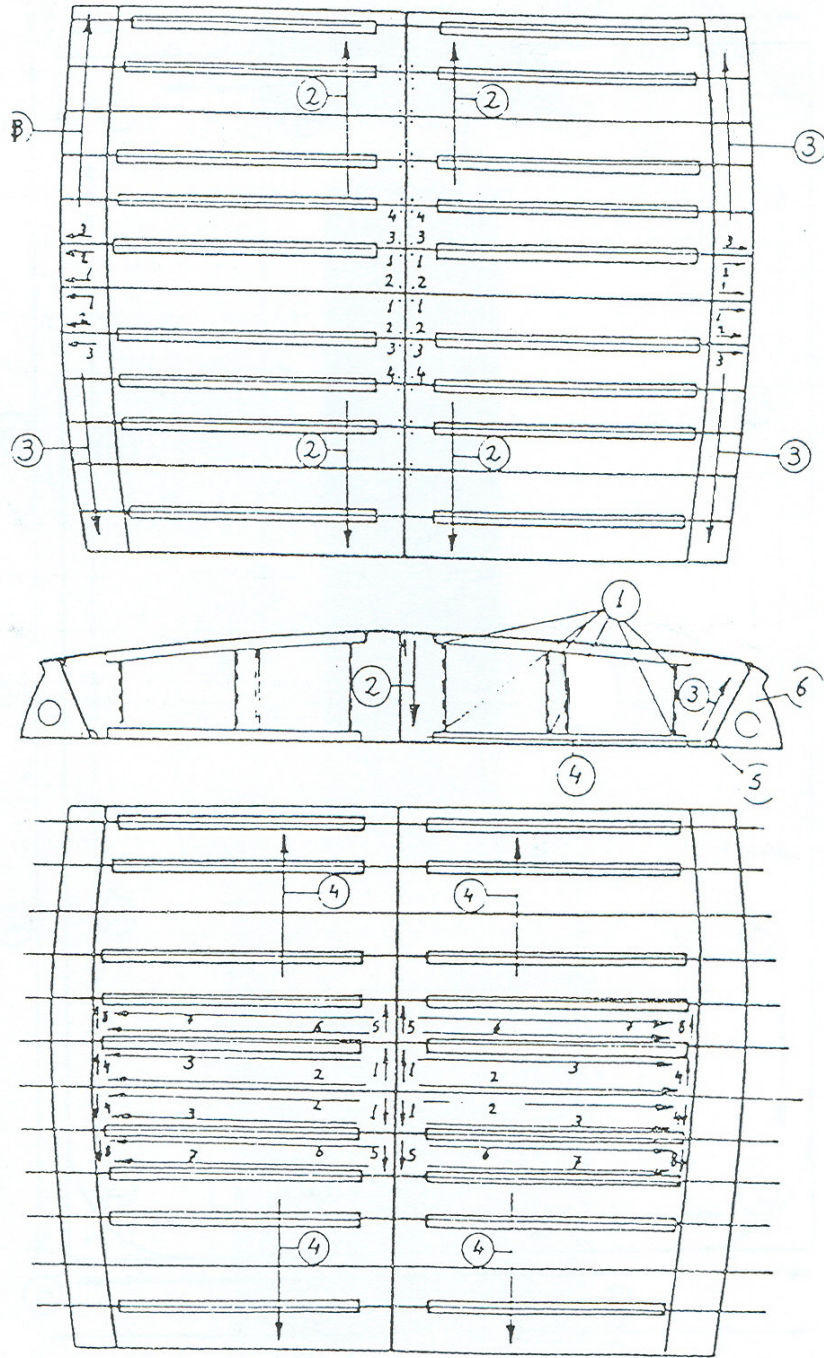
Şekil 7.23 Çift dip ile dış kaplama kaynakları



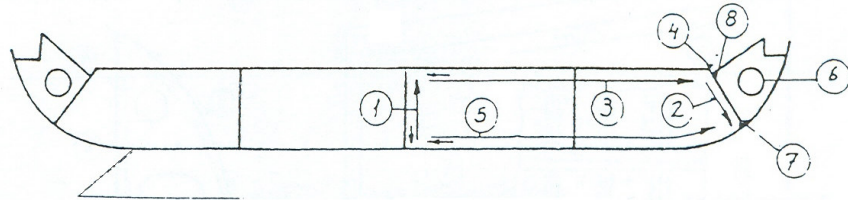
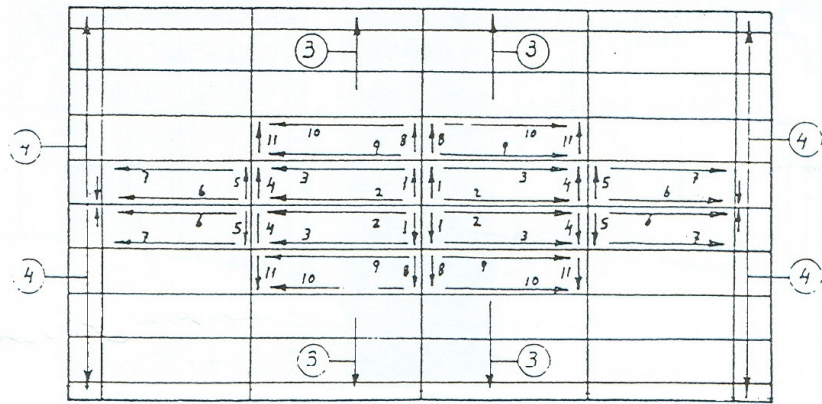
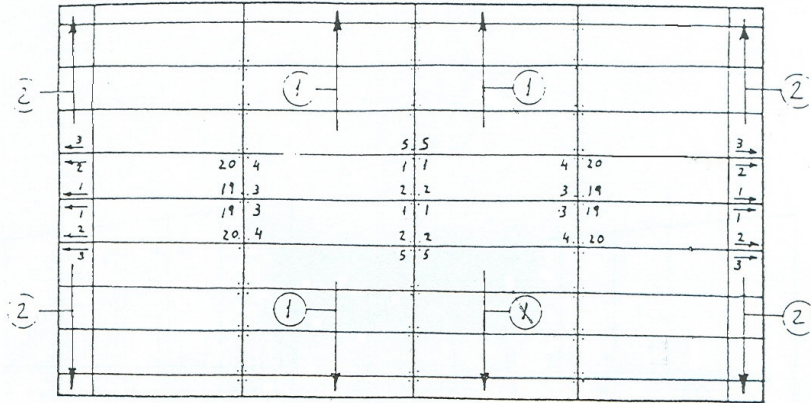
Şekil 7.24 Dublin saclarının kaynağı



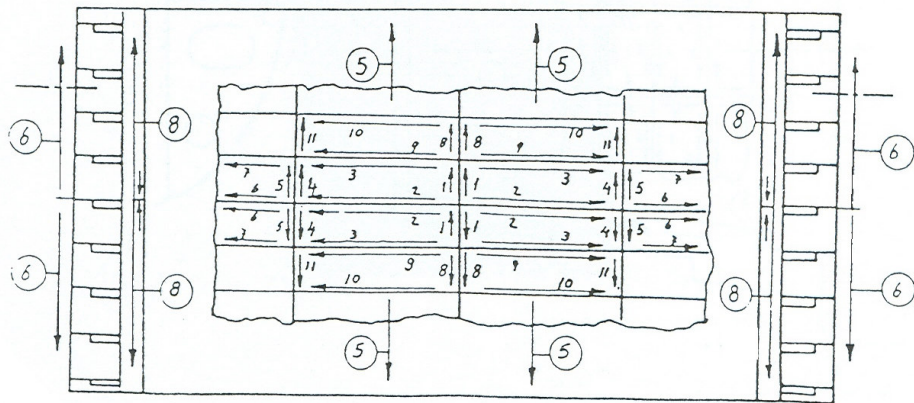
Şekil 7.25 Ambar mezarnalarının kaynağı



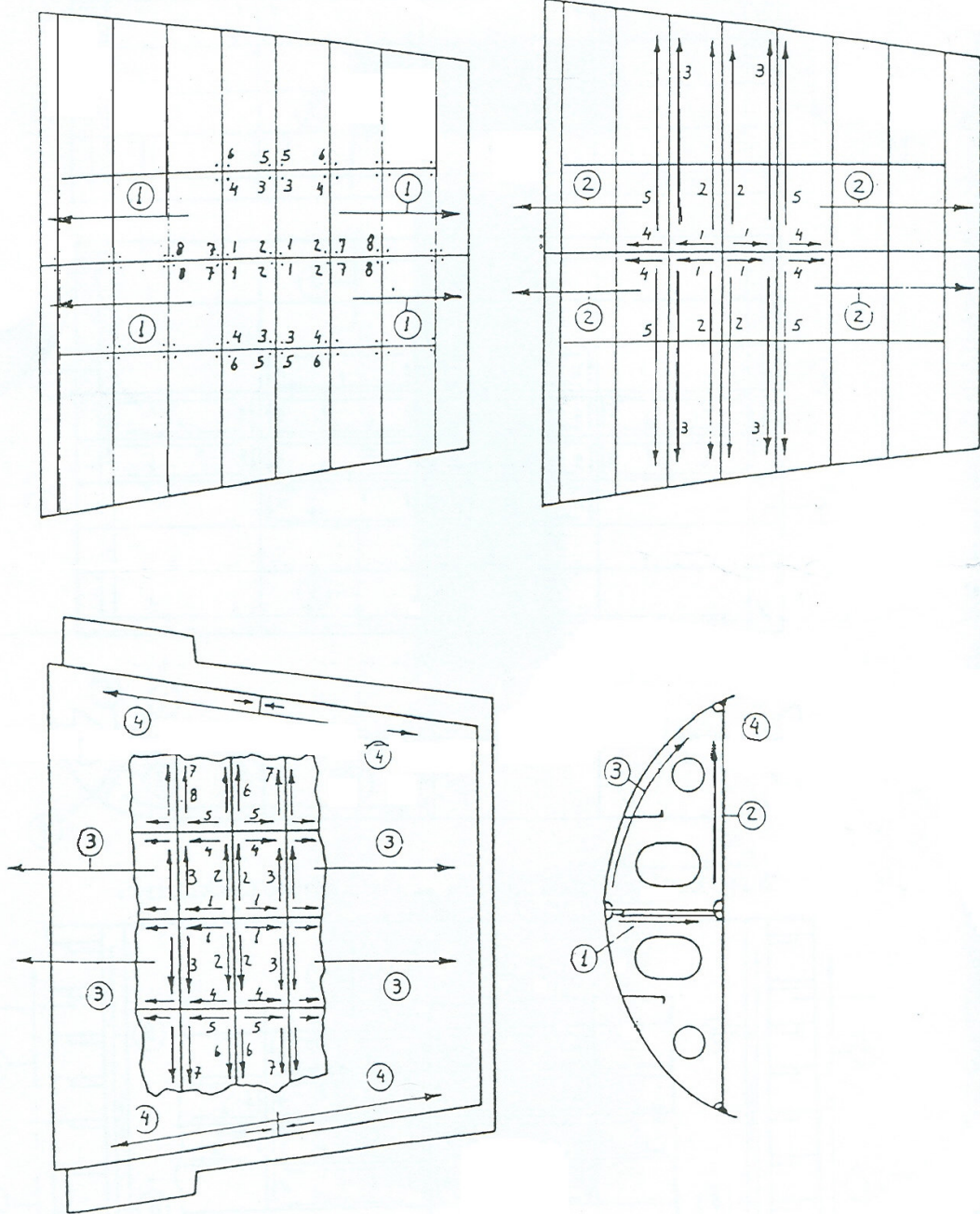
Şekil 7.26 Hazırlanmış çift dip saclarının kaynağı



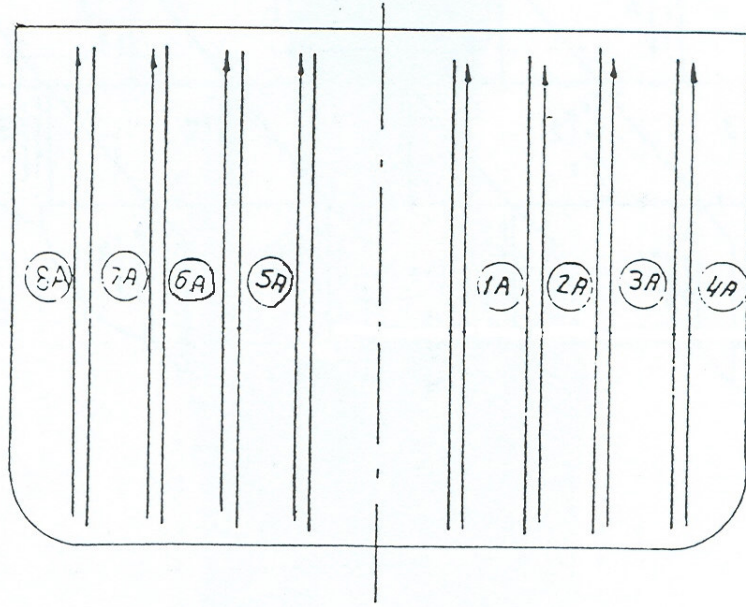
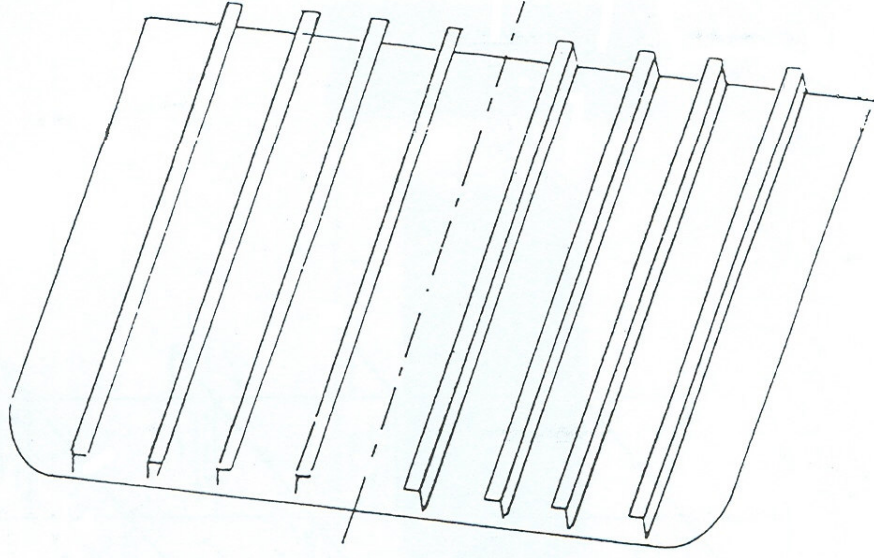
Dip kaplama montajdan önce kaynatılmalıdır.



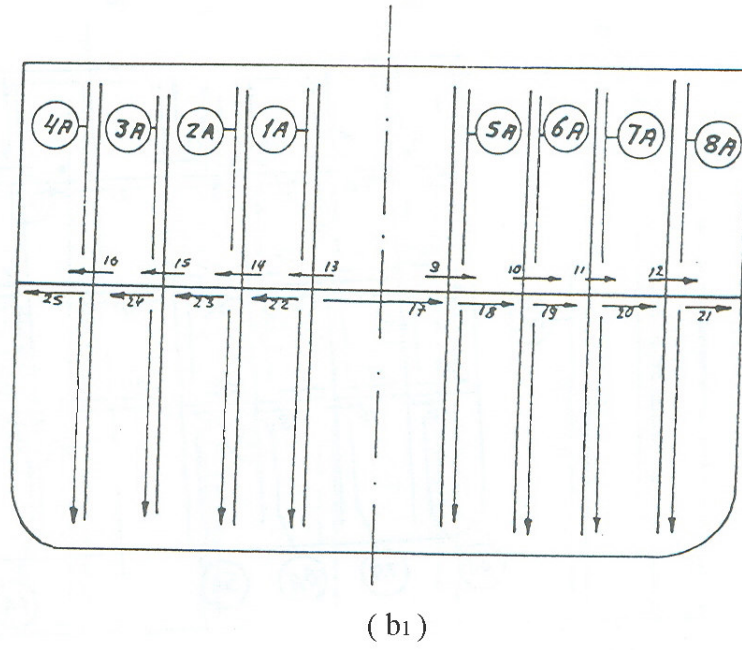
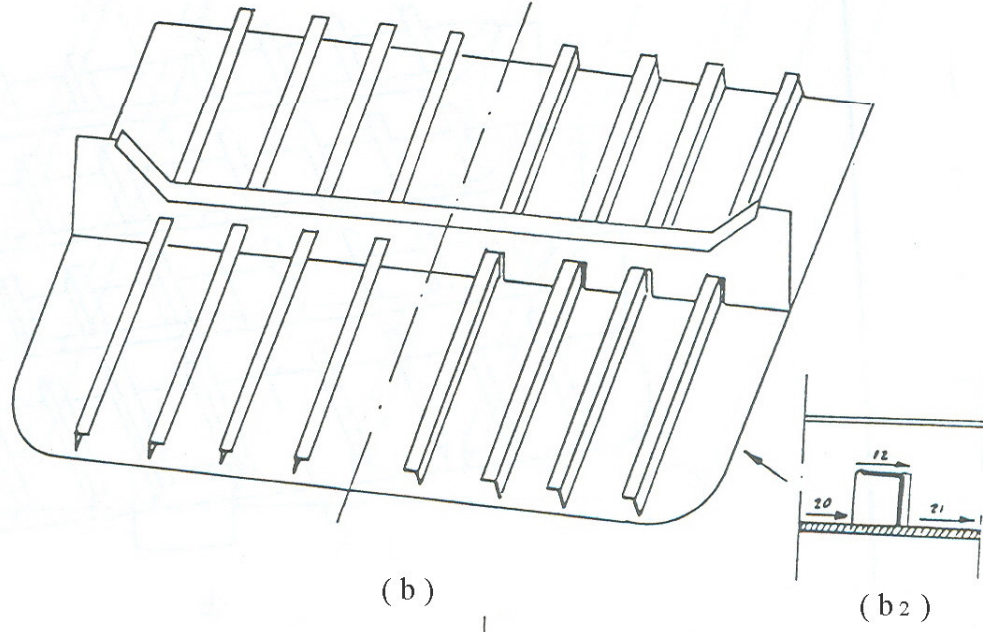
Şekil 7.27 Hazırlanmış çift dip saclarının kaynağı



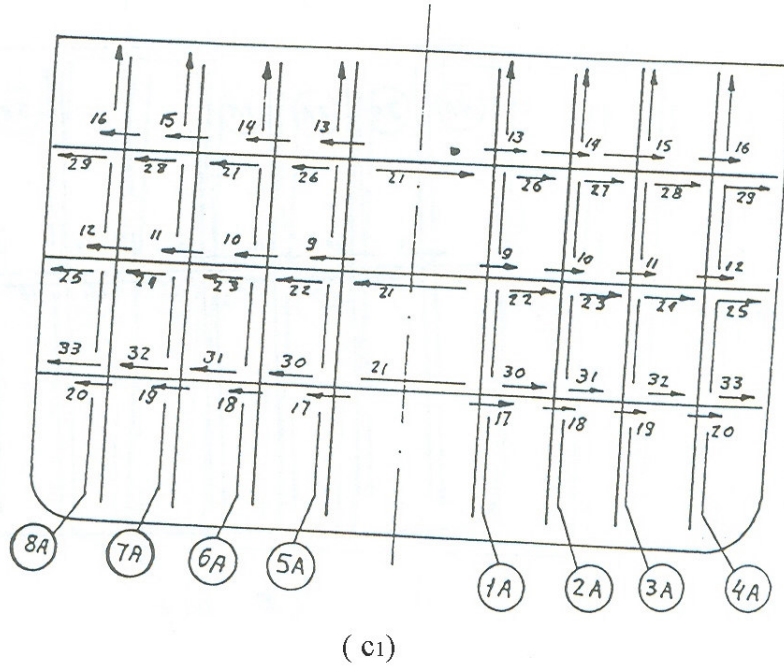
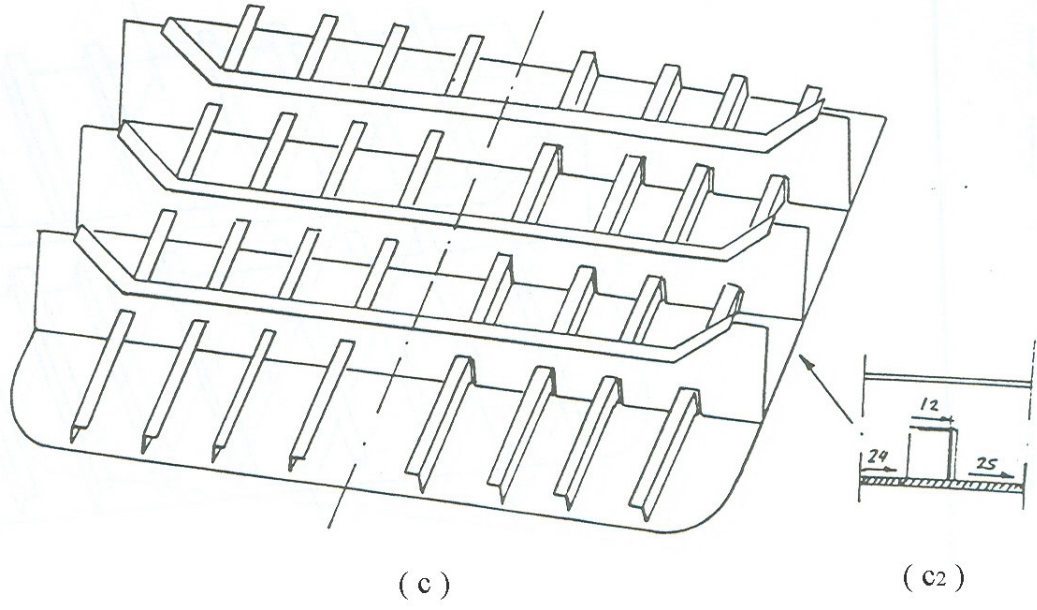
Şekil 7.28 Hazırlanmış çift dip saclarının kaynağı



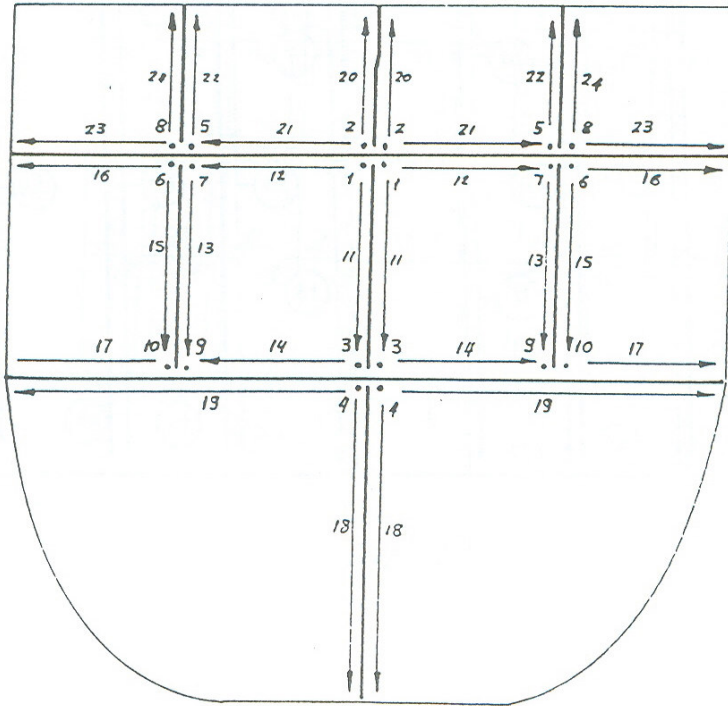
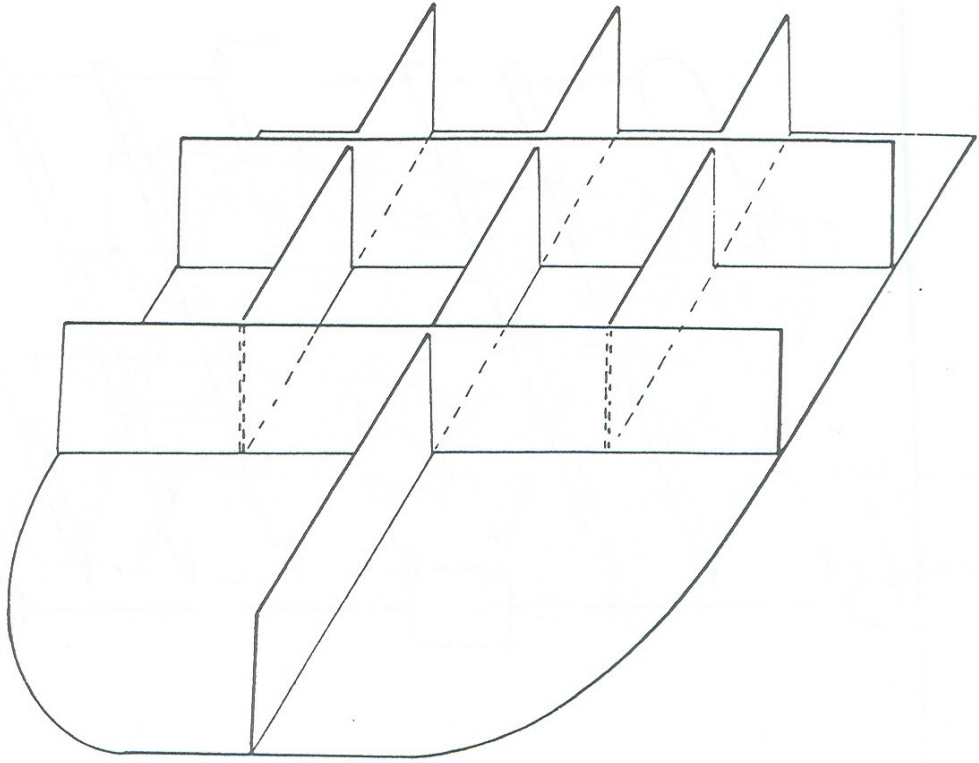
Şekil 7.29 Hazırlanmış perde kaynağı



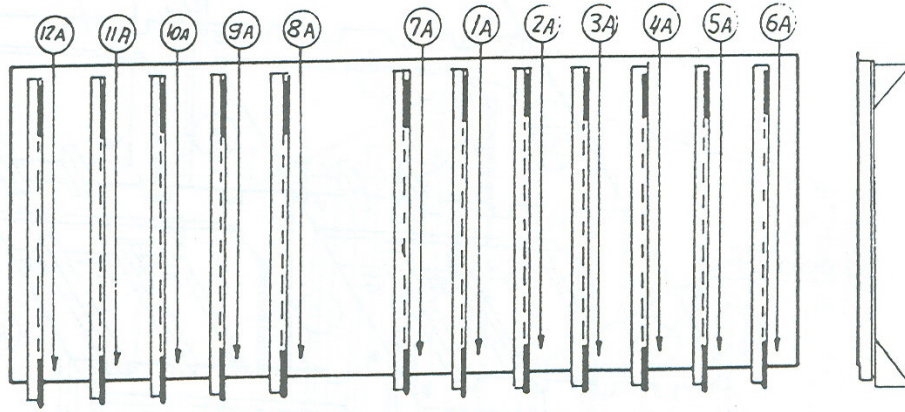
Şekil 7.30 Hazırlanmış perde kaynağı



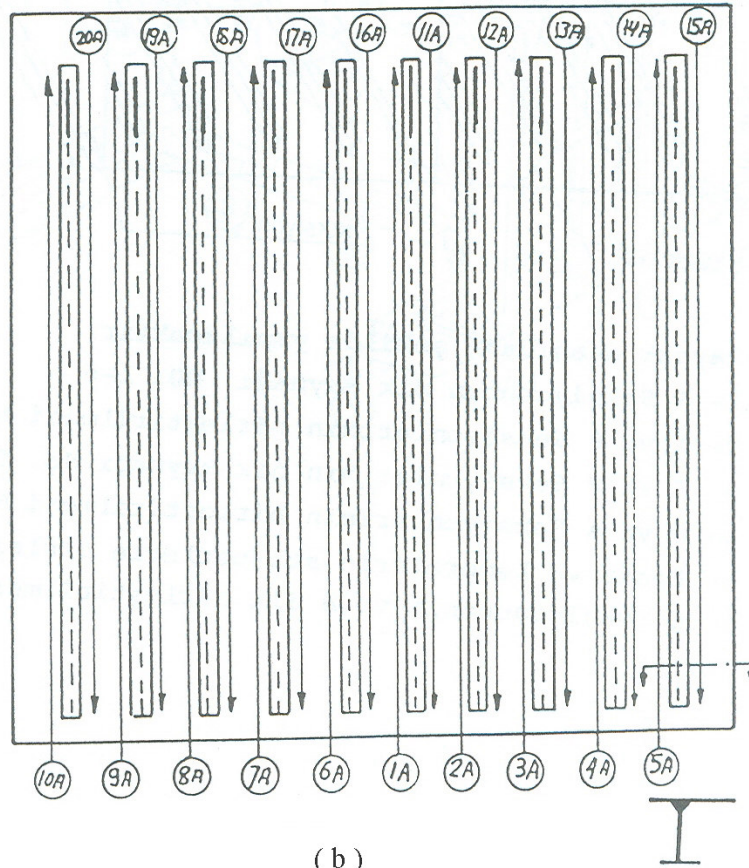
Şekil 7.31 Hazırlanmış perde kaynağı



Şekil 7.32 Hazırlanmış perde kaynağı

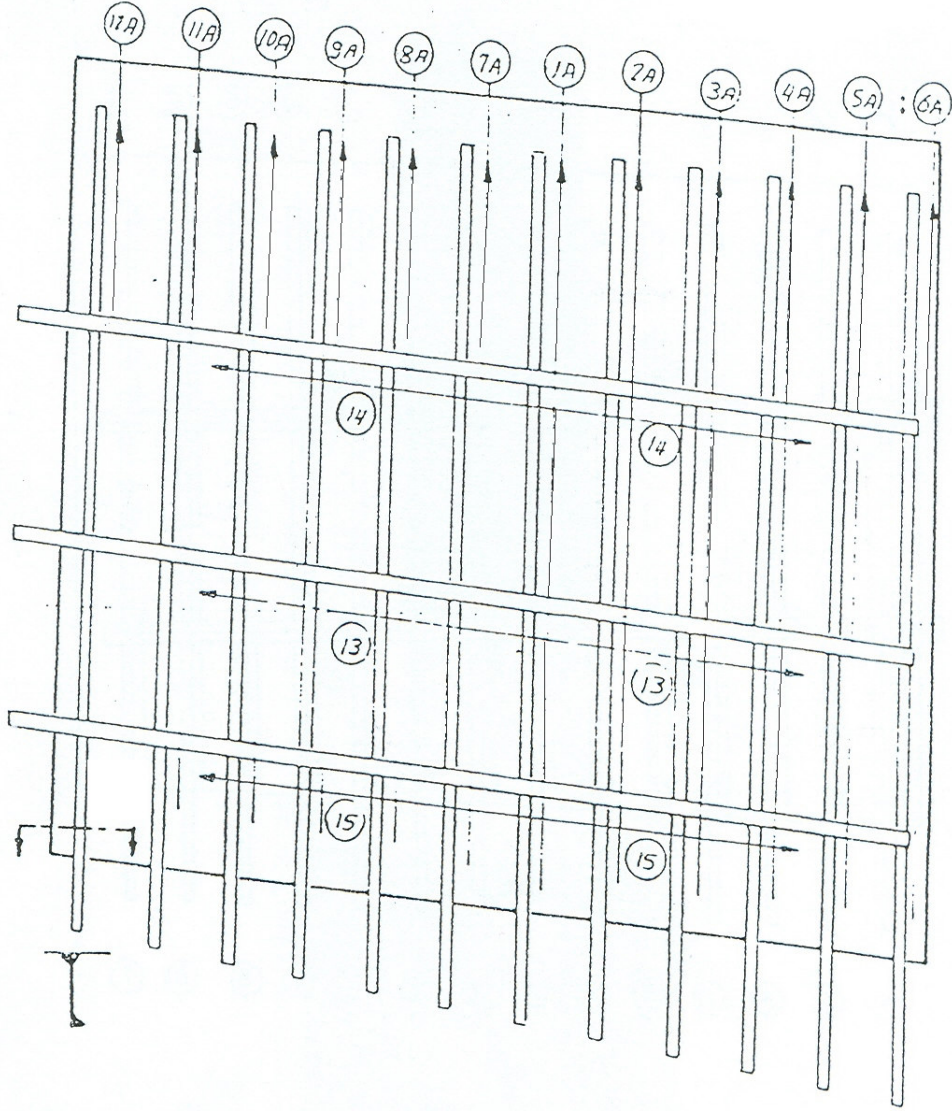


(a)

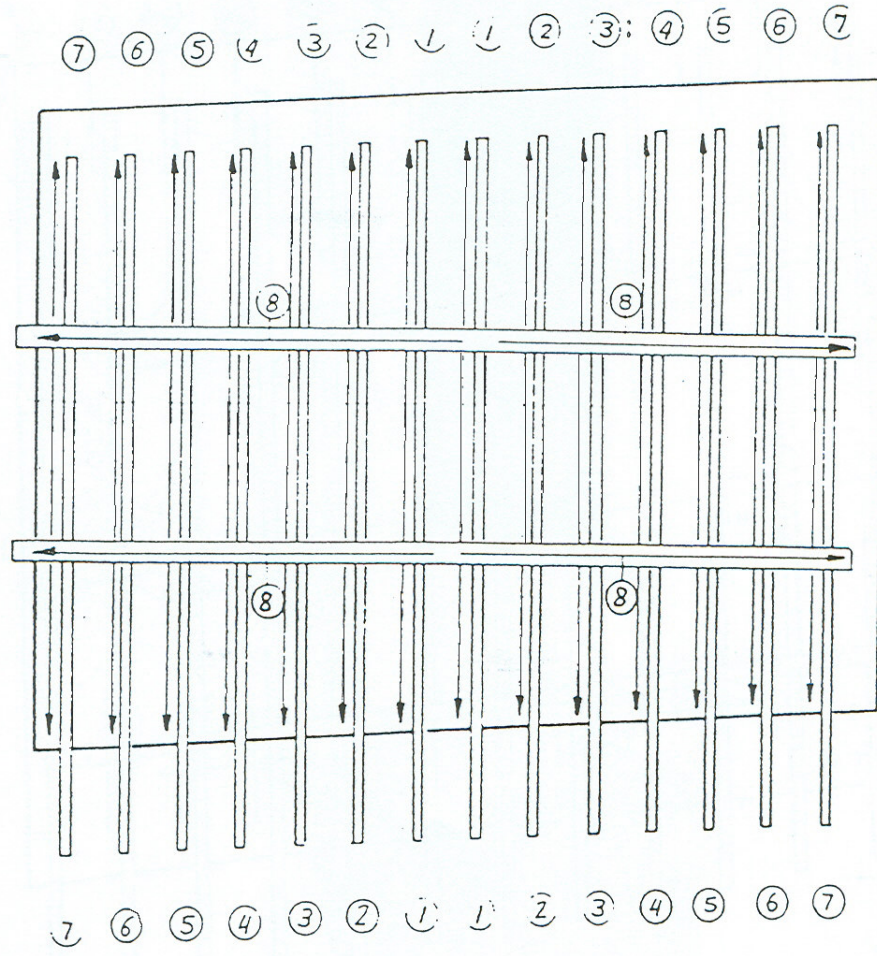


(b)

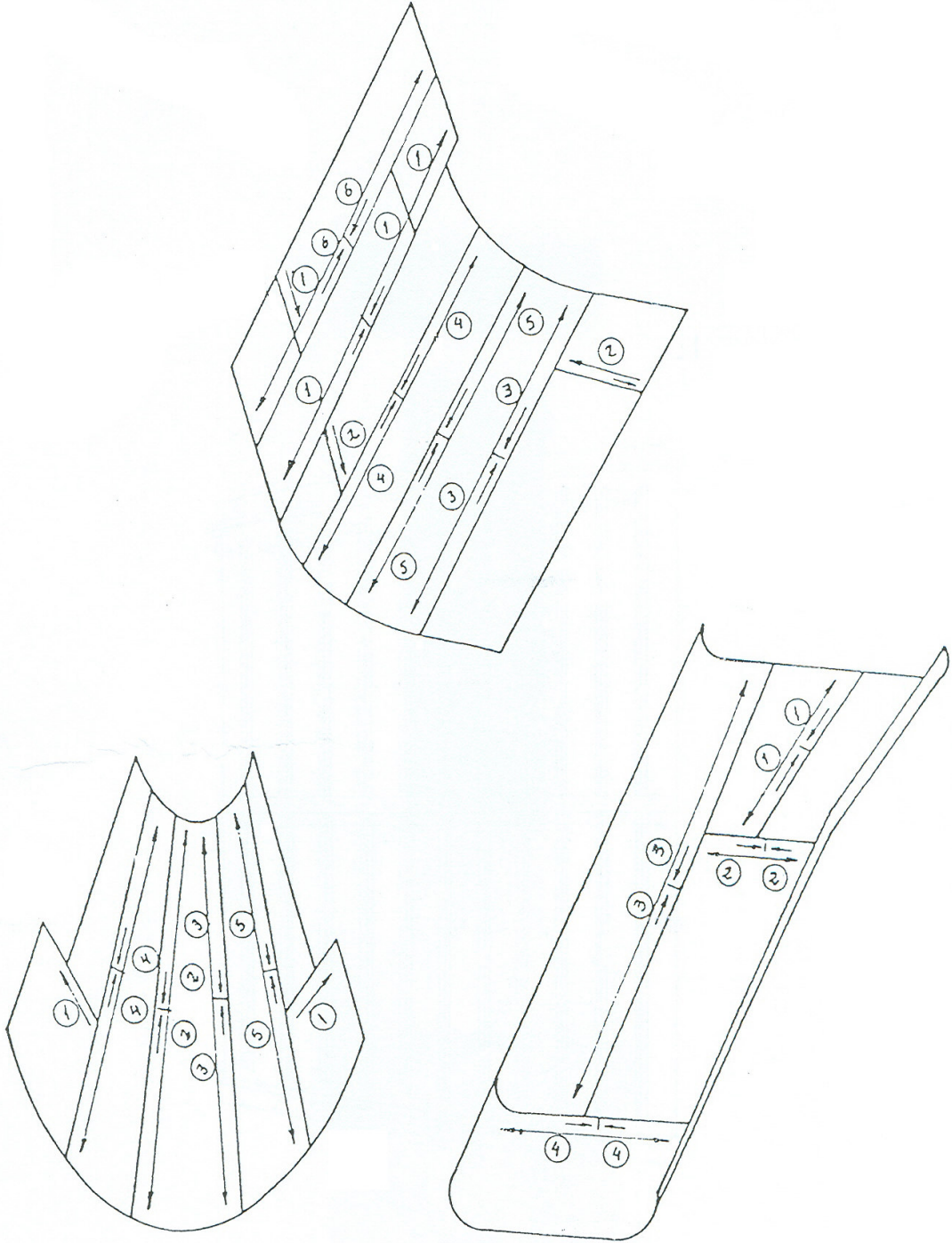
Şekil 7.33 Hazırlanmış dış kaplama saclarının kaynağı



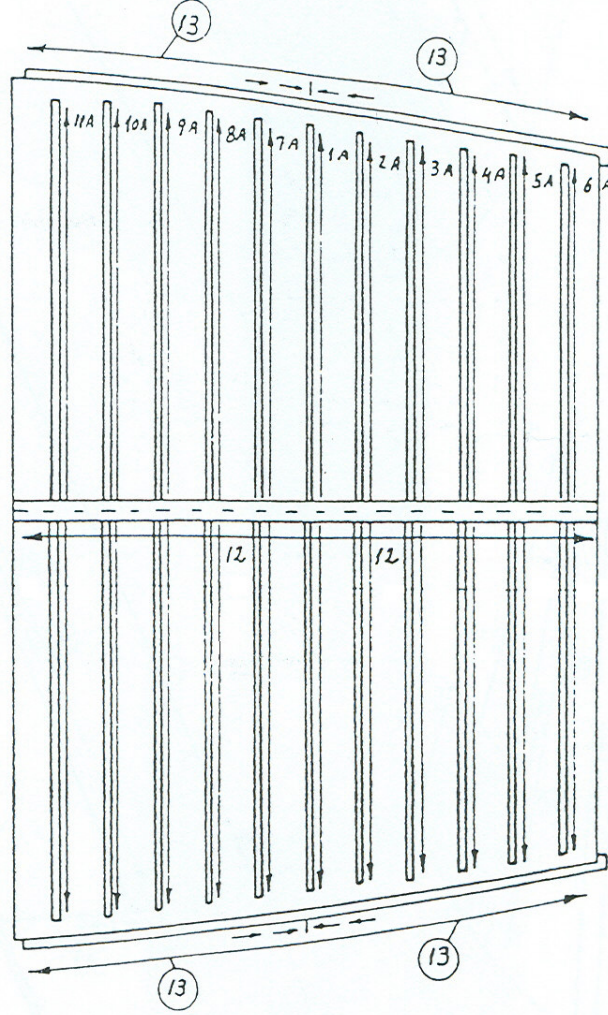
Şekil 7.34 Hazırlanmış dış kaplama saclarının kaynağı



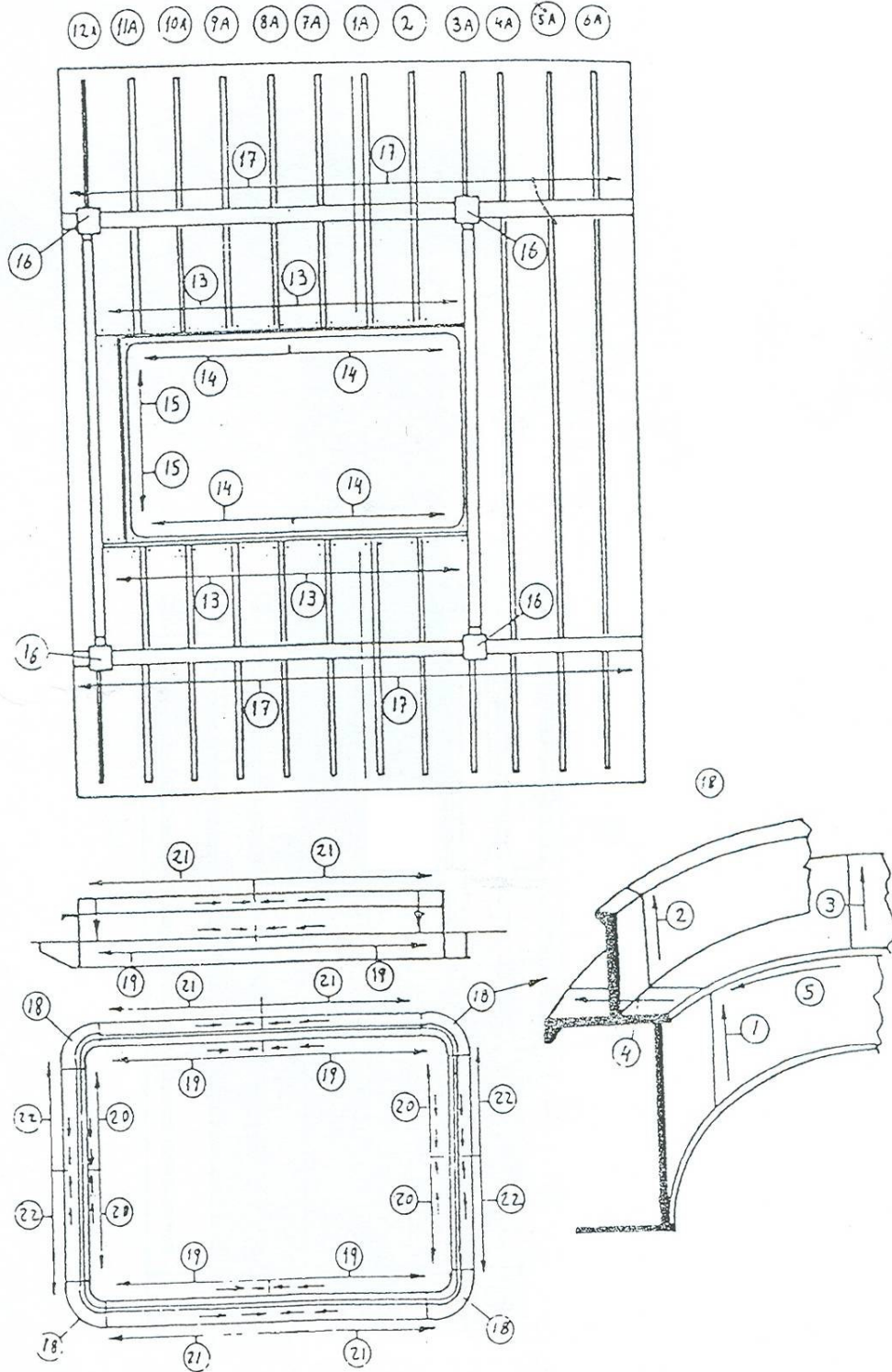
Şekil 7.35 Hazırlanmış dış kaplama saclarının kaynağı



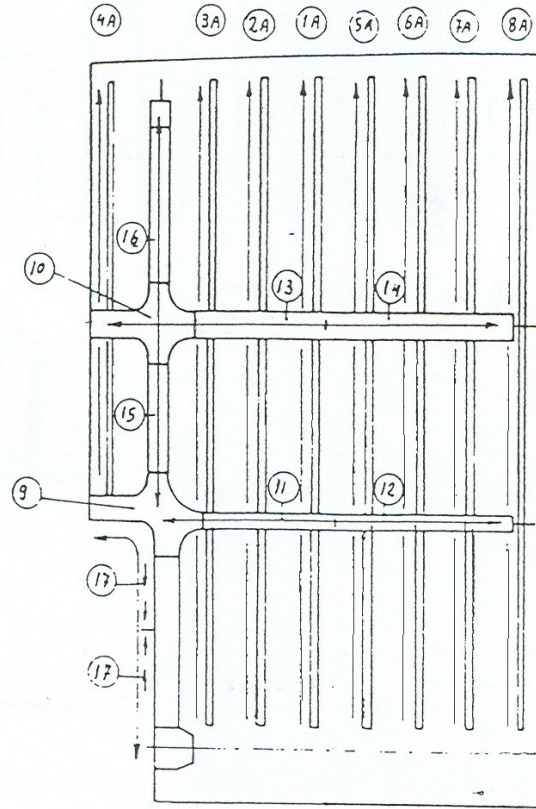
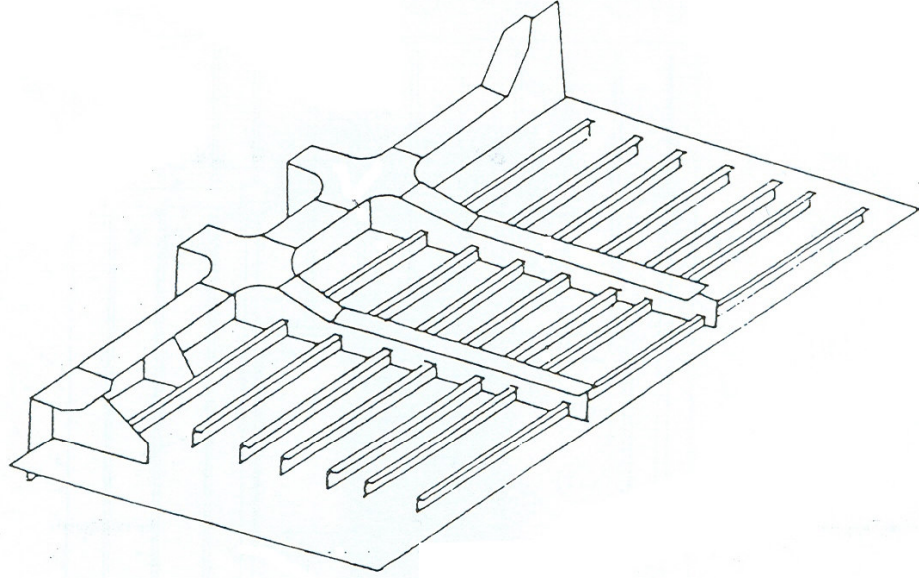
Şekil 7.36 Hazırlanmış dış kaplama saclarının kaynağı



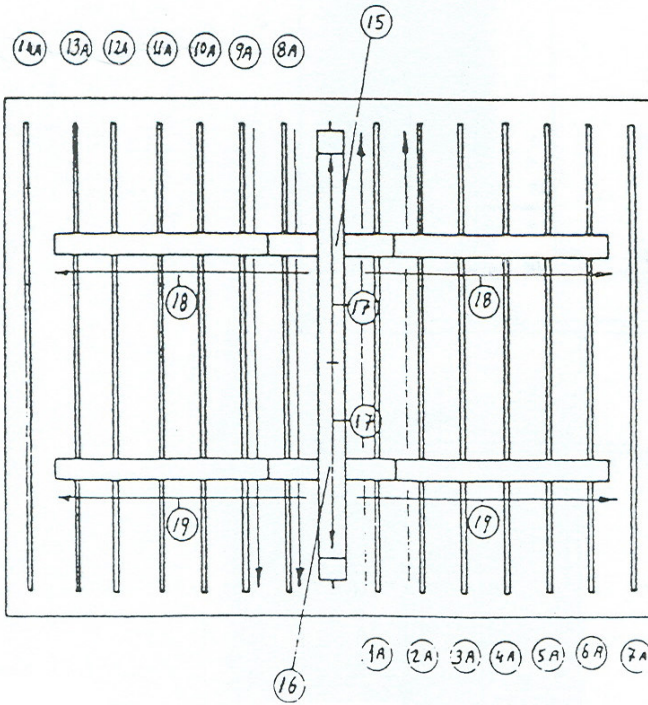
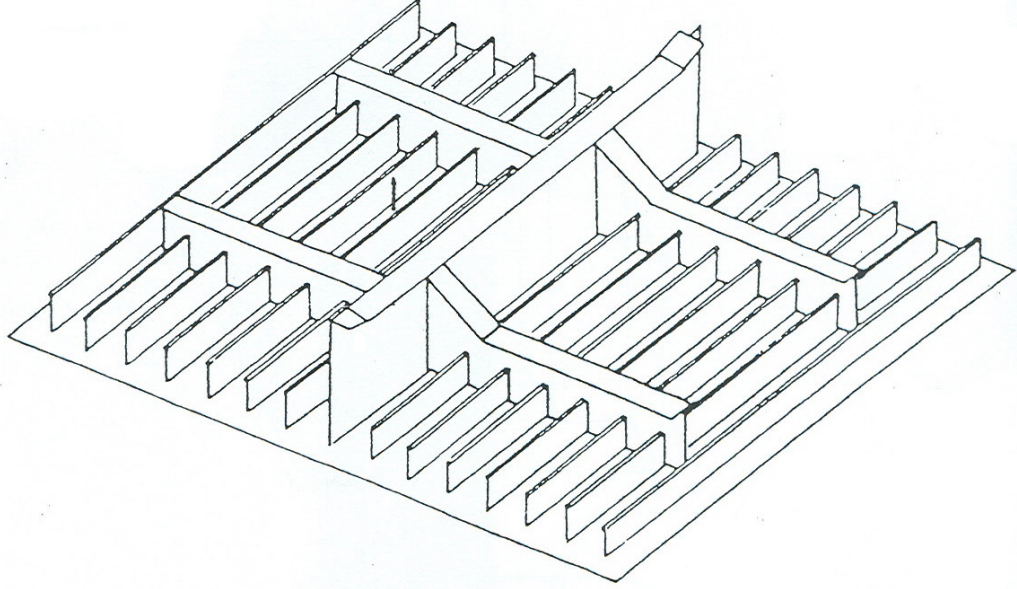
Şekil 7.37 Hazırlanmış güverte saclarının kaynağı



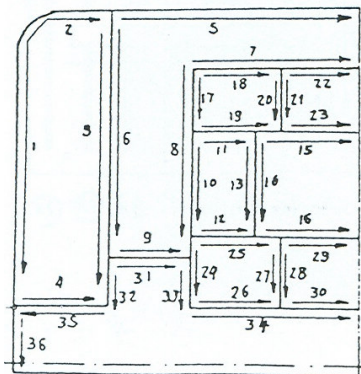
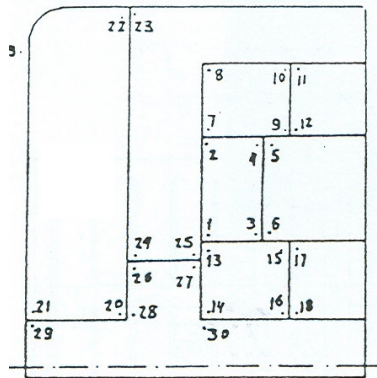
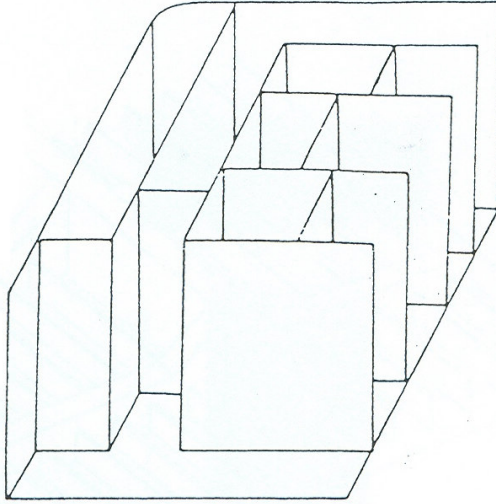
Şekil 7.38 Hazırlanmış güverte saclarının kaynağı



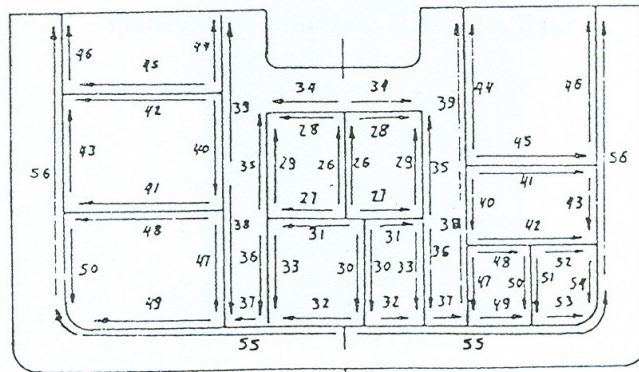
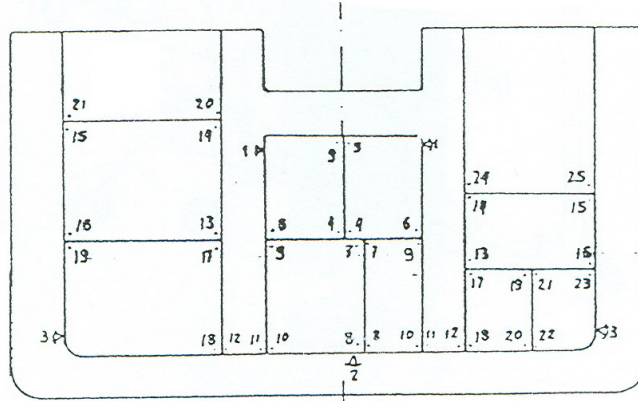
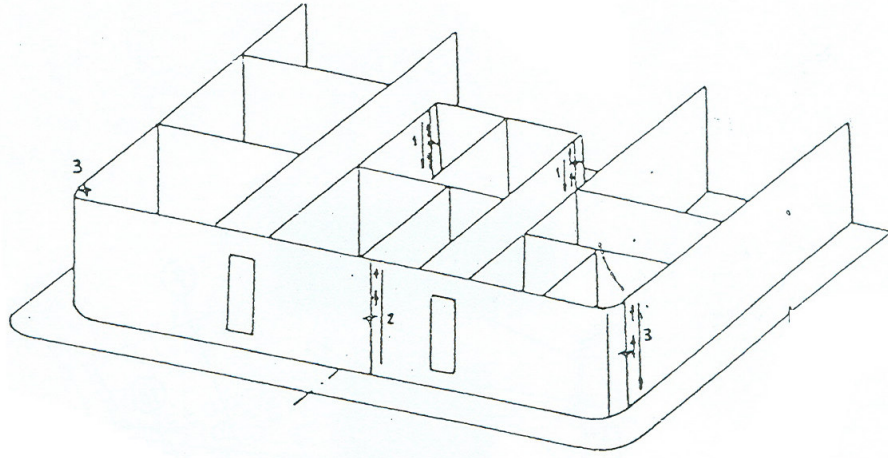
Şekil 7.39 Hazırlanmış güverte saclarının kaynağı



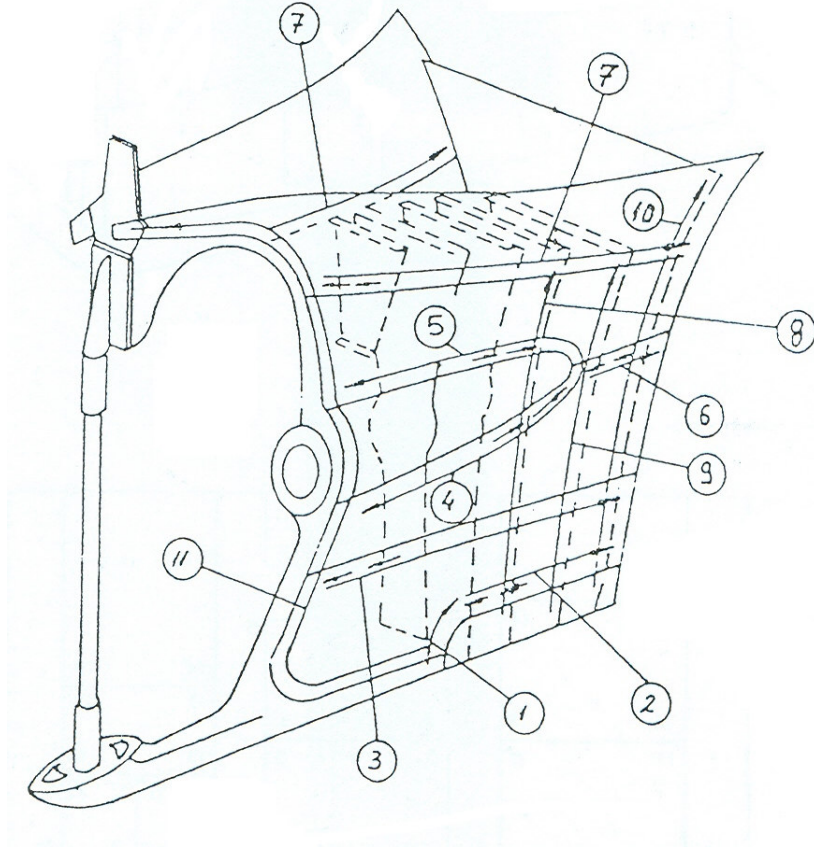
Şekil 7.40 Hazırlanmış güverte saclarının kaynağı



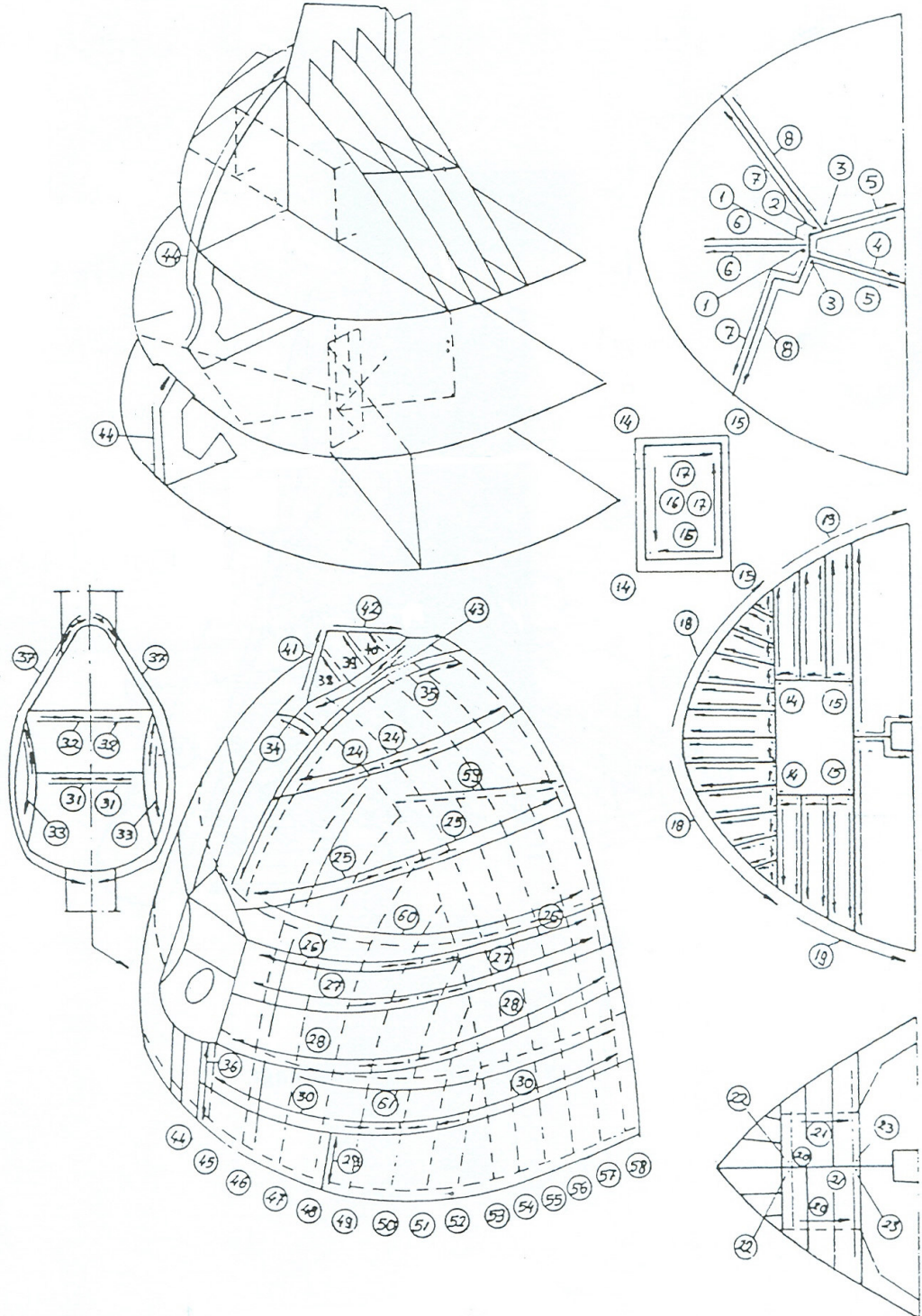
Şekil 7.41 Üst binaların hazırlanmış sacların kaynağı



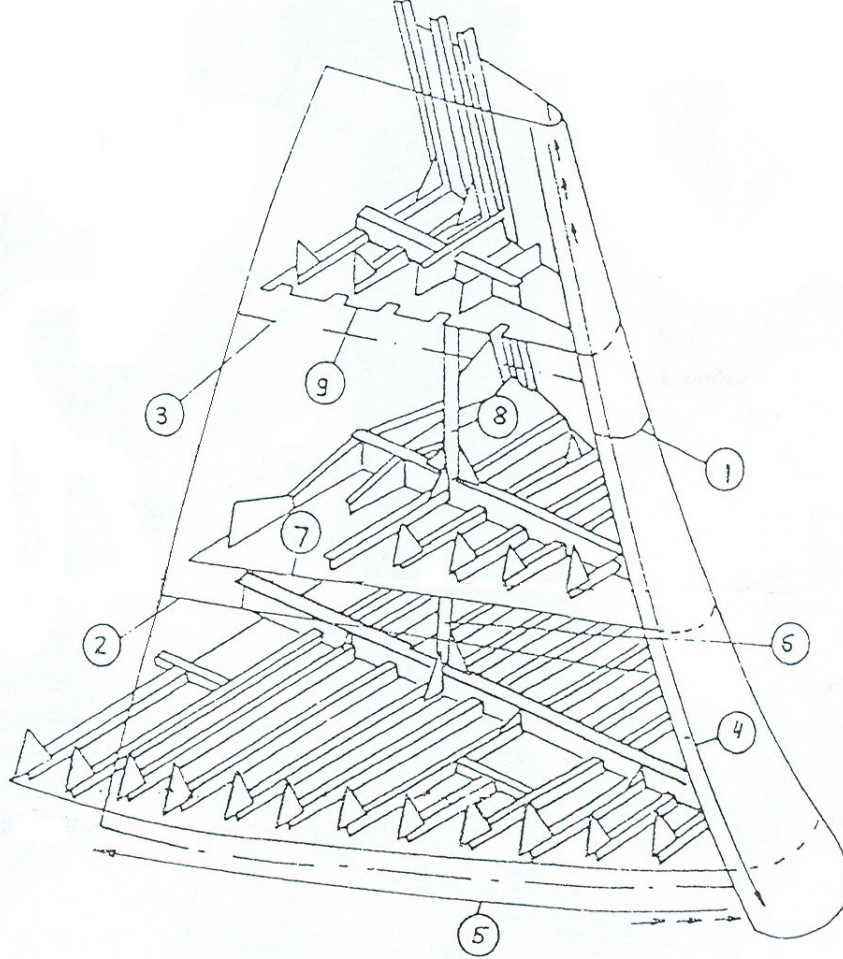
Şekil 7.42 Üst binaların hazırlanmış sacların kaynağı



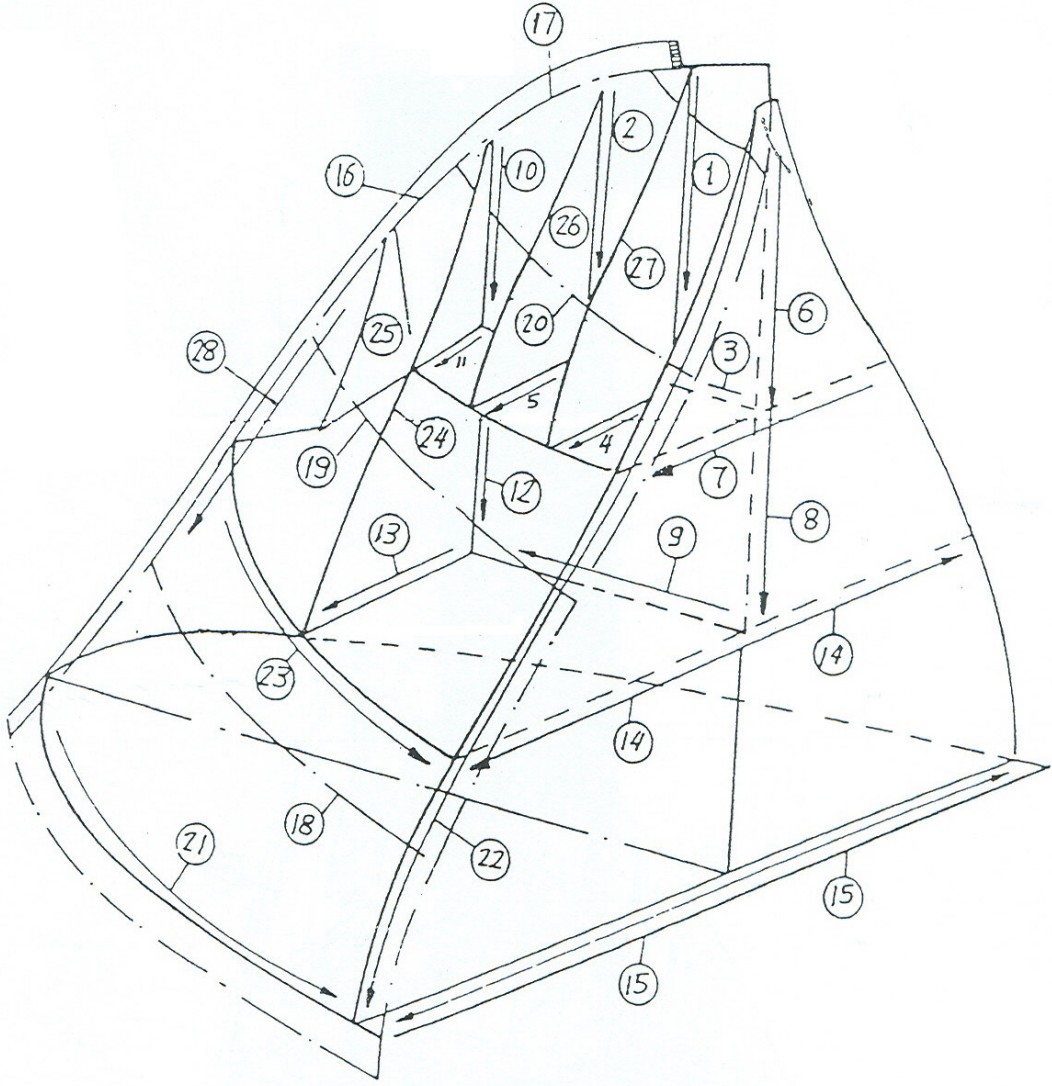
Şekil 7.43 K1Ç konstrüksiyon kaynağı



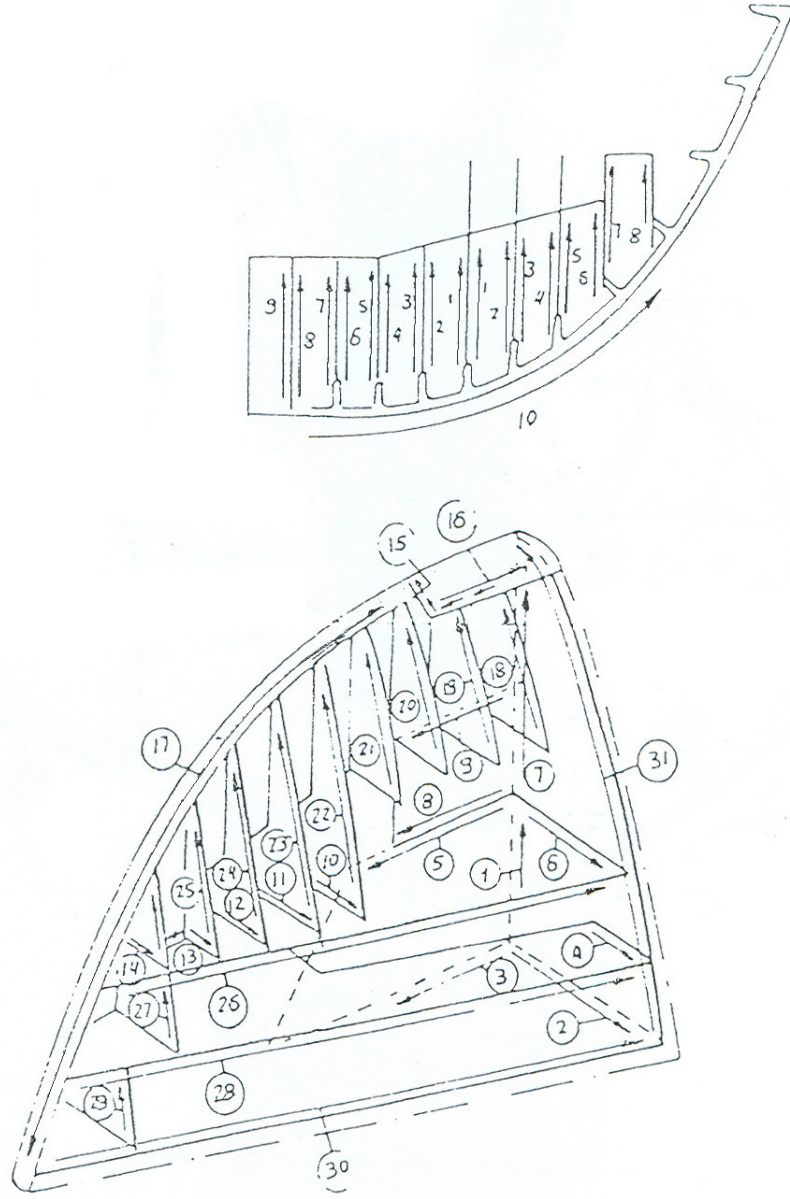
Şekil 7.44 Kış konstrüksiyon kaynağı



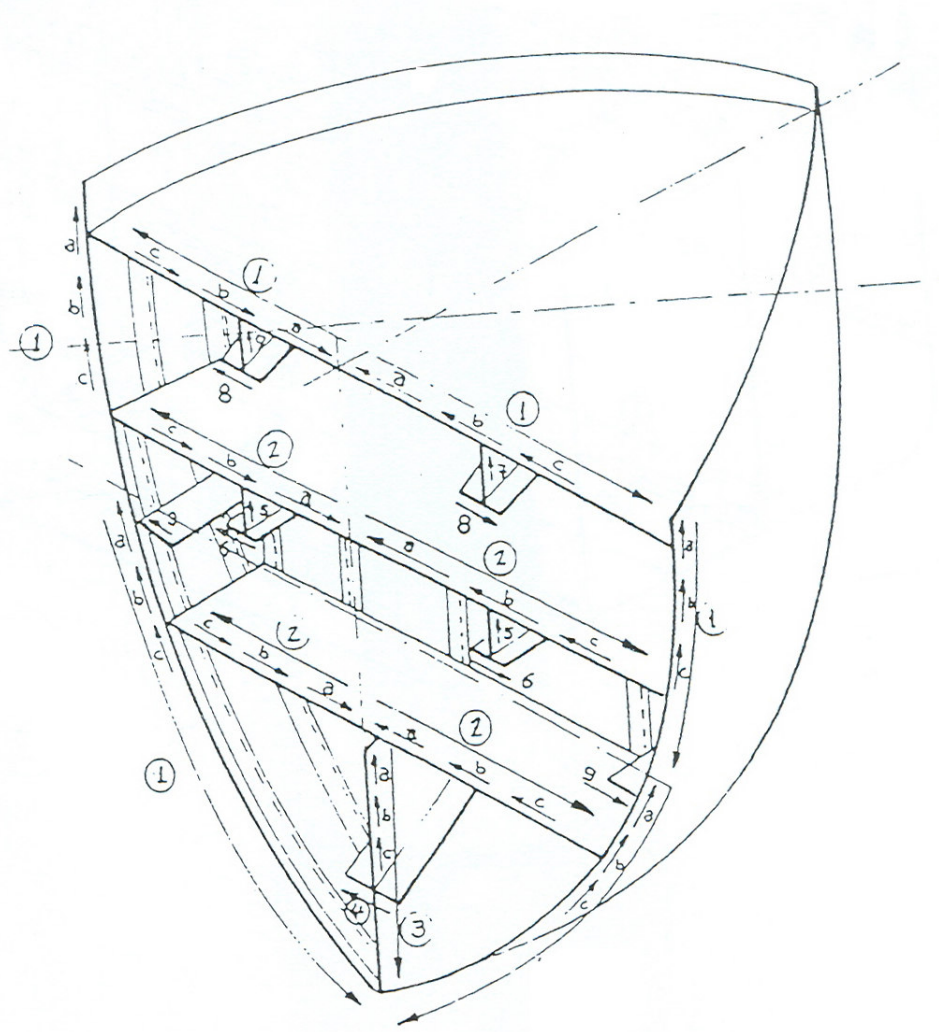
Şekil 7.45 Baş tarafın kaynak sırası



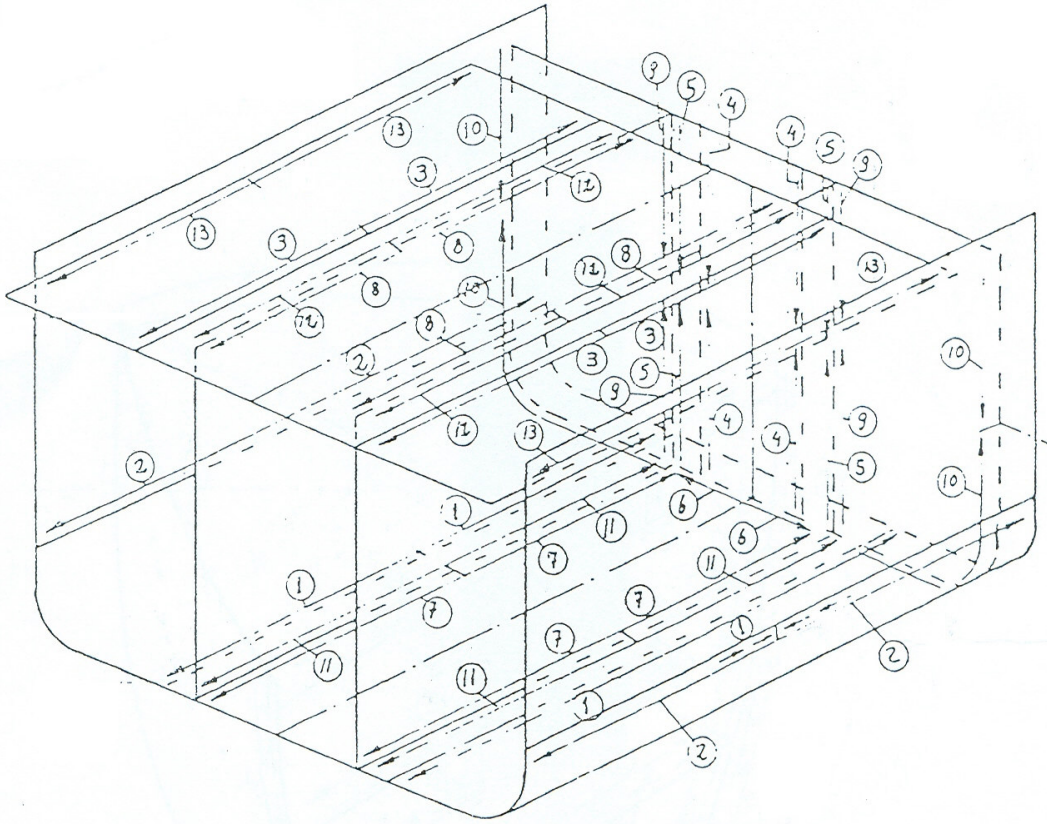
Şekil 7.46 Baş tarafın kaynak sırası



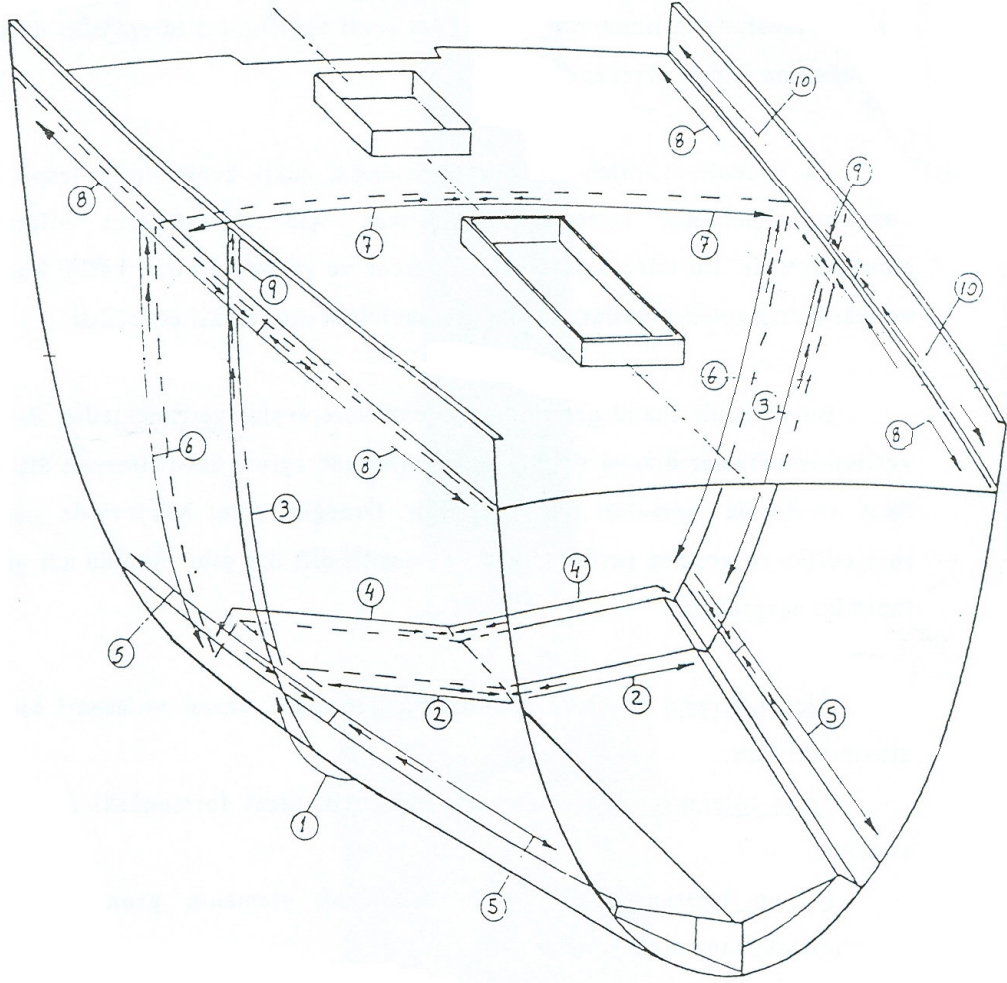
Şekil 7.47 Baş tarafın kaynak sırası



Şekil 7.48 Baş tarafın kaynak sırası



Şekil 7.49 Blokların kaynağı



Şekil 7.50 Blokların kaynağı

8. GEMİ İNŞAATINDA KLASLAMA ve TOLERANSLAR

8.1 Klas kuruluşları: Tarihi bilgi ve işlevleri

Yukarıda görüldüğü gibi gemilerin konstrüksiyonu son derece karmaşıktır. Klas müesseseleri uzun yılların deneyimlerine bağlı olarak bu elemanların boyutlandırılması için deneysel kurallar verirler ve bu kuralların inşaat sırasında uygulanmasını sağlar.

Klas kuruluşlarından ilki 1760 yılında İngiltere’de kurulan Lloyd Register of Shipping’dir. Önceleri açık denizlerde yük taşıyan gemilerin konstrüksiyonu açısından tavsiyeler şeklinde başlamış daha sonraki yıllarda başarıları sonucu sigorta şirketleri tarafından tanınarak özel statü kazanması ile çok daha ciddi bir konum kazanmıştır.

Zamanla birçok ülkede benzeri kuruluşlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Bunlar arasında en önemlileri şunlardır.

- LR – Lloyd’s Register (İngiltere - 1760)
- ABS - American Bureau of Shipping (Amerika Birleşik Devletleri - 1862)
- GL - Germanischer Lloyd (Almanya - 1867)
- BV - Bureau Veritas (Fransa - 1828)
- DNV - Det Norske Veritas (Norveç - 1864)
- RINA - Registro Italiano Navale (İtalyan - 1861)
- RRS – Russian Maritime Register of Shipping (Rusya - 1913)
- NKK - Nippon Kaiji Kyokai (Japonya - 1899)

Türk Loydu da 1962 senesinde kurulmuştur. Kuruluş sırasında Ulaştırma Bakanlığı, Sigortacılar Birliği ve Üniversiteler gibi kuruluşlar katılımı ile başlamış ve Gemi Mühendisleri Odasının koordinasyonu ile yürütülmüştür. İlk olarak Lloyd’s Register ile anlaşma yapılmış ve onların kuralları uygulanmıştır. Daha sonraki yıllarda bu ortaklık bozulmuş yerine benzer bir ortaklık Det Norske Veritas ile kurulmuştur. Sonraları bu ortaklık da değiştirilmiş ve GL ile anlaşmaya varılmıştır. Bu anlaşma bugün de yürürlükte olmakla birlikte Türk Loydu yavaş yavaş kendi kurallarını yaratmak ve uygulamak yönünde ilerlemektedir. Klas müesseselerinin işlevleri sırası ile şöyledir.

Kuralların yapılması ve teknik destek: gemideki elemanların boyutlandırılmasına ait kuralları yapmak ve bunların uygulanışı hakkında teknik destek sağlamak ilk görevleridir. Boyutlandırma yanı sıra bu hizmet malzeme karakteristiklerinin tayini konstrüksiyon şeklinin seçimi ve kaynak uygulamalarına ait kuralları da kapsar. Bu kurallara uygun olarak dizayn edilen projeyi dizayner klas kuruluşunun onayına sunar. Onaylanmamış projenin uygulamaya konması risk taşır.

Uygulamanın Kontrolü: Klas müesseseleri kuralları koymanın ve dizaynı tasdik etmenin yanı sıra geminin plana uygun inşa edildiğini, uygun malzemelerin kullanıldığını ve geminin kullanım sırasında gerekli bakım tutumunun yapıp yapılmadığını kontrol ederler. Bu işi sörveyörleri aracılığı ile yürütür ve inşa sırasında ve daha sonraları belirli aralıklarla yapar. Belirli aralıklarla uygulanan sörveyler şunlardır:

- Yıllık Sörveyler: Her yıl yapılır ve havuzlama gerektirmez. Su geçirmez perdeler, fribord işaretleri, yangından korunma düzenekleri ve yardımcı dümen teçhizatı gözden geçirilir.
- Özel Sörveyler: Her beş yılda bir uygulanır. Çok ayrıntılı sörveyler olup gemi yaşına göre dört değişik kategoride uygulanır. 5 Yaş, 10 Yaş, 15 Yaş, >20 Yaş kategorileri. Bu sörveyler havuzlama gerektirir ve yaş arttıkça daha fazla malzemenin sökülerek testi ve değiştirilmesi gerekir.
- Ara Sörveyler: Gemi yapılışından veya özel sörveyden sonraki üçüncü sörveyler ara sörvey adını alır. Bu sörveylerde yıllık sörveye ilaveten ambarlar gözden geçirilir ve tanker, kimyasal tanker, LNG, LPG gibi gemilerdeki sistemler de gözden geçirilir. Bu sörveylerde havuzlama gerekmez.
- Havuzlama Sörveyleri: İki buçuk yılı geçmeyen aralıklarla gemiler havuzlanarak sörveye alınırlar. Bu sörveylerde en çok dış kaplamada meydana gelebilecek korozyon izlerine ve deformasyonlara bakılır. Dümen ve kış taraftaki postalar ile korozyona maruz kalması ihtimali olan yerlerdeki elemanlara özel itina gösterilir. Bazı klas müesseseleri iki havuzlama sörveyinden birinin havuzlama olmadan denizde yapılmasına müsaade edebilirler ancak bunun için gemideki boyaların dayanıklılığı yüksek boyalardan olması gereklidir.

Gemilerin Klaslanması: Projesi onaylanmış geminin inşaatı da uygun şekilde tamamlandığı saptandıktan sonra klas müesseseleri gemiye bir klas verir. Bu klasların geçerlilik süresi bir sonraki sörveye kadar olup ancak sörveyleri başarı ile tamamlayan gemilerin klası devam ettirilir.

8.2 IACS - International Association of Classification Societies

Yıllar içinde bir çok klas kuruluşunun kurulması ve her birinin farklı kurallar oluşturması sonucu, gemi inşaatında karmaşalar doğurmaya başlamıştır. Bu karmaşaları gören Klas kuruluşları önceleri birlikte çalışmalar yaparak ortak kurallar oluşturmaya başlasalar da, genel olarak tam bir standardizasyon sağlanması mümkün olmamıştır. Bu nedenle büyük klas kuruluşları kendi aralarında anlaşarak 1968 senesinde; "International Association of Classification Societies" (Uluslararası Klas Kuruluşları Birliği) IACS'ı kurmuşlardır.

IACS'ın kuruluşu ile beraber; bu birlikte, gemi inşaatı ve gemi işletmesi ile ilgili alınan tüm kararlar, birlik üyelerinin tamamı için bağlayıcı olmuştur. Günümüzde de gemi inşaatında klas kuruluşları IACS kurallarını geçerli saymakta ve gemi inşaatı sırasında bu kurallara uygun malzemelerin kullanılması ve imalatın bu kurallara uygun olarak yapılmasını şart koşturmaktadırlar.

IACS'a üye klas kuruluşları:

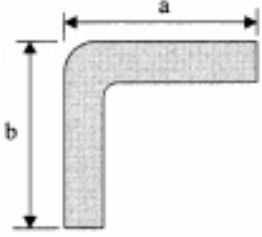
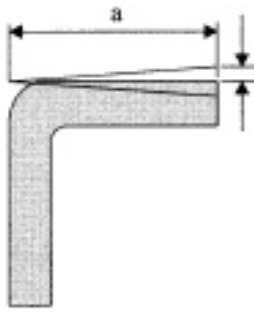
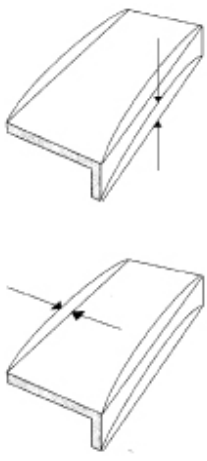
- ABS - American Bureau of Shipping
- BV - Bureau Veritas
- CCS - China Classification Society
- DNV - Det Norske Veritas
- GL - Germanischer Lloyd
- KR - Korean Register of Shipping
- LR - Lloyd's Register
- NK - Nippon Kaiji Kyokai
- RINA - Registro Italiano Navale
- RS - Russian Maritime Register of Shipping

8.2.1 Gemi İnşaatında Toleranslar – IACS Kuralları

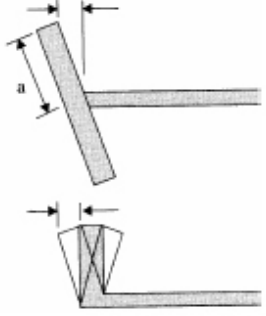
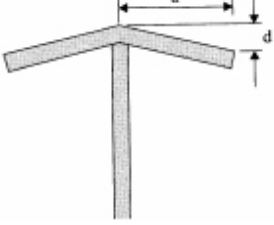

IACS'ın gemiler hakkında oldukça fazla kuralları olmakla beraber, yayınladığı kurallardan en önemli arasında yeni gemi inşaatında kaynak kuralları ve distorsiyon toleransları sayılabilir. Yeni gemi inşaatlarında kaynak nedeniyle veya farklı bir sebepten dolayı distorsiyona uğramış kısımlar, bu kurallara göre kontrol edilerek toleransların dışındaki durumların düzeltilmesi istenir ancak düzeltilemiyorsa, o kısmın yeniden imalatı istenmektedir. Bu kuralların dışında kalan imalatlar Klas kuruluşları tarafından onaylanmamaktadır.

Aşağıda IACS'ın yayınlamış olduğu Yeni Gemi İnşaatında Distorsiyon Kuralları'ndan bazı örnekler verilmiştir:

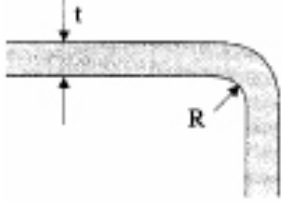
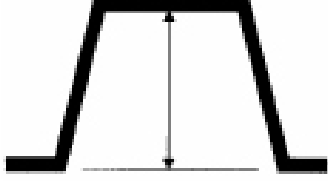
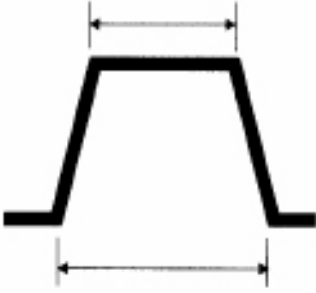
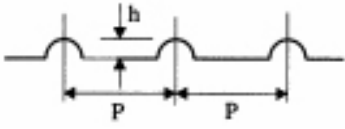
Çizelge 8.1 Flenç Bükülmüş Elemanlarda Toleranslar

DETAY	STANDART	SINIR DEĞER	NOT
<p>Flenç boyutları</p>  <p>Ana boyuta kıyasla</p>	$\pm 3 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$	
<p>Posta ve flenci ile arasındaki açı</p> 	$\pm 3 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$	Her 100mm a için
<p>Postaların düzlemsel doğruluğu</p> 	$\pm 10 \text{ mm}$	$\pm 25 \text{ mm}$	Her 10m için

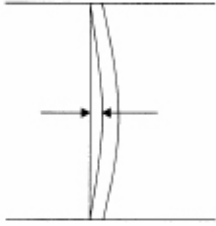
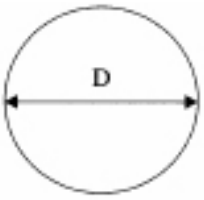
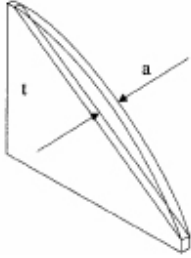
Çizelge 8.2 Kaynaklı imal edilen elemanlarda toleranslar

DETAY	STANDART	SINIR DEĞER	NOT
<p>Postalar ve tulaniler</p> 	$\pm 1.5 \text{ mm}$	$\pm 3 \text{ mm}$	Her 100mm a için
<p>Alın lamasının distorsiyonu</p> 	$d \leq 3 + a/100 \text{ mm}$	$d \leq 5 + a/100 \text{ mm}$	
<p>Döşeklerin ve postların enine ve boyuna distorsiyonu</p> 	$\pm 10 \text{ mm}$	$\pm 25 \text{ mm}$	Her 10m uzunluk için

Çizelge 8.3 Dikmeler, braketler ve stifnerlerdeki toleranslar

DETAY	STANDART	SINIR DEĞER	NOT
Soğuk bükme 	$R \geq 3t$ mm	2t	Malzeme soğuk şekil vermeye uygun olmalıdır
Oluk derinliği 	± 3 mm	± 6 mm	
Oluk genişliği 	± 3 mm	± 6 mm	
Oluk uzaklığı ve derinliğinin belirlenmesi 	$h : \pm 2.5$ mm diğer bir perdeyi karşılıyorsa $P : \pm 6$ mm karşılamıyorsa $P : \pm 2$ mm	$h : \pm 5$ mm diğer bir perdeyi karşılıyorsa $P : \pm 9$ mm karşılamıyorsa $P : \pm 3$ mm	

Çizelge 8.4 Dikmeler, braketler ve stifnerlerdeki toleranslar

DETAY	STANDART	SINIR DEĞER	NOT
<p>Güverteler arası dikmeler</p> 	4 mm	6 mm	
<p>Silindirik yapıların çapları(dikmeler, direkler, vb.)</p> 	$\pm D/200$ mm Max. + 5 mm	$\pm D/150$ mm Max. 7.5 mm	
<p>Braket ve küçük stifnerlerin serbest kenarlarındaki distorsiyon miktarı</p> 	$A \leq t/2$ mm	t	


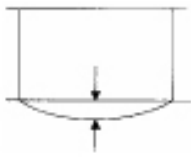

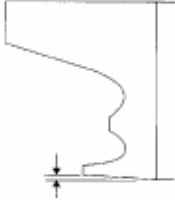

Çizelge 8.5 İmalatı tamamlanmış bloklardaki distorsiyon toleransları

MONTAJ	STANDART	SINIR DEĞER	NOT
Düz panel montajı			
En – boy	± 4mm	± 6mm	
Distorsiyon	± 10mm	± 20mm	
Köşegen ölçüleri	± 5mm	± 10mm	
Eleman yükseklik farkları	5mm	10mm	
Eğimli panel montajı			
En – boy	± 4mm	± 8mm	
Distorsiyon	± 10mm	± 20mm	
Köşegen ölçüleri	± 10mm	± 15mm	
Eleman yükseklik farkları	5mm	10mm	
Düz blok montajı			
En – boy	± 4mm	± 6mm	
Distorsiyon	± 10mm	± 20mm	
Köşegen ölçüleri	± 5mm	± 10mm	
Eleman yükseklik farkları	5mm	10mm	
Burulma	± 10mm	± 20mm	
Üst ve alt panel mesafesi	± 5mm	± 10mm	
Eğimli blok montajı			
En – boy	± 4mm	± 8mm	
Distorsiyon	± 10mm	± 20mm	
Köşegen ölçüleri	± 10mm	± 15mm	
Eleman yükseklik farkları	± 5mm	± 10mm	
Burulma	± 15mm	± 25mm	
Üst ve alt panel mesafesi	± 7mm	± 15mm	

Çizelge 8.6 Ön imalatı tamamlanmış kısımlardaki distorsiyon toleransları

KISIM	STANDART	SINIR DEĞER	NOT
Kıç pik perdesiyle bosa sacının kıç ucuna mesafesi	$\pm 5\text{mm}$	$\pm 10\text{mm}$	
Kıç yapındaki burulma	5mm	10mm	
Dümen merkezinin şaft merkezinden farkı	4mm	8mm	
Dümen sacında burulma	6mm	10mm	
Ana makine yatak sacının düzlüğü	5mm	10mm	
Ana makine yatak sacının genişliği ve uzunluğu	$\pm 4\text{mm}$	$\pm 6\text{mm}$	

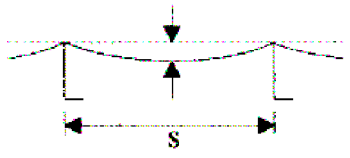
Çizelge 8.7 Şekilsel ölçüler

DETAY	STANDART	SINIR DEĞER	NOT
<p>Tam boydaki distorsiyon</p> 	$\pm 50\text{mm}$		Omurga hattına göre her 100m de
<p>İki komşu perde arasındaki uzaklık</p> 	$\pm 15\text{mm}$		
<p>Baş kısmın kızıktan kalkması</p> 	$\pm 30\text{mm}$		
<p>Kıç kısmının kızıktan kalkması</p> 	$\pm 20\text{mm}$		
<p>Paralel gövdenin kalkması</p> 	$\pm 15\text{mm}$		

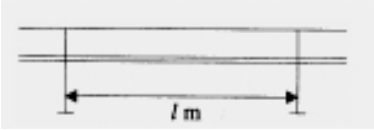

Çizelge 8.8 Ana boyut toleransı

KISIM	STANDART	SINIR DEĞER	NOT
Kaimeler arası boy	$\pm 50\text{mm}$		100m ve üzeri gemiler için
Ana makine ile bosanın mesafesi	$\pm 25\text{mm}$		
Orta kesitteki kalıp genişliği	$\pm 15\text{mm}$		15m den geniş gemilere uygulanır
Orta kesitteki kalıp derinliği	$\pm 10\text{mm}$		Derinliği 10 m den Fazla gemilere uygulanır

Çizelge 8.9 İki posta arasındaki sacın düzgünlüğü

KISIM		STANDART	SINIR DEĞER	NOT
Dış Kaplama	Paralel gövde	4mm	8mm	
	Baş ve kıç bölümler	5mm		
İç Dip Sacı	4mm			
Perdeler	Boyuna perde	6mm	8mm	
	Enine perde			
Ana Güverte	Paralel bölüm	4mm	8mm	
	Baş ve kıç bölümler	6mm	9mm	
Baş Kasara Kıç Kasara Güvertesi	Açık alan	4mm	8mm	
	Kapalı alan	6mm	9mm	
Üst Bina Güvertesi	Açık alan	4mm	6mm	
	Kapalı alan	7mm	9mm	
Üst Bina Perdeleri	Dış duvar	4mm	6mm	
	İç duvar	6mm	8mm	
İç Elemanlar		5mm	7mm	
Postalar ve Döşekler		5mm	7mm	

Çizelge 8.10 Destekleyici elemanlar arası sac deformasyon toleransları

KISIM		STANDART	SINIR DEĞER	NOT
Dış kaplama	Paralel Gövde	$\pm 2\text{mm } l / 1000\text{mm}$	$\pm 3\text{mm } l / 1000\text{mm}$	$l = \text{derin}$ posta aralığı
	Baş ve kık Bölmeler	$\pm 3\text{mm } l / 1000\text{mm}$	$\pm 4\text{mm } l / 1000\text{mm}$	
Ana güverte	-	$\pm 3\text{mm } l / 1000\text{mm}$	$\pm 4\text{mm } l / 1000\text{mm}$	
Perdeler	-	$\pm 4\text{mm } l / 1000\text{mm}$	$\pm 5\text{mm } l / 1000\text{mm}$	
Diğer	-	$\pm 5\text{mm } l / 1000\text{mm}$	$\pm 6\text{mm } l / 1000\text{mm}$	
 <p>$l = \text{derin posta aralığı}$</p>  <p>İki posta arası ölçülecektir</p>				

9. YENİ İNŞA GEMİLERDE KAYNAK MUAYENE PLANLARININ ÇIKARILMASI

9.1 Gemi İnşada Kullanılan Muayene Yöntemleri

Ekonomik nedenlerden dolayı gemi inşaatında kaynak testlerinin büyük çoğunluğu bu konuda eğitimli personeller tarafından gözle muayene edilmektedir. Önemli noktalardaki kaynaklar tespit edilerek, buralarda uygun diğer muayene yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak her şeyden önce kaynak sarf malzemelerinin uygunluğu ve sertifikalandırılması gerekmektedir. Bunun yanında kaynakçılar da belirli periyotlarla kaynakçı testlerine tabi tutularak sertifikalandırılır.

Çeşitli nedenlerle kaynaklarda hata yapılmış olabilir. Hatalı kaynak yapılmasına neden olabilecek çeşitli nedenler vardır:

- Kötü dizayn nedeni ile oluşan hatalar
- Malzeme seçiminden kaynaklanan hatalar
- Yanlış kaynak prosedürlerinden doğan hatalar
- Kötü işçilikten doğan hatalar

Yapılan hataları belirleyebilmek ve düzeltmek için bazı testler uygulanır. Bu testlerin tamamı tahribatsız muayenelerdir ve gemi inşaatında en yaygın olanları şunlardır:

- Göz ile muayene
- Penetrant boya ile muayene
- Manyetik parçacık muayenesi
- Radyografik muayene
- Ultrasonik muayene

Sayılan beş metot arasında penetrant boya ile kontrol ve manyetik parçacık muayeneleri daha az kullanılmaktadırlar. Bu testler özellikle yüzey çatlakları oluşma ihtimali olan veya makine ayakları gibi kritik parçalarda kullanılırlar.

Bu metotlar arasından gözle, penetrant boya ile ve manyetik parçacıklar ile muayene yöntemleri yüzey hatalarının tespitinde, radyografik ve ultrasonik muayene yöntemleri ise iç hataların tespitinde kullanılmaktadırlar.

9.1.1 Göz ile Muayene

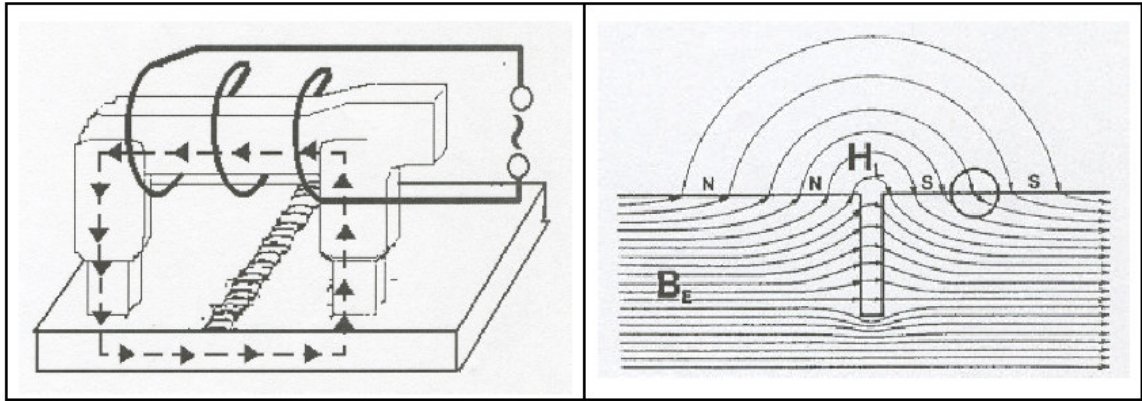
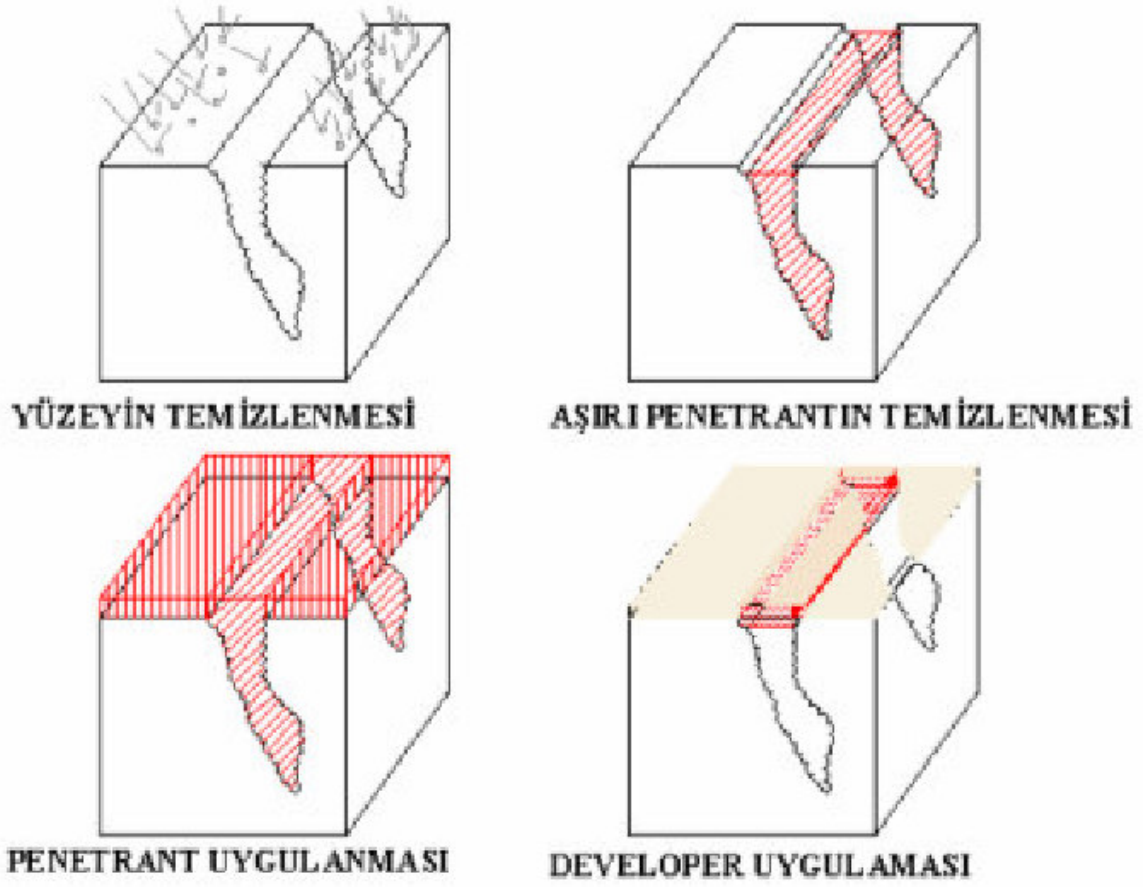
Göz ile muayene, yüzeysel kusurların değerlendirilmesinde en çok kullanılan ve etkin bir yöntemdir. Tekrarlanabilme kabiliyetinin 0,5 mm. mertebesinde olduğu kabul edilir. Daha çok kaynak eksikleri, dikişlerdeki düzensizlikler veya büyük hataların tespiti yapılabilir. Kaynak yüzeyindeki çatlakların genişliği çoğu kez gözün seçebilme sınırının altında olur. Bu nedenle, çıplak gözle muayene, yüzey çatlaklarının saptanması bakımından fazla güvenilir bir yöntem olamaz.

Göz ile muayene hem uygulama kolaylığı hem de düşük maliyetli olması açısından gemi inşaatında en çok kullanılan muayene yöntemidir. Pratikte gemi inşaatında kaynaklı birleştirmelerin tamamlandığı bölgeler, önce tersane yetkilisi daha sonra klas sörveyörü tarafından gözle kontrol edilirler. Bu sayede tekne blokları içindeki eksik kaynaklar yada kötü işçilikle yapılmış hemen hemen tüm kaynaklar göz ile muayenede bulunabilir. Gemi inşaatında yapılan tüm kaynaklar diğer muayene yöntemlerinden önce ilk olarak göz ile muayene edilmektedir.

9.1.2 Manyetik Parçacık ve Penetrant Boya ile Muayene

Gözle görülemeyecek boyuttaki çatlakların görünebilmesini sağlar. Bu yöntemlerden biriyle birlikte göz muayenesi, yüzey kusurlarının saptanması hususunda yeterince güvenilir olarak kabul edilmiştir. Yüzey çatlaklarının yüksekliği, özel olarak eğitilmiş muayenecileri gerektiren özel tahribatsız muayenelerle saptanabilir.

Bu muayene yöntemleri gemi inşaatında sadece istenen özel yerlerde kullanılmaktadırlar. Bu nedenle gemi inşaatında en az kullanılan yöntemlerdir. Ancak yüzey çatlağı oluşumu kesiklikle istenmeyen ve kritik bölgelerde bu yöntemlere başvurulur. Örneğin ana makine ayakları, şaft bosaları gibi statik ve dinamik yüklerin büyük olduğu bölgelerde ve babalar, mapalar, çekme kancaları gibi değişken yükler taşıyan parçalarda bu yöntemler sıklıkla kullanılır.

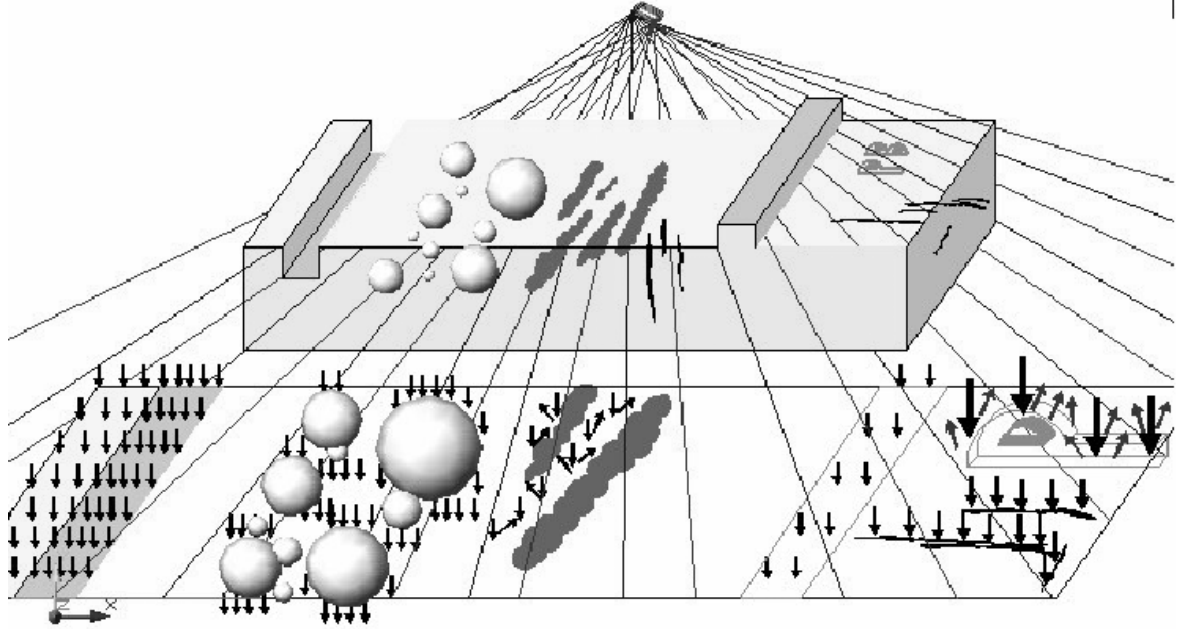


Şekil 9.1 Manyetik parçacık ve penetrant boya ile muayene yöntemleri

9.1.3 Radyografik ve Ultrasonik Muayene

Nadir istisnalar dışında, ergimiş metal içinde kusurların saptanıp değerlendirilmesi için kullanılan yöntemlerdir.

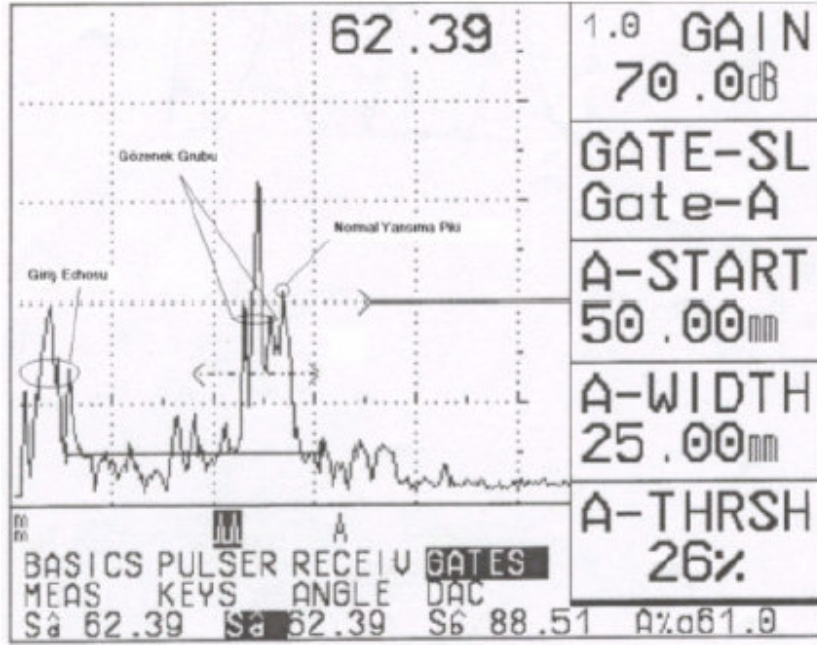
Radyografi, nüfuziyet noksanı, cüruf girmeleri ve hava boşlukları gibi üç boyutlu süreksizliklere en duyarlı yöntem olmaktadır. Çatlaklar ya da ergime eksikliği gibi başka süreksizlikler, özellikle huzmeye göre birkaç derece yönelmiş veya eğri olanlar daha az güvenilirlikle saptanır. Filmde kolaylıkla görülebilmesi için, huzmeye paralel süreksizliğin kalınlığı kaynak kalınlığının yaklaşık %2'si kadar olmalıdır. Kaynak kalınlığı arttıkça, kaynak içinde ışınların dağılması nedeniyle, süreksizliğin görüntü kalitesi azalır. Radyografiyle kusurun yüksekliğini saptamak genellikle zor, hatta olanak dışıdır.



Şekil 9.2 Radyografik muayene yönteminin şematik gösterimi

Ultrasonik muayene yöntemi daha çok köşe kaynaklarındaki iç hataların tespiti için kullanılmaktadır. Kullanıldığı yerler daha çok kritik yük taşıyan bölgelerdir. Örneğin makine ayakları, vinç ve ırgat ayakları, babalar gibi titreşimli ve değişken yükler taşıyan bölgelerde ultrasonik muayene yöntemi kullanılmaktadır.

Ultrasonik muayene, radyografinin aksine, iki boyutlu süreksizliklere çok, üç boyutlulara daha az duyarlıdır. Ultrasonik muayene, bir ses huzmesinin kusur tarafından yansıtılması veya kırılmasını araştırır; bu olmazsa hata saptanamaz. Düz kusurlar, muayene için kullanılan huzme yönüne göre yönlendirmeleri uygun değilse, yine saptanamayabilirler. Ultrasonik muayene yöntemleri, kusurun yüksekliğini değerlendirmeye imkan verebilirler, ancak bunun için kusurun belirlenebilmesi için uygun açılı prob kullanımı gereklidir.



Şekil 9.3 Ultrasonik muayene sonucu örneği

Gemi inşaatında kaynaklı bağlantı tipi ve malzeme kalınlığına bağlı olarak hangi tahribatsız muayene yönteminin kullanılacağı aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 9.1 Bağlantı tipi, kalınlık ve metot ilişkisi

Kaynaklı Bağlantı Tipi	Ana Malzeme Kalınlığı	Uygulanabilir Muayene Metodu
Tam nüfuziyetli alın kaynakları	kalınlık \leq 10 mm	Gözle Muayene Penetrant Testi Manyetik Parçacık Radyografik Muayene
	kalınlık $>$ 10 mm	Gözle Muayene Penetrant Testi Manyetik Parçacık Ultrasonik Muayene Radyografik Muayene
Tam nüfuziyetli Te bağlantıları, köşe kaynakları ve istavroz kaynaklar	kalınlık \leq 10 mm	Gözle Muayene Penetrant Testi Manyetik Parçacık
	kalınlık $>$ 10 mm	Gözle Muayene Penetrant Testi Manyetik Parçacık Ultrasonik Muayene
Tam nüfuziyetsiz Te bağlantıları, köşe kaynakları ve istavroz kaynaklar	tüm kalınlıklar	Gözle Muayene Penetrant Testi Manyetik Parçacık Ultrasonik Muayene

9.2 Kaynak Muayene Planlarının Oluşturulması

Gemilerin inşaatı süresince yapılacak tahribatsız muayeneler, her gemi için özel olarak önceden hazırlanan bir plan üzerinde belirtilmelidir. Bu planı, genellikle gemiyi kontrol eden Klas kuruluşu hazırlamaktadır. Gemi üzerindeki kritik noktaları belirlemek suretiyle her gemi için o gemiye özel olan bir tahribatsız muayene planı hazırlanır. Bu planın hazırlanmasındaki en önemli nokta, gemi üzerindeki kritik kaynakların belirlenmesidir.

Kritik kaynaklı birleştirmeler seçilirken öncelikle geminin birincil taşıyıcı elemanları, dış kaplama sacları, makine ayakları, vinç temelleri, su geçmez perdeler gibi bölgeler dikkate alınır.

Teknenin kabuğunu oluşturan dış kaplama, posta ve döşekler tarafından taşınan ve takviye edilen teknenin en önemli elemanıdır. Tamamıyla su geçirmez bir yüzey oluşturan kaplama su basıncı ile oluşan hidrostatik gerilmeleri ve seyir esnasında ortaya çıkabilecek eğme gerilmelerinin büyük bölümünü karşılar. Denizli havalarda oluşan gerilmeler boyuna basma ve çekme gerilmeleridir ki en fazla omurgada ve mukavemet güvertesinde meydana gelir. Kesme gerilmeleri ise genellikle borda kaplaması üzerinde yoğunlaşır.

Tekne; basma ve çökme esnasında aşağı ve yukarı eğilen bir kutu kiriş gibi düşünülebilir. Bu durumda boy/yükseklik oranındaki değişiklikler tekne kaplamasının kalınlığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Teknenin suyun altında kalan hacminin su basıncına maruz kalması, kaplamayı taşıyan postaların aralıkları gibi dış kaplamaya etki eden kuvvetler; ister gemi eğilmesinden ister su basıncından dolayı meydana gelsin farklı bölgelerde farklı değerlere ulaşır bu nedenle gemilerin dış kaplama saclarının tamamı tam nüfuziyetli olarak kaynak edilir.

Dış kaplama sacları geminin emniyetini direk olarak etkilediği için en kritik kısım olarak alınmakta ve genellikle tüm gemilerde en yoğun muayeneler dış kaplama saclarından alınır.

Dış kaplama saclarının yanında; geminin ana taşıyıcı elemanları, su geçmez perdeleri ve güverte sacları ve ana makine ayakları, diğer büyük makinelerin temelleri, vinç ve ırgatların temelleri ve babalar da tahribatsız muayeneye tabi tutulmalıdır.

Bütün gemilerde bu kısımlar bulunmaktadır ve tahribatsız muayeneye tabi tutulmalıdır. Bunun yanında yukarıda belirtilen alanların dışında olmasına rağmen tam nüfuziyet istenen diğer tüm kaynaklı bağlantılar da uygun tahribatsız muayene yöntemleri ile kontrol edilmelidir.

Ancak değişik tipteki gemilerin özel kısımları ve Klas kuruluşunun onaylanacak geminin yapısına göre bazı değişik bölgeler belirlemesi durumunda fazladan bazı muayeneler de yapılabilir.

Kaynak muayene planı hazırlanırken nerelerde hangi yöntemin kullanılacağı da net olarak belirtilmelidir. Bu nedenle tahribatsız muayene planları, yapıyı iyi tanıyan ve konu hakkında geniş tecrübesi olan deneyimli mühendisler tarafından hazırlanmalıdır.

Tipik bir kaynak muayene planında aşağıdaki bilgilerin bulunması gereklidir:

- Gemi hakkında temel bilgiler
- Tahribatsız muayeneye tabi tutulacak yerler
- Muayene yapılacak yerlerin kodları
- Kullanılacak muayene yöntemleri
- Yapılacak muayene miktarının toplam kaynak dikişine göre yüzdesi
- Muayenelerin alınacağı geminin Klas kod numarası
- Muayeneyi yaptıracak sörveyörün adı, soyadı, imzası
- Klas kuruluşu mührü
- Notlar, Düşünceler

10. İNŞAATI YAPILAN BİR GEMİNİN İNCELENMESİ

İnşaatı yapılan örnek bir geminin kaynak sıraları ve kaynak muayene planı çıkarılmıştır. Örnek alınan gemi 32,5 metre boyunda 65 ton çekme kapasitesine sahip bir römorkördür. Bu römorkörün konstrüksiyonu tamamen Grade-A çelikten imal edilmektedir. Geminin dizaynı BV (Bureau Veritas) tarafından onaylanmıştır. Konstrüksiyon imalatlarının tamamı da BV kontrol altında gerçekleştirilmektedir. Konstrüksiyon imalatında kullanılan tüm çelik malzeme (sac, profil ve boru) ve kaynak sarf malzemeleri (elektrod, tel, gaz ve toz) BV tarafından onaylanmıştır. Bunun yanında inşaata başlanmadan önce tüm kaynakçılar da yapılan kaynakçı testleri ile BV tarafından sertifikalandırılmıştır.

10.1 Römorkörün ana özellikleri

Örnek alınan römorkörün ana özellikleri aşağıdaki gibidir:

Tam boy	: 32.50 metre
Genişlik	: 11.70 metre
Maksimum Draft	: 4.30 metre
Maksimum Hızı	: 13.5 knot
Ana Makineler	: 2 adet CATERPILLAR 3516B-1920 kW
Yardımcı Makineler	: 3 adet Volvo Penta D7ATA-130 kW
Tahrik Sistemi	: Kıçta 2 adet ASD (Azimuth Stern Drive) sistem pervane Schottel SRP 1515 - Ø 2600 mm Başta STT170-350 kW - Ø 1090 mm
Çekme Ekipmanları	: Baş ırgat: 65 ton çekme 130 ton fren kapasiteli DMT 65-EW : Kıç ırgat: 45+130 ton çekme ve tutma kapasiteli DMT 130-AW : Çekme Kancası: 65 ton çekme kapasiteli DATA

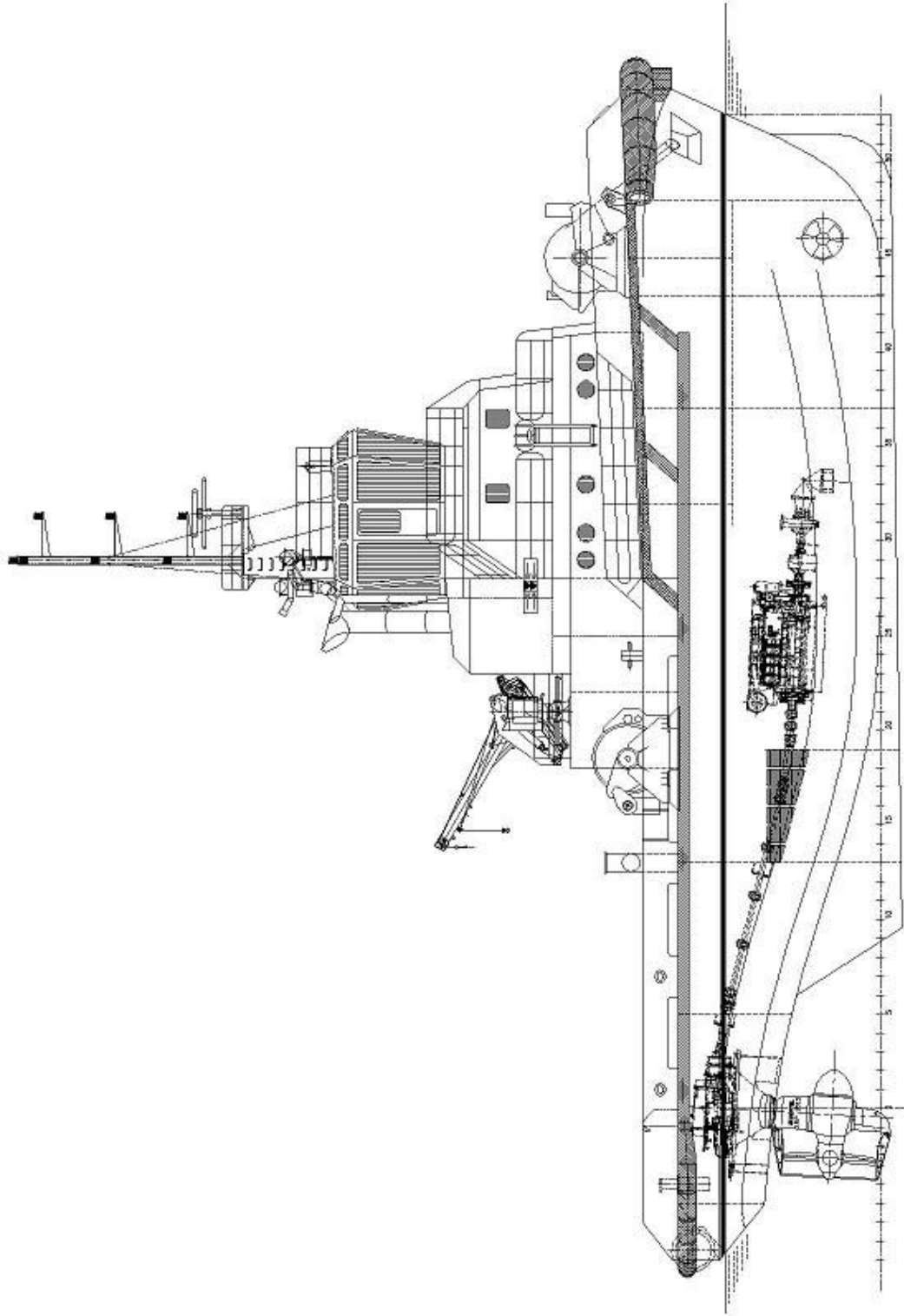
10.2 Römorkörün kısaca tanıtımı:

İspanyol Cintrana-Defcar firması tarafından dizayn edilmiştir. ASD sistem pervaneleri ve baş pervanesi sayesinde oldukça yüksek bir manevra kabiliyetine sahip olan römorkörün, tekne formu denizde çekme ve itme işlemlerini başarıyla yapabilmesi için özel olarak yüksek stabiliteye sahip olacak şekilde dizayn edilmiştir. Kıçtaki 2 adet pervane aynı zamanda kendi eksenleri etrafında dönerek dümen vazifesine görmektedir. Bu sisteme ASD (Azimuth Stern Drive) denmektedir. Bu 2 adet pervane makine dairesindeki 2 adet 1920 kW'lık CATERPILLAR ana makine tarafından tahrik edilmektedir. Römorkörün kabiliyetleri arasında denizde eskortluk yapma, çekme, itme, yangın söndürme, batık çıkarma ve deniz temizleme görevleri sayılabilir. Tüm bu işler için gerekli donanım gemide bulunmaktadır.

Römorkör imalatı sırasında tamamen SOLAS ve IMO kurallarına uyulmuş ve imalatın tüm aşamaları BV sürveyleri tarafından kontrol edilmektedir.

Geminin ASD sistem pervanelere sahip olması, boyunun 32 metre ve çekme kapasitesinin 65 Ton olması nedeniyle, kısaca ASD 32-65 Römorkör olarak anılmaktadır.

ASD 32-65 römorkörünün bordadan görünümü Şekil 10.1'deki gibidir. Geminin genel plan resmi Ek1'de bulunmaktadır.



Şekil 10.1 ASD 32-65 römorkörünün bordadan şematik görünümü

10.3 ASD 32-65 Römorkörü İmalat Aşamaları

Bu römorkörün inşaatında; kullanılan imalat sistemine bağlı olarak, imalat aşamaları ve konstrüksiyonun onaylanması süreci şu şekilde özetlenebilir:

- Geminin dizaynı sırasında, tersanenin şartları ve kullanılacak imalat yöntemine göre gemi konstrüksiyonu, görev ve büyüklüklerine göre bloklara ayrılır ve bu şekilde imal edilmeye yönelik dizayn yapılır.
- Oluşturulan konstrüksiyon dizaynından sonra, gemi elemanlarını oluşturan parçaların kesilmesi için CNC kodları hazırlanır.
- Klas onaylı saclar ve CNC kesim kodları kesimhaneye gönderilir ve CNC tezgahlarda parçalar kesilerek, imalat sahasına gönderilir.
- İmalat sahasına gönderilen kesilmiş saclardan parçalar ayıklanarak, bloklardaki görevlerine göre ayrılırlar.
- Blok imalatı için ilk olarak güverte, dış kaplama panelleri ve perdeler oluşturulur. Bu panellerin oluşturulmasında, yöntemin hızı ve kalitesi açısından tamamen tozaltı kaynak yöntemi tercih edilir.
- Paneller ve perdeler oluşturulurken, bir taraftan da ön imalat parçaları hazırlanır. Ön imalat parçaları olarak gemide adi posta olarak görev yapan profiller kesilir, derin postalar ve tulaniler için ise alın lamalı yapılar veya flenç bükülmüş lamalar imal edilir. Bunun yanında döşek ve su geçmez perdelerle stifnerler kaynak edilir. Bu imalatlar sırasında genel olarak hızlı ve kolay yapılabilmesi açısından MIG-MAG kaynak yöntemleri tercih edilir.
- Hazırlanan güverte paneli üzerine, postalar ve tulaniler dizilir ve panellerle postalar arasındaki kaynaklar yapılır. Bu aşamada da MIG-MAG kaynak yöntemleri tercih edilmektedir.
- Postaların ve tulanilerin dizilip, kaynak edilmesinden sonra oluşan yapıda genel boyut kontrolü yapılarak, tolerans değerleri dışında kalan distorsiyonlar düzeltilir.
- Distorsiyonların düzeltilmesinden sonra derin posta ve tulanilerin aralarındaki dik kaynaklar tamamlanır. Bu sırada blokta distorsiyonların oluşmaması için blok kenarlarının jige bağlanması veya ağırlıklar yardımıyla distorsiyon oluşumu azaltılır. Bu aşamada hızlı ve kolay yapılabilmesi açısından MIG-MAG kaynak yöntemleri tercih edilir.

- Tüm kaynaklar tamamlandıktan sonra tekrar boyut kontrolü yapılarak, blokta istenmeyen distorsiyonların oluşumu kontrol edilir ve gerekli durumda düzeltmeler yapılabilir.
- Blok boyutları istenen şekilde ise önceden hazırlanmış dış kaplama paneli blok üzerine kapatılır ve panelin postalara sarımı punta kaynağı yapılarak tamamlanır. Bu aşamada blok ters olarak kurulduğu için tavan köşe pozisyonundaki dış kaplama kaynakları yapılmaz. Punta kaynağında taşınma kolaylığı sebebiyle genel olarak örtülü elektrodla kaynak yöntemi seçilir.
- İmal edilen blok, eğer kızaktaki yerleştirmede yatayda duran bir blok ise (örneğin double bottom ve güverte blokları) kızığa alınana kadar bu şekilde kalır, ancak blok kızaktaki yerleşiminde dik duran bir blok ise (örneğin yan duvar bloğu), bu aşamalardan sonra ters çevrilerek dış kaplama kaynaklarının da düz köşe pozisyona gelerek tamamlanması sağlanır.
- Bu aşamalarda, blok sonlarında bulunan postalar, kızakta birleşme sırasında oluşması istenmeyen distorsiyonların kontrol altında tutulabilmesi için kaynak edilmezler. Boyuna giden elemanların ise blok ekleri tarafında kalan kısımlarının en az 300 mm. kadarı kaynak edilmeden bırakılır.
- Kaynakları tamamlanmış olan bloklar, kızaktaki yerlerine alınır ve blok eki kaynakları bu aşamada başlar.
- Blok ekleme aşamasında kaynak sıralarına uyulması oldukça önemlidir. Yanlış kaynak sırası uygulanması durumunda bloklarda ve geminin formunda çarpılmalar meydana gelebilir.
- Blok ekleme aşamasının açık havada yapılması nedeniyle bu aşamada genellikle örtülü elektrodla kaynak yöntemi kullanılır. Yalnızca kapalı kısımlarda MIG-MAG yöntemleri kullanılması uygundur.
- Dış kaplama blok eki kaynakları yapılırken öncelikle blok iç kısımlarından ince bir kök paso geçilir. Daha sonra dış taraftan hızlı bir yöntem olması nedeniyle tercih edilen karbon elektrodla, kaynak ağzı açılarak bu bölgedeki kaynak dikişinin tam nüfuziyetli olması sağlanır.
- Açılan kaynak ağızları iyice taşlandıktan ve temizlendikten sonra dış kaplamanın dış kısımlarının kaynakları yapılabilir. Bu aşamada göreceli olarak yavaş olan fakat açık havada yapılan kaynaklarda, hataların en aza inmesini sağlayan örtülü elektrodla kaynak uygulaması tercih edilir.

- Blokların tüm kaynakları tamamlandıktan sonra konstrüksiyon üzerinde genel bir distorsiyon kontrolü yapılır ve hatalı yerler belirlenerek bu kısımlarda düzeltme işlemi yapılır. Kaynaklı bölgeler üzerinde sıkışmış olan gerilmeleri azaltmak için ise genel bir gerilme giderme tavlaması da yapılabilir.
- Tüm bu işlemlerden sonra konstrüksiyonda kalan son hataların da belirlenmesi ve düzeltilmesi için son kontroller yapılır. Eksik kalmış olan elemanlar, kaynaklar, kaynak hataları gibi durumlar düzeltilir. Bu aşamadaki kaynak kontrollerinde hızlı ve ucuz olması nedeniyle tamamen gözle muayene yöntemi kullanılmaktadır.
- Tüm kontroller yapıldıktan sonra, Klas tarafından önceden onaylanmış olan “Kaynak Muayene Planı” üzerinden, tahribatsız muayene edilmesi istenen kaynaklı birleştirmelerin, belirtilen muayene yöntemleri ile kontrolleri tamamlanır.
- Muayeneler sonucunda hatalı çıkan kısımlar olması durumunda, bu kısımların muayene alanı genişletilerek hatanın devam edip etmediği araştırılır. Hatanın gerçek boyutu belirlendikten sonra gerekli yerlerdeki kaynak tamirleri yapılır ve tekrar son bir muayeneye tabi tutulur.
- Tüm bu kontroller ve muayenelerden sonra gerekli rapor ve tutanaklar hazırlanır. Klas sörveyörü işletmeye davet edilerek, gemi üzerinde kontroller yapılır ve hazırlanan raporlar Klas kuruluşuna teslim edilerek, geminin çelik konstrüksiyon kısmı onaylanır.

10.4 ASD 32-65 Römorkörü Blokları ve Blok Planı

Daha öncede bahsedildiği gibi seçilmiş olan geminin imalatı, dizayn sırasında önceden belirlenen blokların birbirlerinden ayrı imal edilerek, bu blokların kızakta birleştirilmesi ile tamamlanmaktadır.

Örnek olarak aldığımız ASD 32-65 Römorkörünün blokları ve görevleri şu şekildedir:

Tekne Blokları

Blok 1 - Kıç Blok:

Geminin kıç bloğundaki en önemli nokta, taşıdığı her biri 27 ton ağırlığındaki 2 adet pervane sistemidir. Bu bloğun en uç noktasında iskele ve sancak olmak üzere 2 adet dengeleme tankı bulunmaktadır. Dengeleme tankları geminin değişik yükleme koşullarında değişen stabilite koşullarını dengelemeye yarar. Bu tankların baş tarafındaki su geçmez perde ise aynı zamanda geminin çatışma perdesidir.

Çatışma perdeleri; dış kaplama saclarının denizde alacağı bir yaralanma sonucu geminin su almasını önleyerek geminin güvenliğini artırırlar. Belirtilen bu nedenlerle bu blokta kaynak hatası olması kesinlikle istenmeyen bölümler; pervane bağlantı kısımları, kıç çatışma perdesi olarak düşünülebilir.

Blok 2 – Kıç Blok 2:

Bu blok, makine dairesi ile kıç blok arasında bulunmaktadır. Bu nedenle ana makineden pervanelere güç ileten şaft sistemi bu blok içerisinde yer almaktadır. Şaft sistemi ile blok arasında şaft yataklarını taşıyan yatak temelleri bulunmaktadır. Bu blok içerisinde çok fazla ekipman bulunmamasına rağmen kıç bloğunun ana yapıyla olan bağlantısını sağlayarak, kıç bloğun tüm ağırlığı bu blok tarafından taşınmaktadır ve çekme yapılırken kullanılan çekme kancasının bağlı olduğu güverte babasının alt takviyeleri de bu bloğun baş perdesinde bulunmaktadır. Çekme esnasında 65 Ton gibi bir yükün bu perdeyi eğmeye zorladığı düşünülürse, bu perdenin; konstrüksiyonun oldukça önemli bir parçası olduğunu anlaşılabilir. Bu nedenle bu blokta kaynak hatası olması kesinlikle istenmeyen bölümler; şaft yatak temelleri, blok eki kaynakları ve blok baş perdesi olarak düşünülebilir.

Blok 3 – Makine Dairesi:

Makine dairesi bloğu bu geminin ana bloğudur ve geminin neredeyse tüm sistemleri bu bloğun iç kısmı olan makine dairesi içinde yer almaktadır. Bu blok içerisinde geminin merkezi güç ünitesi olan ana makineler bulunmaktadır ve blok ile ana makineler arasındaki bağlantı ana makine temelleri ile sağlanmaktadır. Bu temeller ana makinelerin statik olan ağırlıklarının yanında, çalışmalarını esnasındaki titreşimleri gibi sürekli dinamik yüklerin olduğu zorlamalara maruz kalmaktadır. Aynı zamanda blok içerisindeki ekipmanın güvenliğinin artırılması amacıyla bu blok çepeçevre çift cidarlı olarak dizayn edilmiştir. Bu çift cidar sisteminde iç cidar panelleri ve dış kaplama arası tamamen tanklardan oluşmaktadır. Bu nedenle bu blokta bulunan tüm iç cidar sacları da dış kaplama sacları gibi su geçirmez olmalıdır. Bu nedenle bu blokta kaynak hatası olması kesinlikle istenmeyen bölümler; ana makine temelleri ve iç cidar sacları olarak düşünülebilir.

Blok 4 – Baş Blok 2:

Bu blok makine dairesi ile baş bloğun arasında bulunmaktadır. Bu blok içerisinde bir ara güverte bulunmaktadır. Bu ara güvertenin alt kısmında makine dairesinin bir kısmı ve geminin en büyük yakıt tankları bulunmaktadır. Ara güvertenin üst kısmında ise makine dairesi içindeki tüm ekipmanların kontrolünün yapıldığı ve geminin ana elektrik panosunun bulunduğu bir kontrol odası bulunmaktadır. Bu bloğun makine dairesinde kalan kısımları çift cidar olarak dizayn edilmiş ve bu alanlar geminin günlük kullandığı yakıtın depolanabileceği tanklar olarak düşünülmüştür. Baş tarafta ise gemide çalışan personel için 2 adet yatak odası bulunmaktadır. Bu blokta kaynak hatası olması kesinlikle istenmeyen bölümler, iç cidar sacları olarak düşünülebilir.

Blok 5 – Baş Blok 1:

Baş blok iki kısımdan oluşmaktadır. Bloğun orta kısmında bir su geçmez perde bulunmaktadır ve bu perdenin kıç tarafında zincirlikler ve baş pervanesinin bulunduğu bir oda bulunmaktadır. Baş tarafta ise bir adet dengeleme tankı vardır. Bu bloğun ortasından geçen su geçmez perde aynı zamanda geminin çatışma perdesi olarak düşünülmektedir. Bu nedenle perde konstrüksiyonu önem kazanmaktadır. Bu blok içerisinde önemli olan bir başka nokta ise baş pervanesinin bloğa bağlantısını sağlayan pervane tünelidir. Pervane tüneli tamamen su altında kalan ve pervanesinin

oluşturduğu yüksek titreşimleri taşıyan bir yapıdır. Bu blokta kaynak hatası olması kesinlikle istenmeyen bölümler, baş çatışma perdesi ve baş pervane tüneli olarak düşünülebilir.

Blok 6 – Salma:

Salma bloğunun en önemli görevi; genellikle sığ sularda ve limanlarda çalışacak olan bu geminin pervanesinin deniz dibine vurmasını ve pervaneye zarar gelmesini önlemesidir. Bunun yanında geminin stabilitesine de katkıda bulunmaktadır. Bu kısım içi boş olarak imal edilmekte ve geminin alt kısmına tek taraflı olarak kaynak edilerek bağlanmaktadır. Geminin bir şekilde deniz dibine vurması sonucunda yapısını koruması gerektiği için bu kısmın kaynakları yapılırken özen gösterilmelidir.

Ana Güverte Üzeri Bloklar

Blok 7 – Parampet:

Parampet geminin ana güvertesini tamamen çevreleyerek, güvertede çalışan personelin güvenliğini arttırmaktadır. Tekne kısımlarından daha ince saclardan imal edilen bu bloktaki kaynaklar yapılırken aşırı ve gereksiz kaynak yığılmalarına dikkat edilmelidir.

Blok 8 – Üst Bina 1. Kat:

Bu blok içerisinde mutfak, kiler, salon, tuvalet ve kamaralar bulunmaktadır. Tekne kısımlarından daha ince ve birçok perdeden oluşan bu bölümde distorsiyondan kaçınmak için öncelikle atlamalı kaynak yöntemi uygulanması ve kaynak dikişlerinde aşırı kaynak yığılmalarından kaçınmak gerekir. Bu bloğun önemli kısmı olarak, üst güvertenin kıç tarafında bulunan SOLAS vinci ve güverte vinci olarak düşünülebilir. Bu kısımların kaynak edilmesinde, hatalardan kaçınılmalıdır.

Blok 9 – Üst Bina 2. Kat:

Bu blok içerisinde gemi personeli için 2 adet kamara bulunmaktadır. Aynı zamanda katlar arası geçişleri sağlayan iç merdivenlerin boşlukları da bu blokta bulunmaktadır. Bu blokta kaynak yapılırken distorsiyondan kaçınmak için öncelikle atlamalı kaynak yöntemi uygulanması ve

kaynak dikişlerinde aşırı kaynak yığılmalarından kaçınmak gerekir. Merdiven boşlukları etrafında kaynak yapılırken ise boşluk etrafında distorsiyon oluşumunu önleyici tedbirler almak gereklidir.

Blok 10 – Kaptan Köşkü:

Bu blok içerisinde gemide bulunan tüm cihazların kontrol üniteleri bulunmaktadır. Aynı zamanda gemi kontrolü bu kısımdan sağlanmakta ve blok çevresi görüş açısını büyütebilmek için büyük camlarla çevrilmiş durumdadır. Bu nedenle bloğun etrafındaki perdeler oldukça zayıflamakta ve distorsiyon oluşumu kolaylaşmaktadır. Bu nedenle bu blokta kaynak yapılırken distorsiyondan kaçınmak için öncelikle atlamalı kaynak yöntemi uygulanması ve kaynak dikişlerinde aşırı kaynak yığılmalarından kaçınmak gerekir. Ancak Bu yöntemler bile bunun gibi bir blokta distorsiyon oluşumunu engelleyememekte ve bu nedenle imalat sırasında distorsiyon kontrolünü oldukça dikkatli yapmak gerekmektedir.

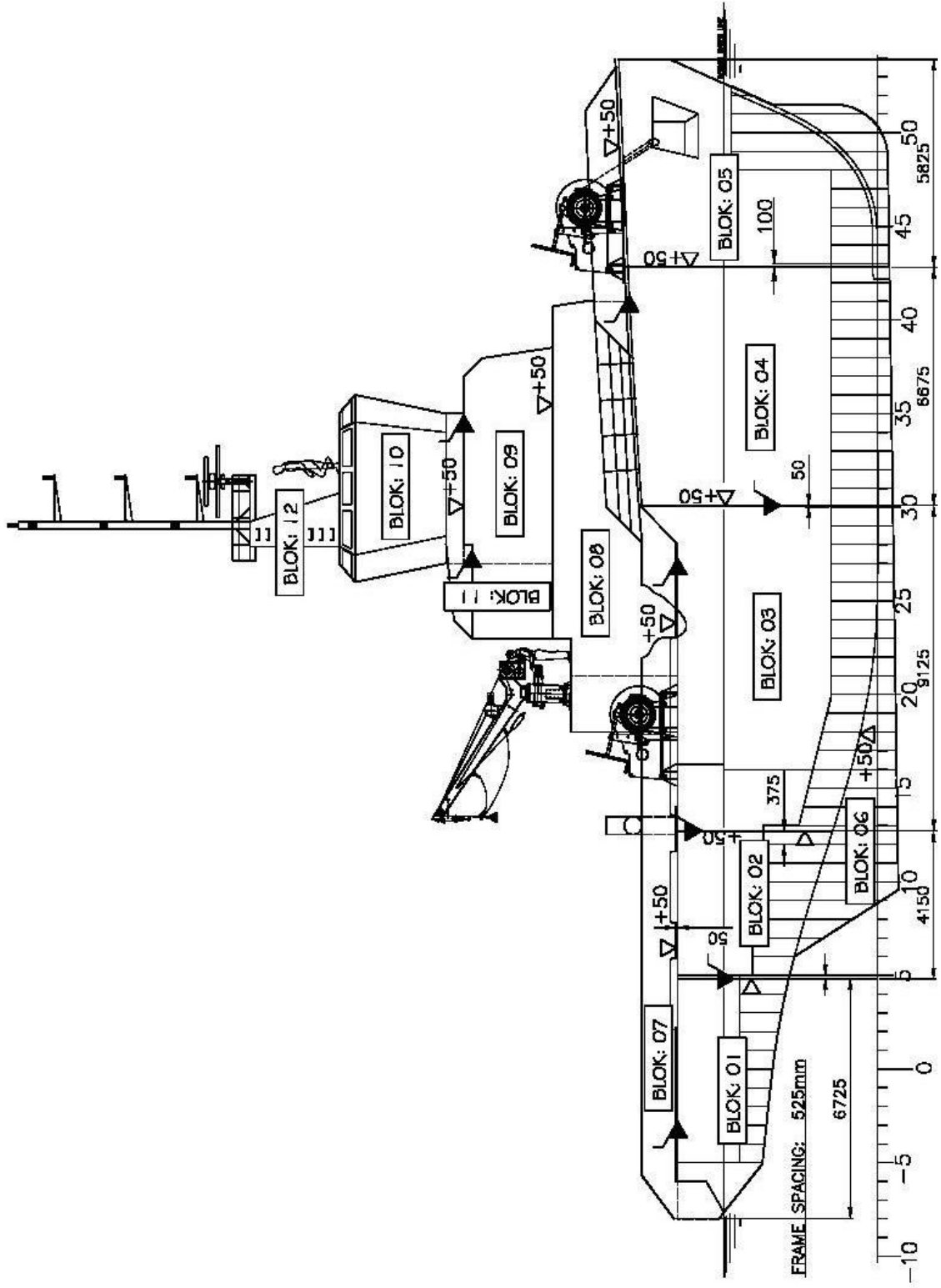
Blok 11 – Baca:

Bacalar üzerlerinde fazla yük taşımadıkları için oldukça ince saclardan imal edilen panellerden oluşan bir yapıdadır. Bu nedenle bu blokta kaynak yapılırken distorsiyondan kaçınmak için öncelikle atlamalı kaynak yöntemi uygulanması ve kaynak dikişlerinde aşırı kaynak yığılmalarından kaçınmak gerekir.

Blok 12 – Direk:

Direkler gemilerin seyir güvenliği için gerekli olan fenerleri üzerlerinde taşır, aynı zamanda radar, telsiz, pusula gibi cihazlar da direk üzerinde bulunabilir. Bu blok üzerinde oldukça az eleman bulunmakta ve bunların distorsiyon yaratmayacağı düşünülse de burada asıl önemli nokta; bloğun oturduğu güverteye önce dik olarak dikkatlice bağlanması ve daha sonra da yapılan kaynağın direğin dik duruşunu bozmamasına dikkat edilmelidir.

Yukarıda sayılan blokların şematik gösterimi Şekil 10.2'dedir.



Şekil 10.2 ASD 32-65 Römorkörünün blok planı

Blok imalatı esnasında dikkat edilecek bir konu da kaynakların kalınlığıdır. Blok kaynaklarında istenen dikiş kalınlıkları ayrıca bir kaynak planı üzerinde gösterilmektedir. Bu römorkör için kaynak planı Ek2’de mevcuttur. Blokların imatları sırasında kaynak planında gösterilen kalınlıklara uyulması gerekmektedir.

10.5 Örnek Gemi Bloklarının İmalat Sıraları ve Buna Uygun Olarak Kaynak Planlarının Oluşturulması

Bu bölümde örnek olarak alınan römorkörün bazı bloklarında uygulanan imalat sıralarına dayanarak kullanılan kaynak yöntemleri ve kaynak sırası planları çıkarılmıştır. Kaynak sıralarını gösteren şekillerde işaretlendirme sistemi şu şekilde yapılmıştır:

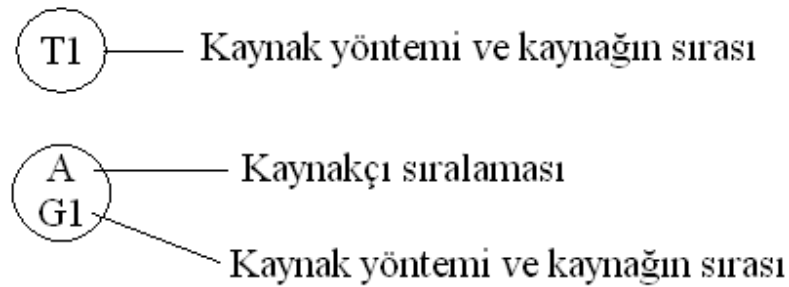
Kaynak Yöntemleri:

T: Tozaltı kaynak yöntemi

G: Gazaltı kaynak yöntemi

E: Örtülü elektrodla kaynak yöntemi

T, G, E harflerinden sonra gelen numara o kaynağın kaçınıcı sırada yapılacağını göstermektedir. Eğer bu harflerden önce A, B, C, D harflerinden biri geliyor ise bu da kaynakların birden çok kaynakçı tarafından yapılacağını ve hangi kaynakçının hangi kaynağı yapacağını gösterir.



Şekil 10.3 Kaynak sırası planlarında kullanılan işaretlendirme

Blok 3 – Makine Dairesi

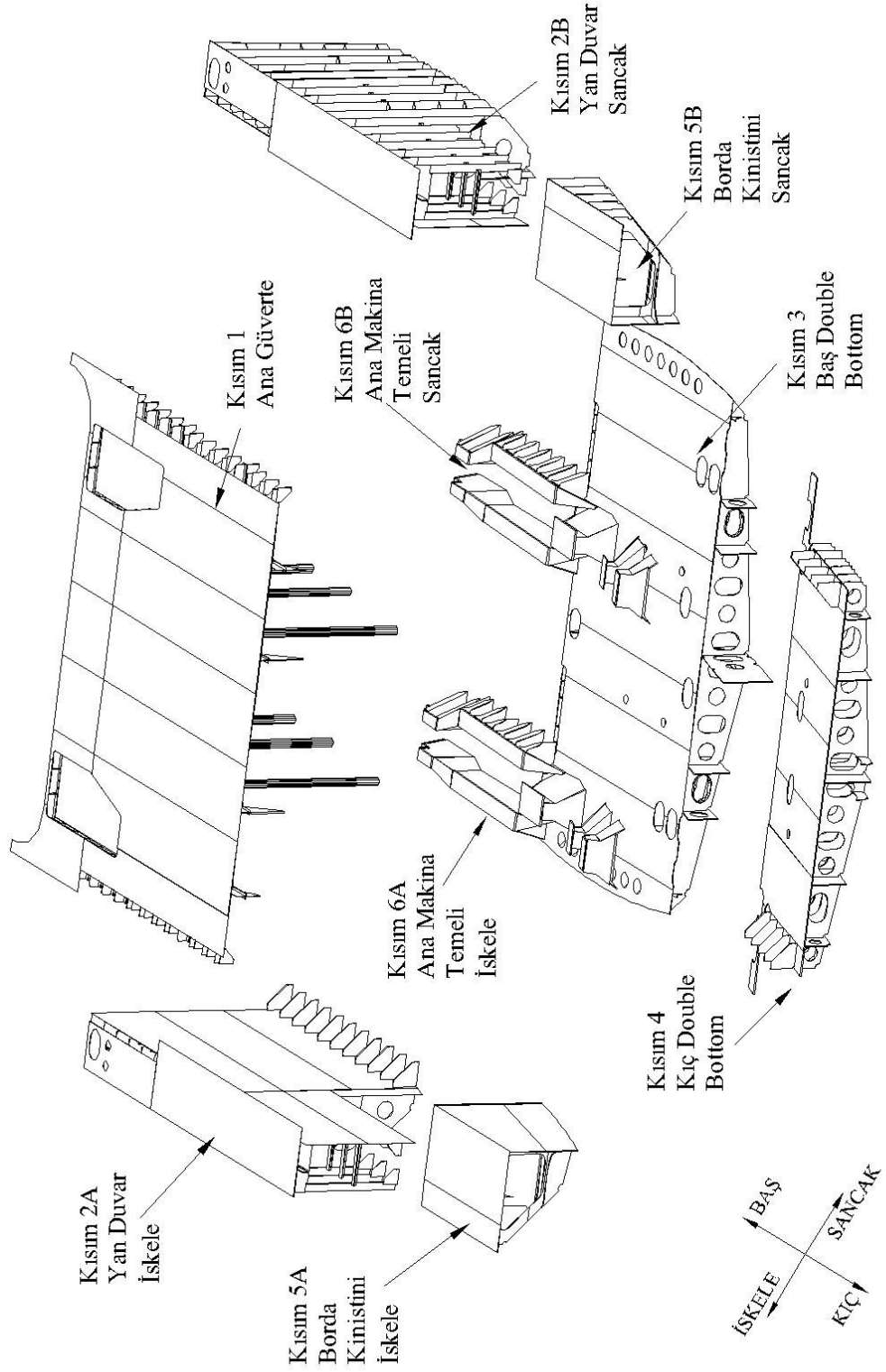
Geminin en önemli bloğu olan makine dairesinin toplam ağırlığı yaklaşık 76 ton'dur. Bu nedenle bu bloğun tek parçada imal edilerek daha sonra kızağa taşınması ve yerleştirilmesi oldukça zor olacağından, blok kendi içinde daha küçük kısımlara ayrılarak imal edilmektedir.

Bu imalat kısımların isimleri şu şekildedir:

- Kısım 1 : Ana güverte
- Kısım 2A : Yan duvar iskele
- Kısım 2B : Yan duvar sancak
- Kısım 3 : Baş double bottom
- Kısım 4 : K1ç double bottom
- Kısım 5A : Borda kinistini iskele
- Kısım 5B : Borda kinistini sancak
- Kısım 6A : Ana makine temeli iskele
- Kısım 6B : Ana makine temel sancak

Blok 3'ün kısımlarının genel görünümü şekil 10.4'te görölmektedir.

Blok 3 - Makina Dairesi İmalat Kısımları

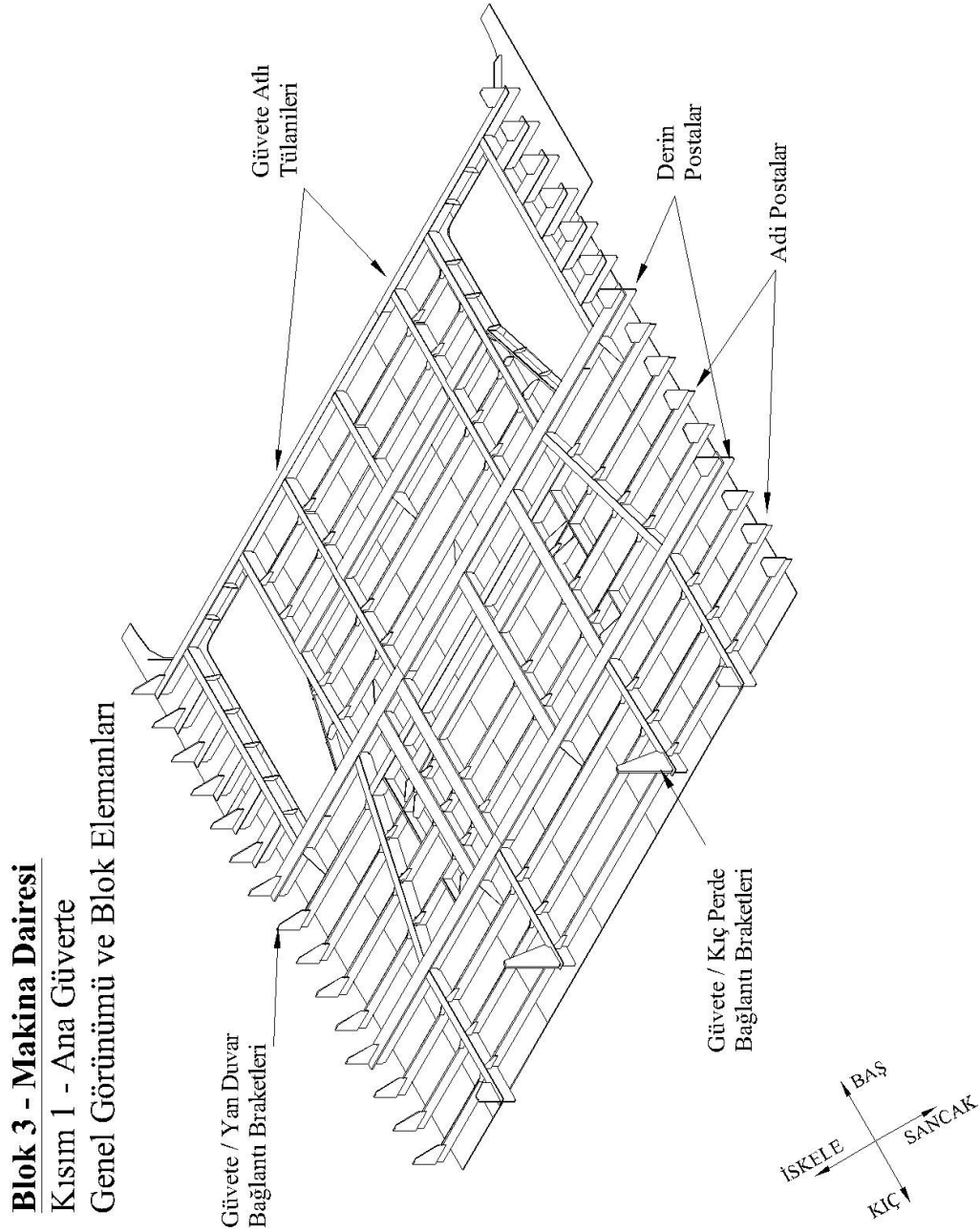


Şekil 10.4 Blok 3 – Makina dairesinin imalat kısımları

Blok 3 Makine Dairesi

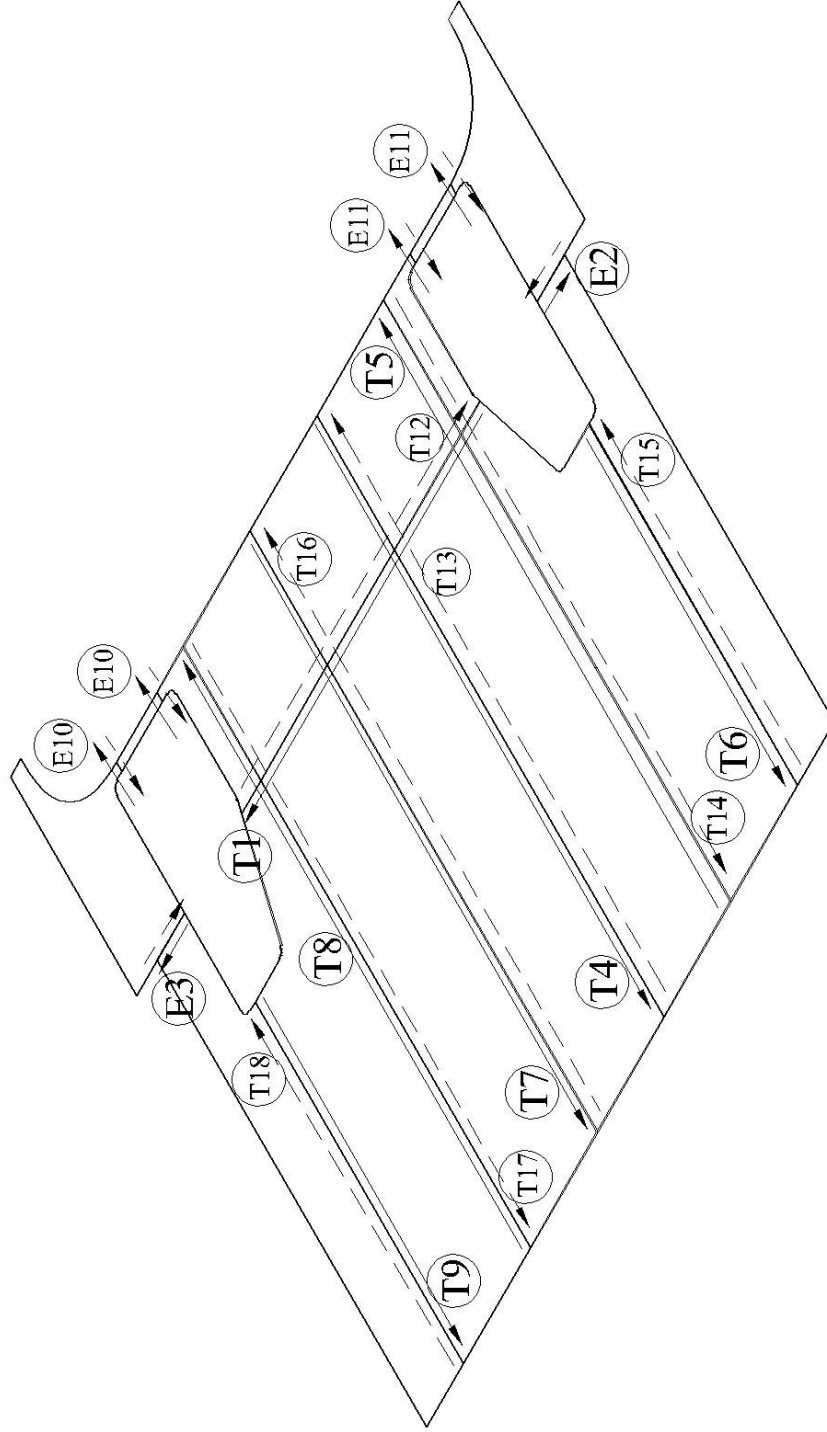
Kısım 1 – Ana Güverte

Bu kısım makine dairesi bloğunun en üstünde panel olarak duran ana güverte parçasıdır. Bu kısmın imalat safhaları için bazı kaynak sırası planları oluşturulmuştur.



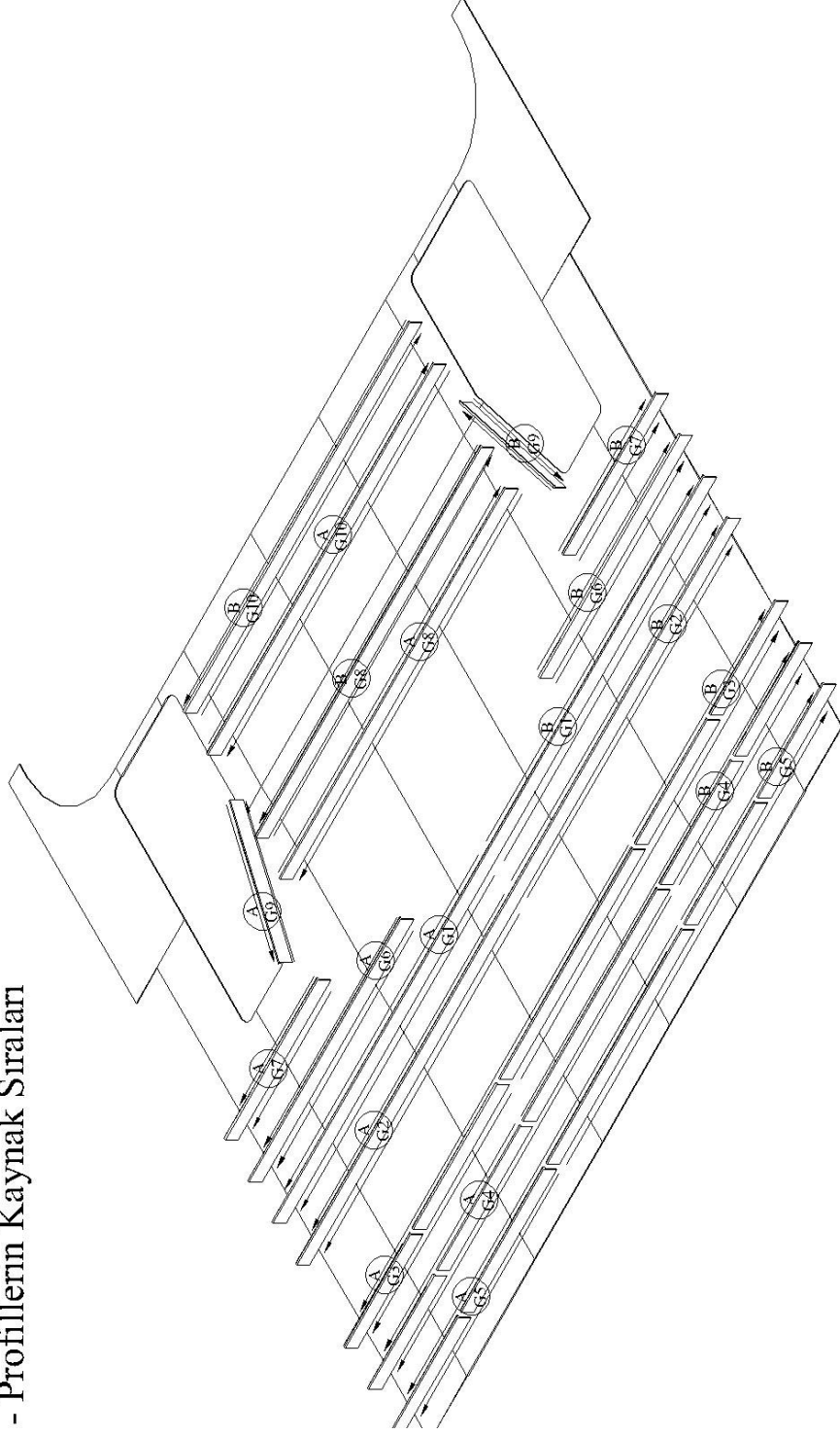
Şekil 10.5 Blok 3 Ana Güverte Kısım Genel Görünümü

Blok 3 - Makina Dairesi
Kısım 1 - Ana Güverte
- Panel Sacları ve Kaynak Sıraları



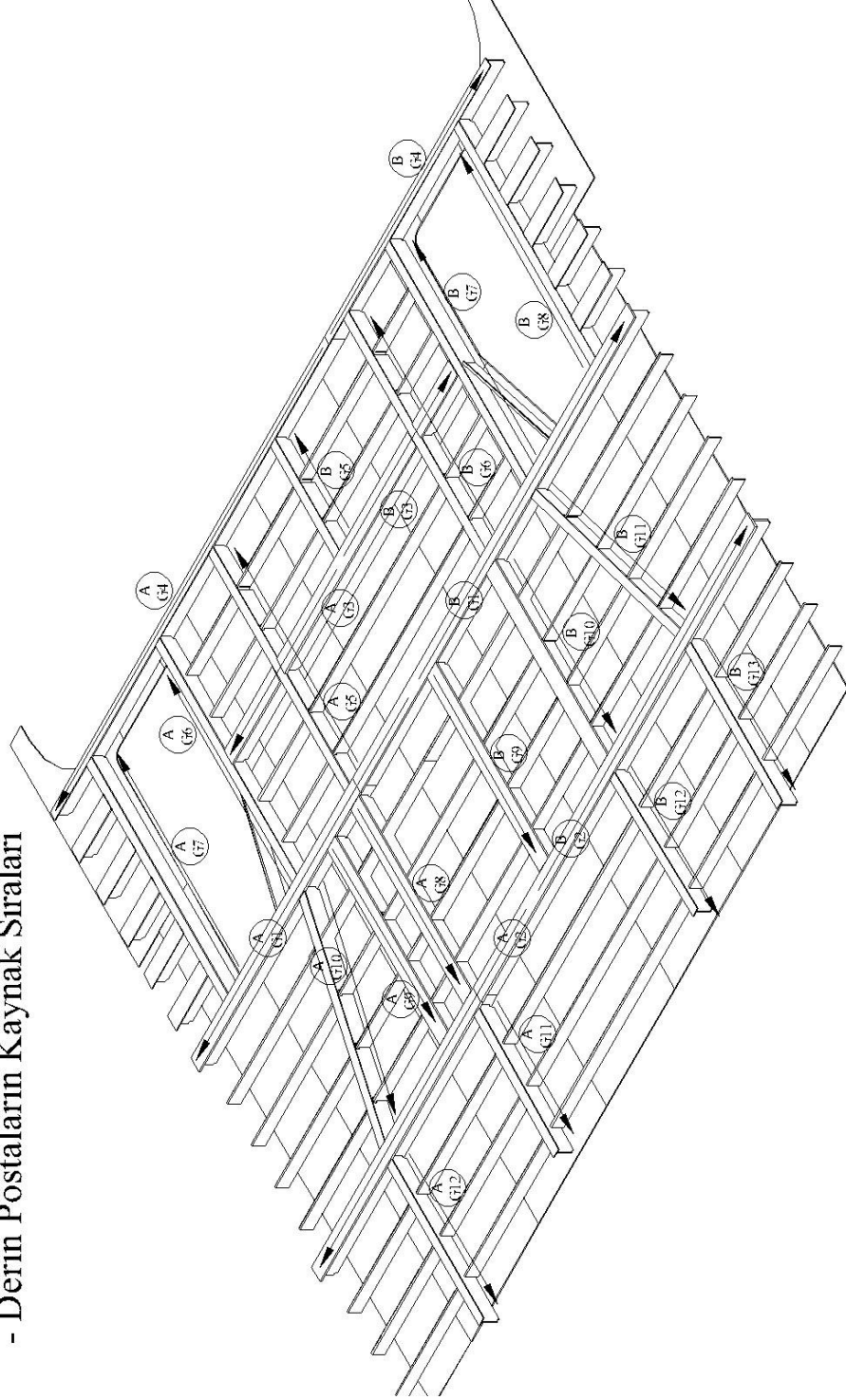
Şekil 10.6 Blok 3 Ana Güverte Kısmı Panel Sacları ve Kaynak Sıraları

Blok 3 - Makina Dairesi
Kısım 1 - Ana Güverte
- Panel Profillerinin Dizilmesi
- Profillerin Kaynak Sıraları



Şekil 10.7 Blok 3 Ana Güverte Kısım Panel Profillerinin Dizilmesi ve Profillerin Kaynak Sırası

Blok 3 - Makina Dairesi
Kısım 1 - Ana Güverte
- Derin Postaların Kaynak Sıraları

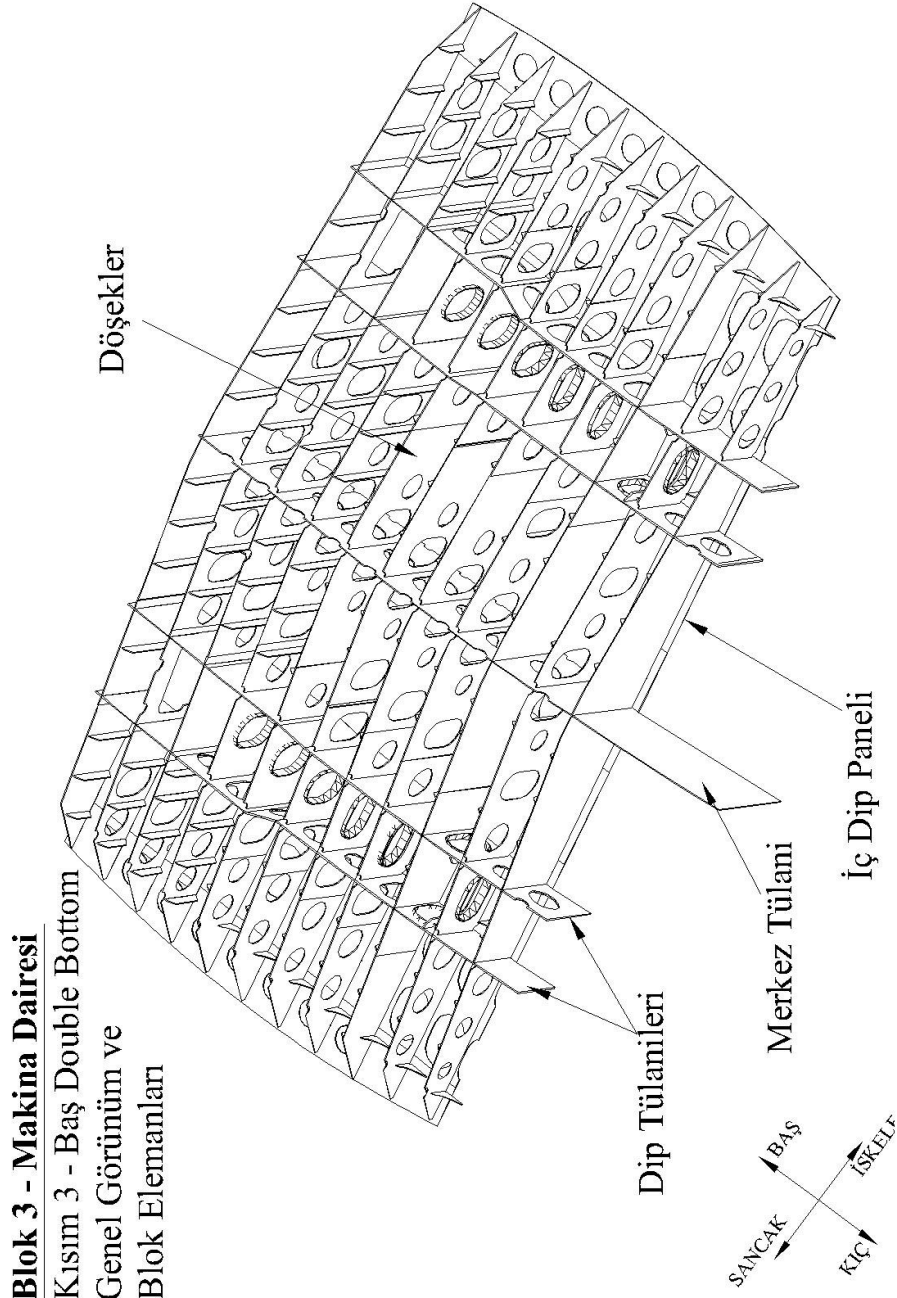


Şekil 10.8 Blok 3 Ana Güverte Kısım Derin Postaların Kaynak Sıraları

Blok 3 – Makine Dairesi

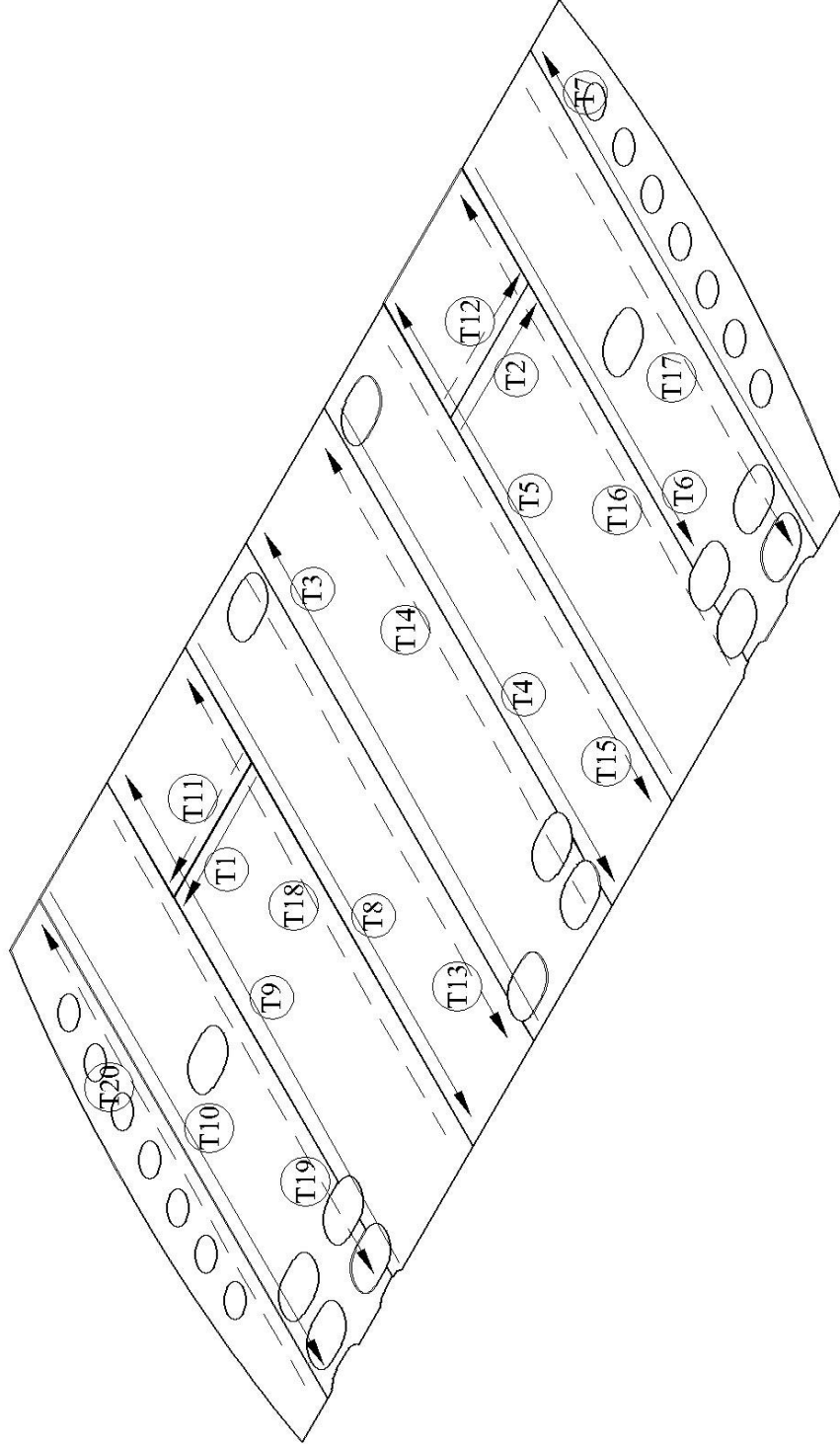
Kısım 3 Baş Double Bottom

Makine dairesinin çift cidarlı dip kısmını oluşturur. Bu kısmın imalat safhaları için bazı kaynak sırası planları oluşturulmuştur.

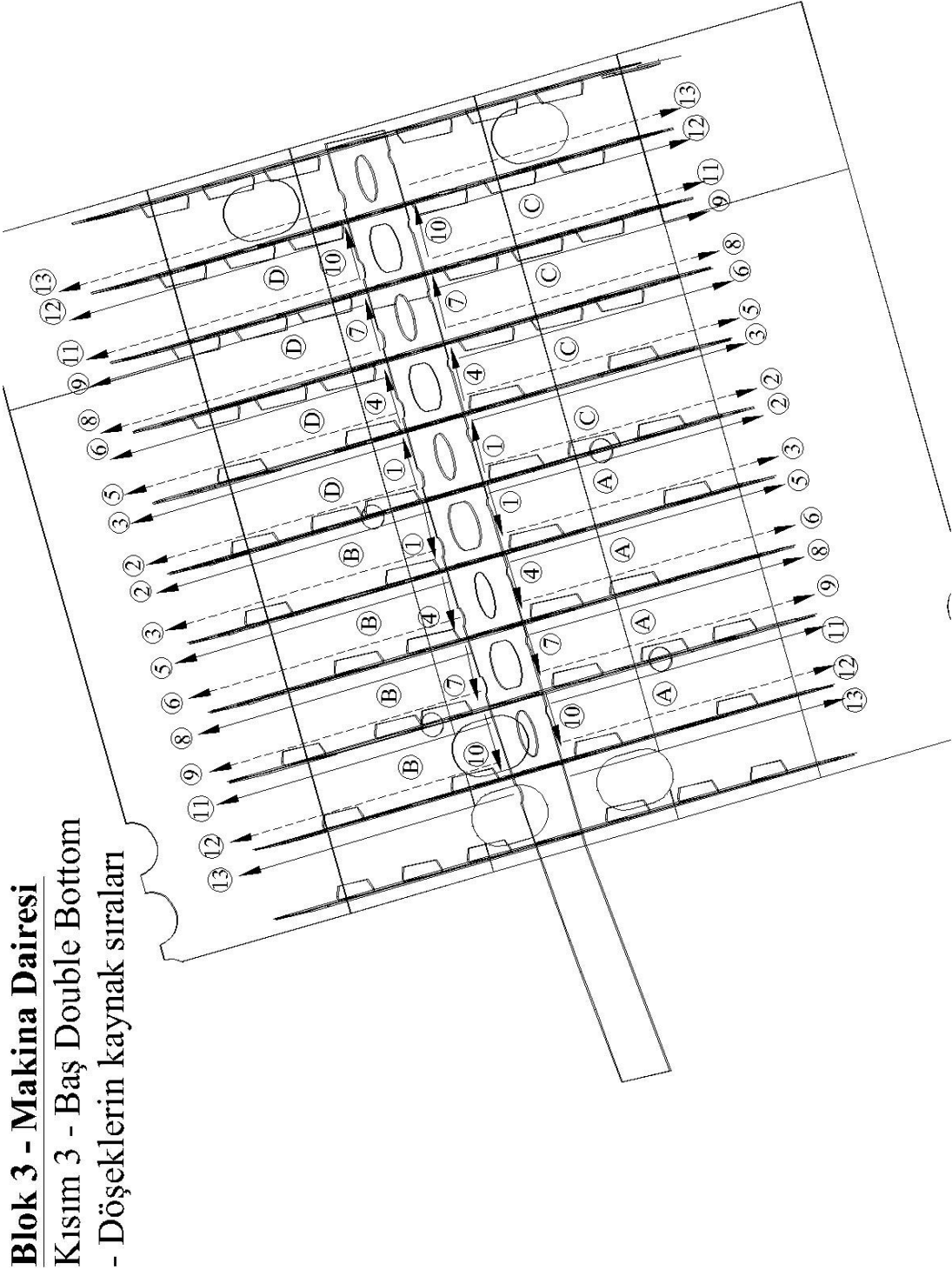


Şekil 10.9 Blok 3 Baş Double Bottom Kısım Genel Görünüm ve Blok Elemanları

Blok 3 - Makina Dairesi
Kısım 3 - Baş Double Bottom
Genel Görünüm ve Blok Elemanları



Şekil 10.10 Blok 3 Baş Double Bottom Kısımı Genel Görünüm ve Blok Elemanları

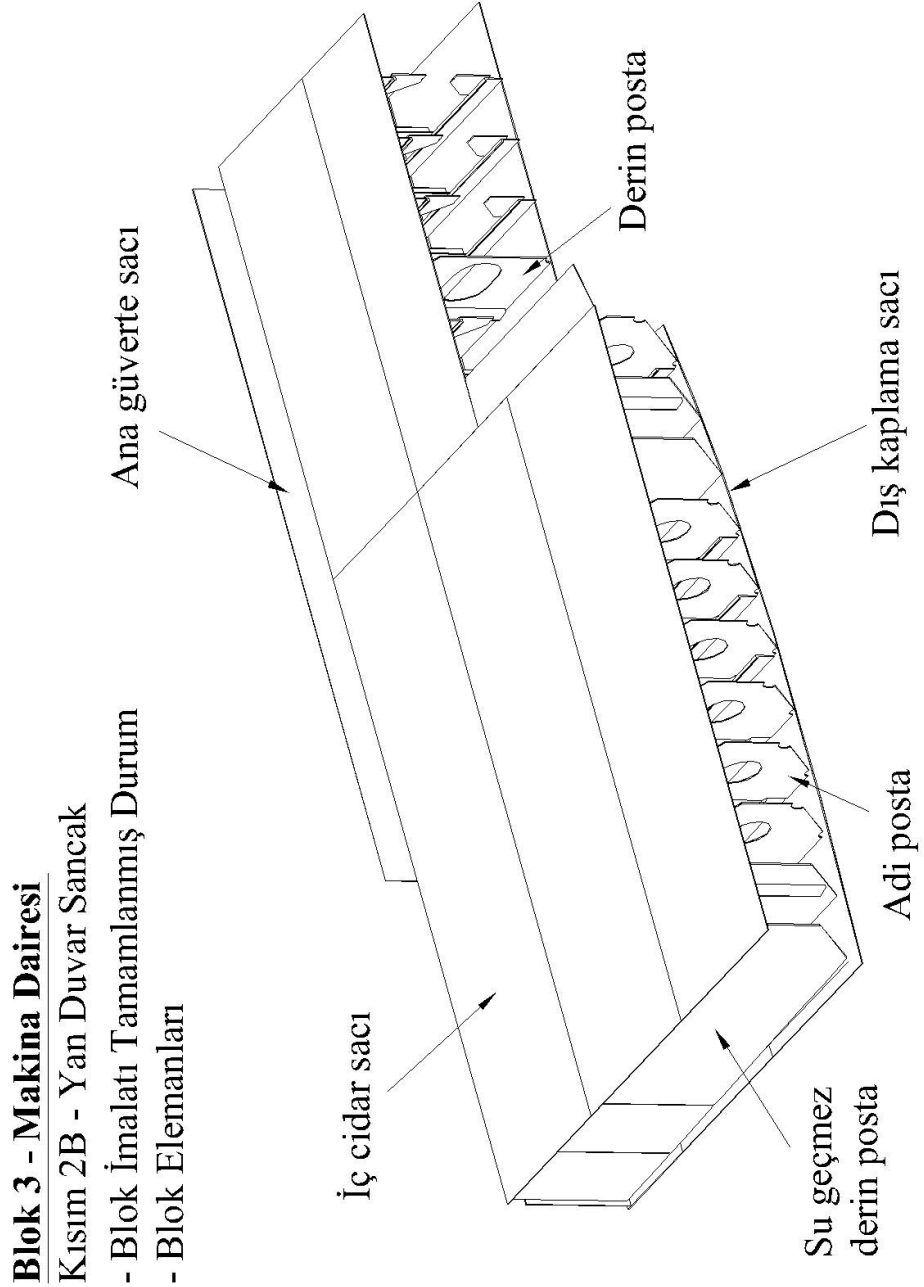


Şekil 10.11 Blok 3 Baş Double Bottom Kısmı Döşeklerin Kaynak Sırası

Blok 3 – Makine Dairesi

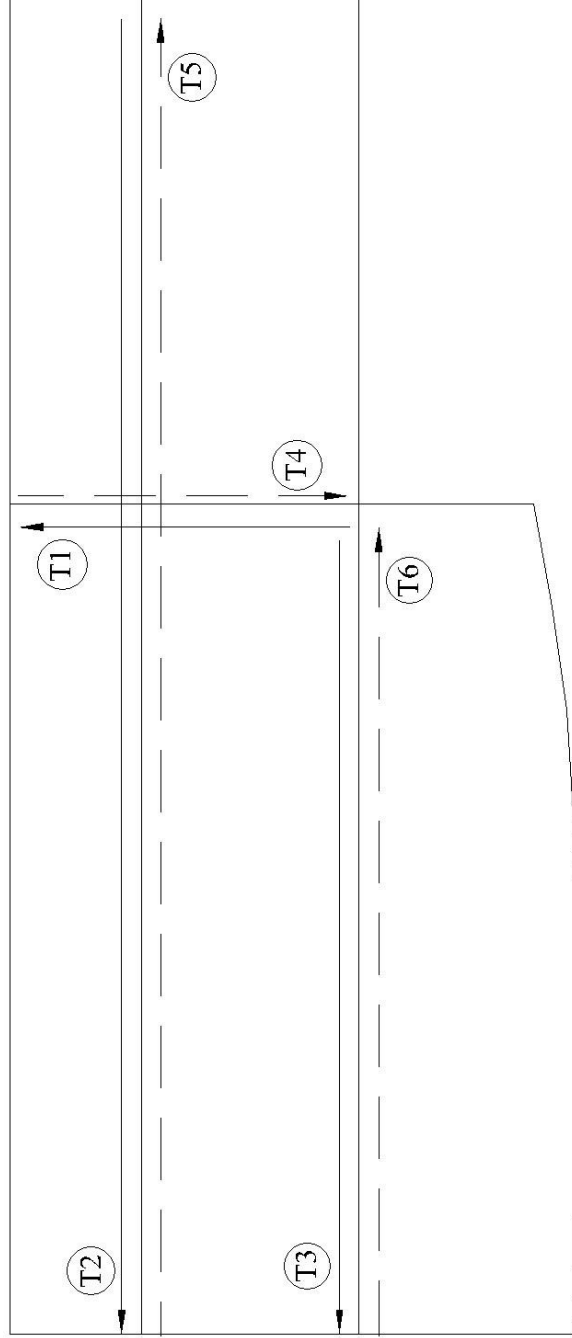
Kısım 2B Yan Duvar Sancak

Makine dairesinin çift cidarlı yan kısmını oluşturup içinde bazı tankları barındırır. Bu kısmın imalat safhaları için bazı kaynak sırası planları oluşturulmuştur.



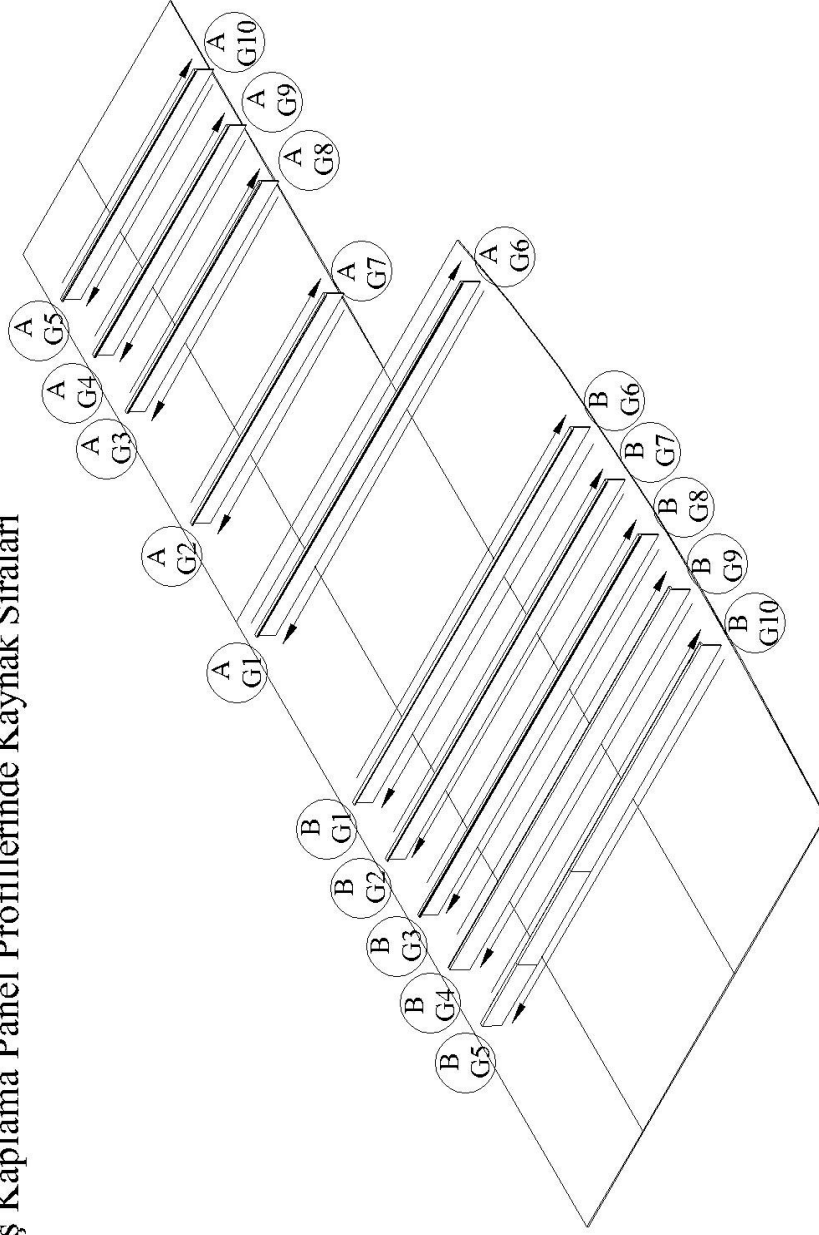
Şekil 10.12 Blok 3 Yan Duvar Sancak Kısım Blok İmalatı Tamamlanmış Durum

Blok 3 - Makina Dairesi
Kısım 2B - Yan Duvar Sancak
- Dış Kaplama Paneli Tozaltı Kaynak Sıraları



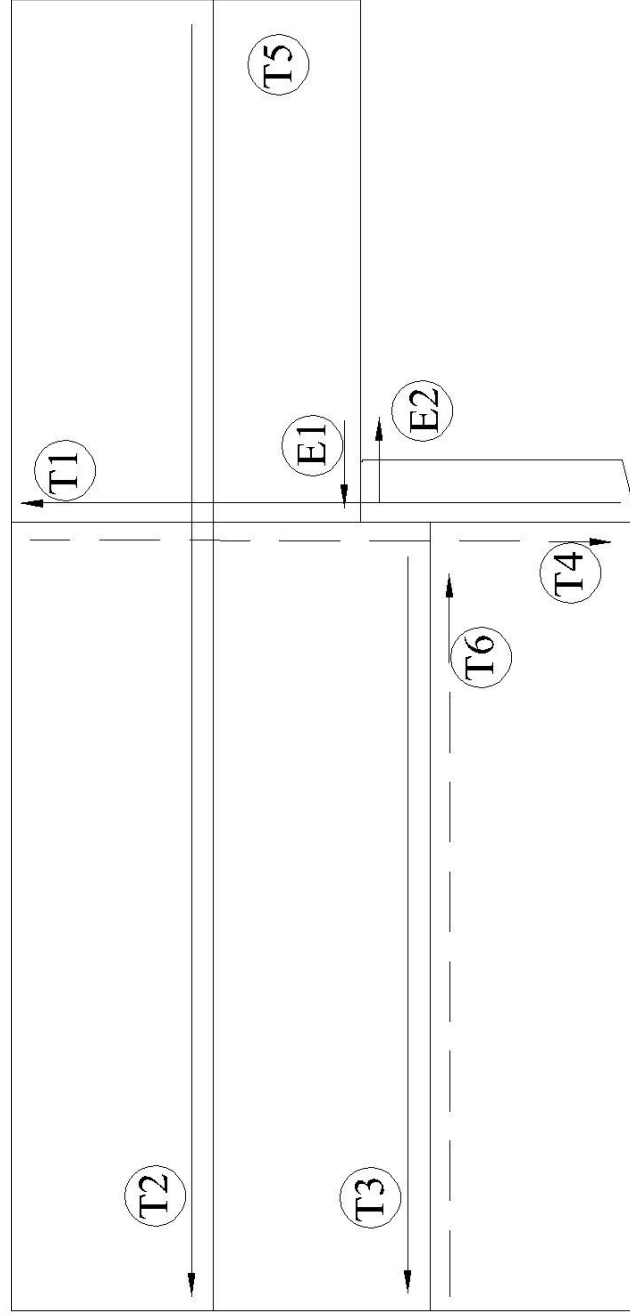
Şekil 10.13 Blok 3 Yan Duvar Sancak Kısım Dış Kaplama Paneli Tozaltı Kaynak Sıraları

Blok 3 - Makina Dairesi
K151sim 2B - Yan Duvar Sancak
- Dış Kaplama Panel Profillerinde Kaynak Sıraları



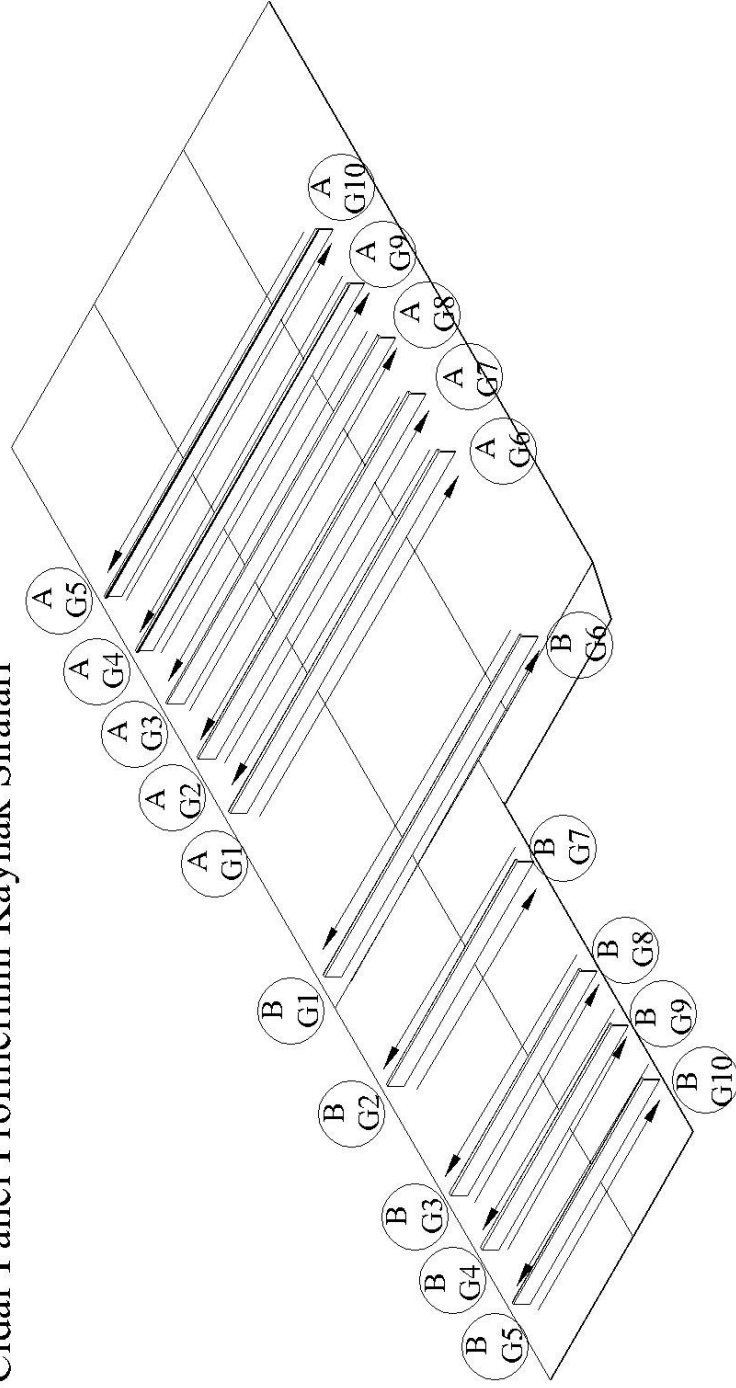
Şekil 10.14 Blok 3 Yan Duvar Sancak K151sim 2B Dış Kaplama Panel Profillerinde Kaynak Sıraları

Blok 3 - Makina Dairesi
Kısım 2B - Yan Duvar Sancak
- İç Cidar Paneli Kaynak Sırası



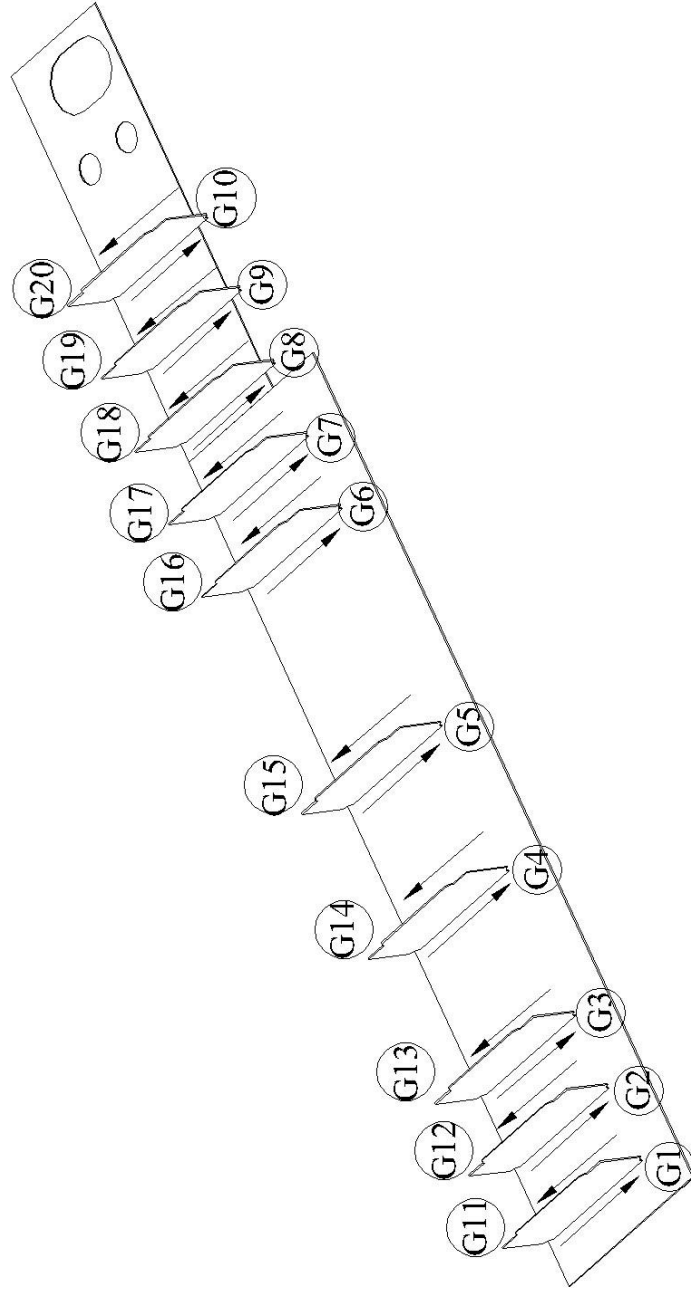
Şekil 10.15 Blok 3 Yan Duvar Sancak Kısım 3 İç Cidar Paneli Kaynak Sıraları

Blok 3 - Makina Dairesi
Kısım 2B - Yan Duvar Sancak
- İç Cidar Panel Profillerinin Kaynak Sıraları



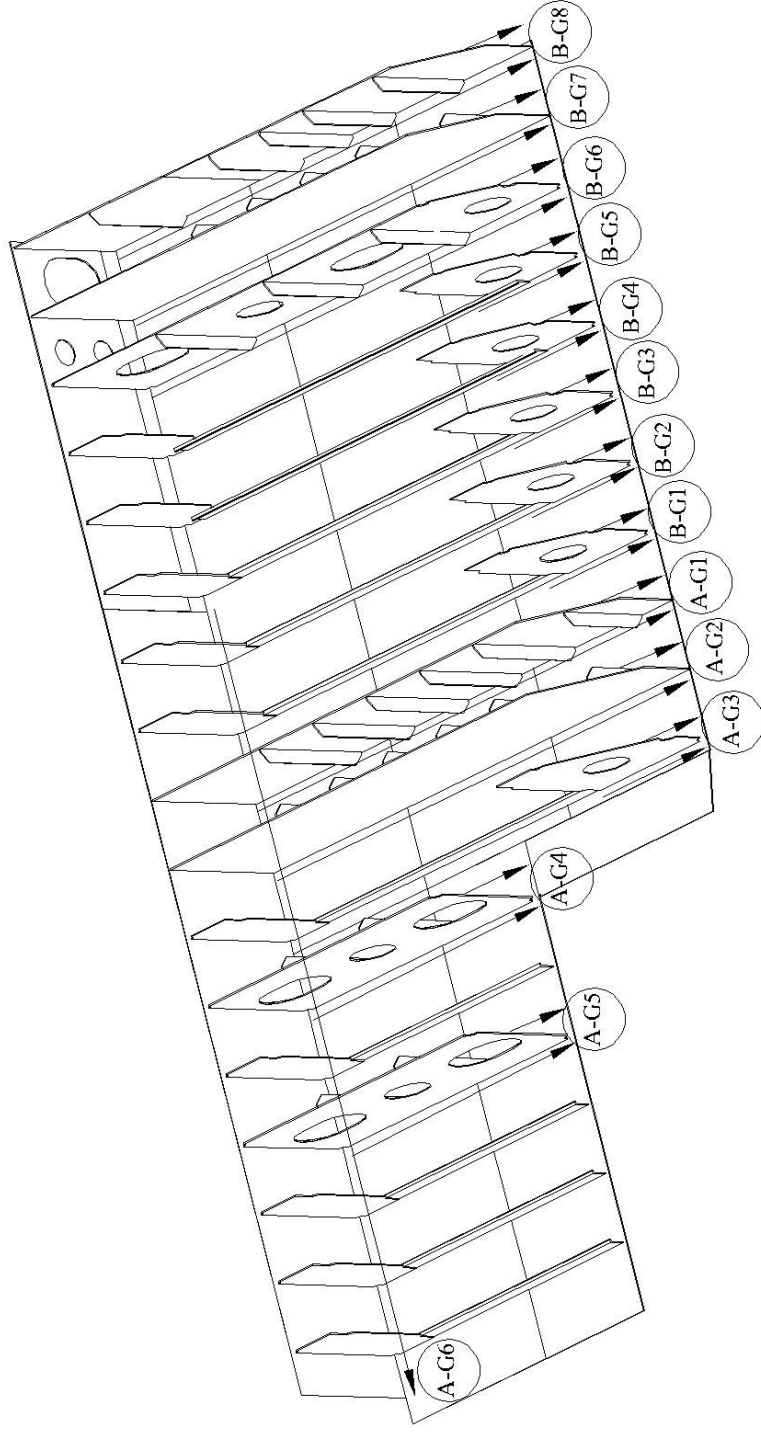
Şekil 10.16 Blok 3 Yan Duvar Sancak Kısım İç Cidar Panel Profillerinin Kaynak Sıraları

Blok 3 - Makina Dairesi
Kısım 2B - Yan Duvar Sancak
- Ana Güverte Panel Postalarının Kaynak Sıraları



Şekil 10.17 Blok 3 Yan Duvar Sancak Kısım Ana Güverte Panel Postalarının Kaynak Sıraları

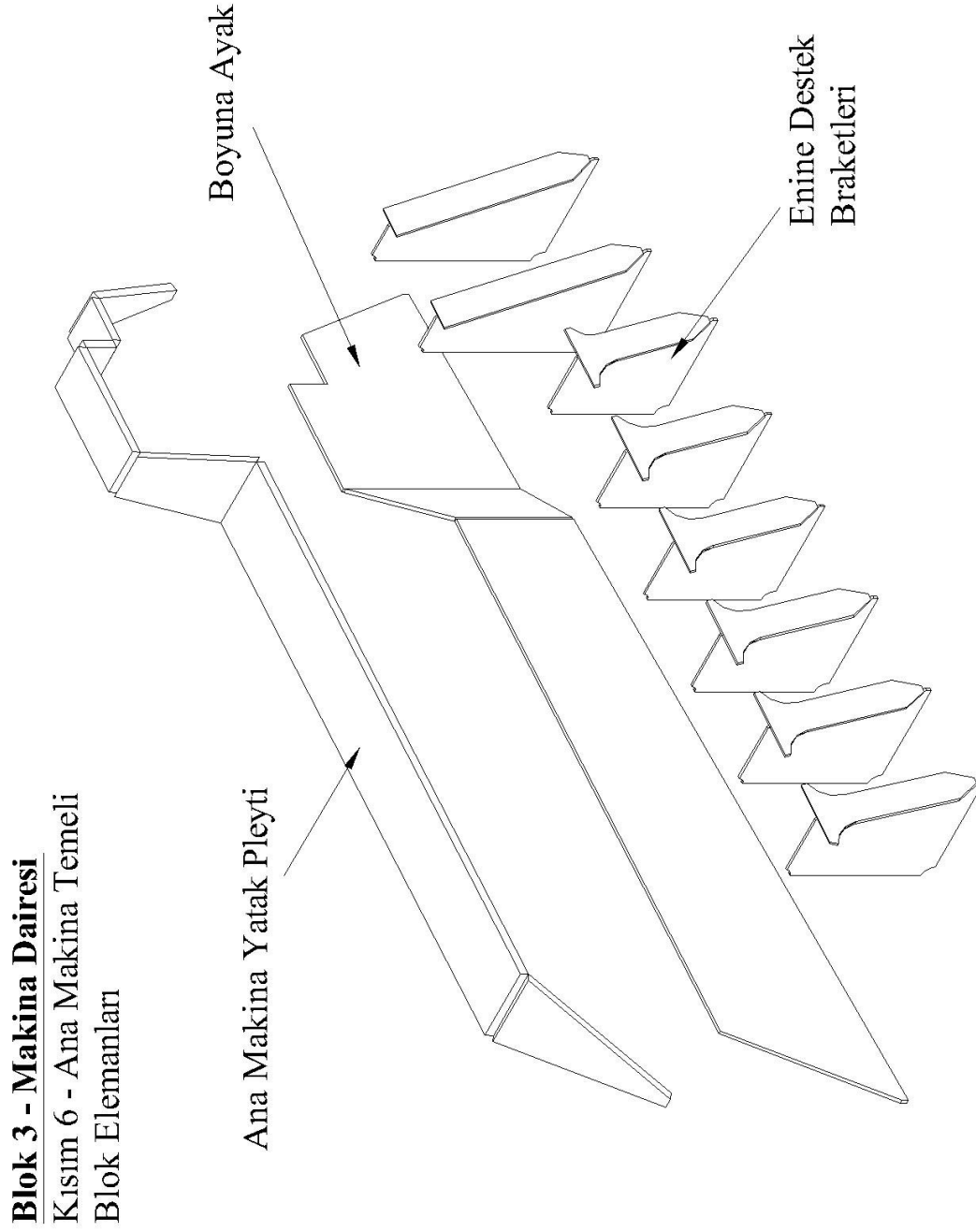
Blok 3 - Makina Dairesi
Kısım 2B - Yan Duvar Sancak
- Posta ve Ana Güverte Kaynak Sıraları



Şekil 10.18 Blok 3 Yan Duvar Sancak Kısım Ana Güverte Kaynak Sıraları

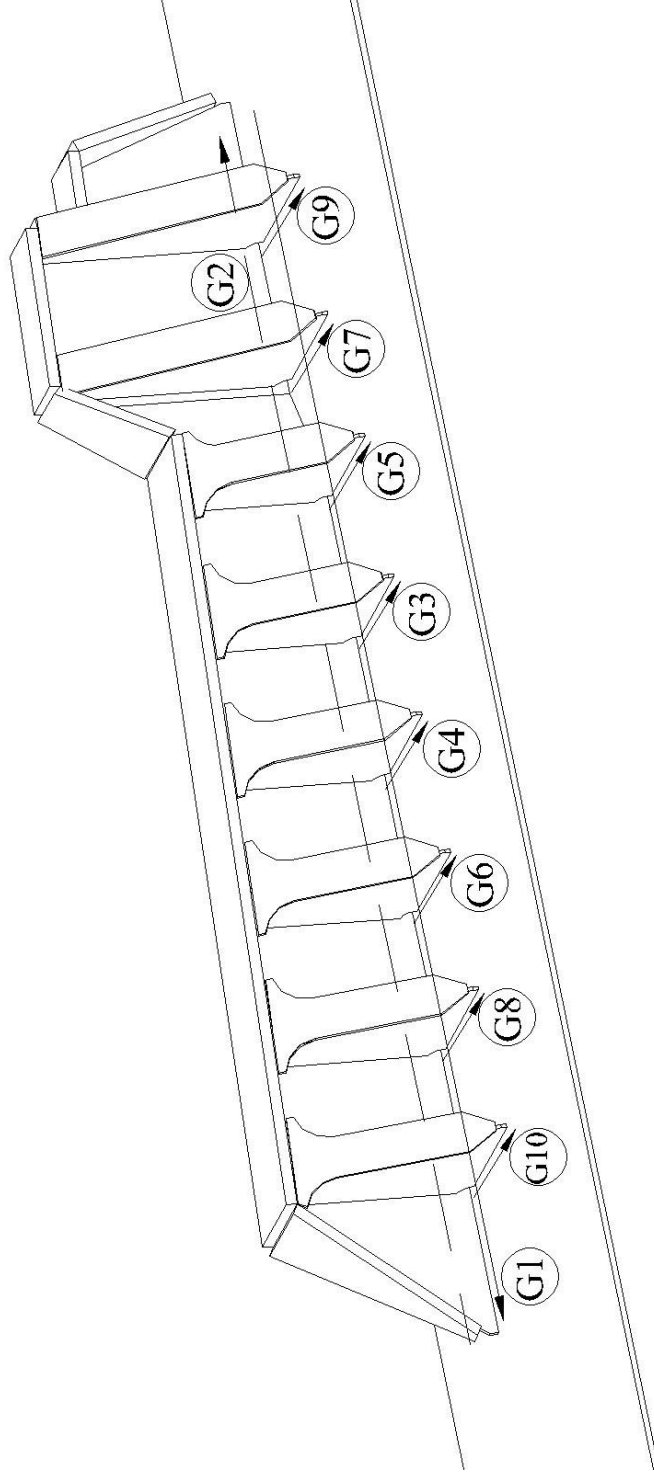
Blok3 – Makine Dairesi**Kısım 6B – Ana Makine Temeli Sancak**

Makine dairesi içerisinde ana makinenin tüm statik ve dinamik yüklerini taşıyan kısımdır. Bu kısmın imalat safhaları için bazı kaynak sırası planları oluşturulmuştur.



Şekil 10.19 Blok 3 Ana Makine Temeli Blok Elemanları

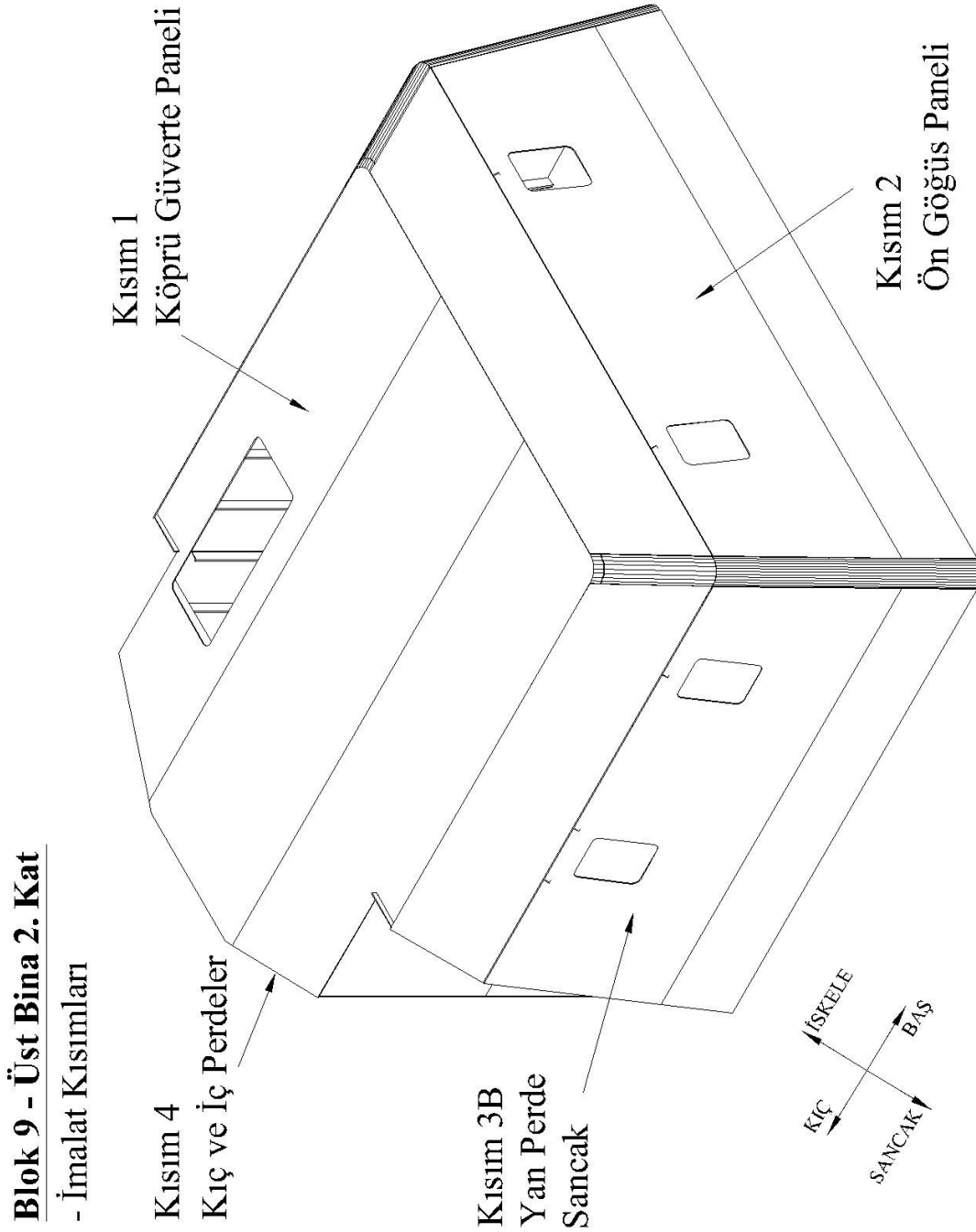
Blok 3 - Makina Dairesi
Kısım 6 - Ana Makina Temeli
- Dip Güverte / Ana Makina Ayağı Arası Kaynak Sıraları



Şekil 10.20 Blok 3 Ana Makine Temeli Dip Güverte-Ana Makine Ayağı Arası Kaynak Sıraları

Blok 9 – Üst Bina 2. Kat

Bu blok içerisinde gemi personeli için 2 adet kamara bulunmaktadır. Küçük bir blok olmakla beraber yapısında kullanılan sacların ince olması ve içerisinde birçok panel bulunan bu blokta doğru kaynak sırası seçimi önem kazanmaktadır. Bu bloğun imalat safhaları için bazı kaynak sırası planları oluşturulmuştur.

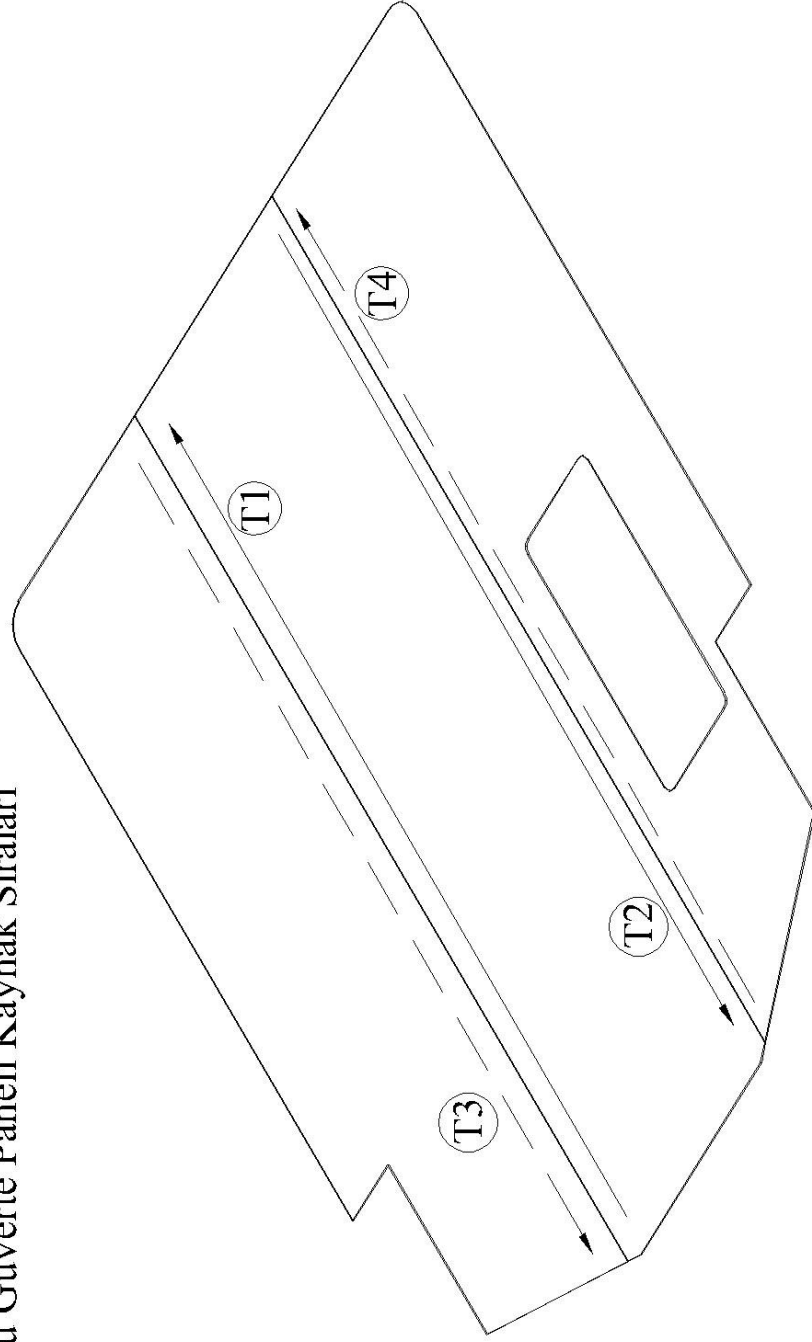


Şekil 10.21 Blok 9 Üst Bina 2.Kat İmalat Kısımları

Blok 9 - Üst Bina 2. Kat

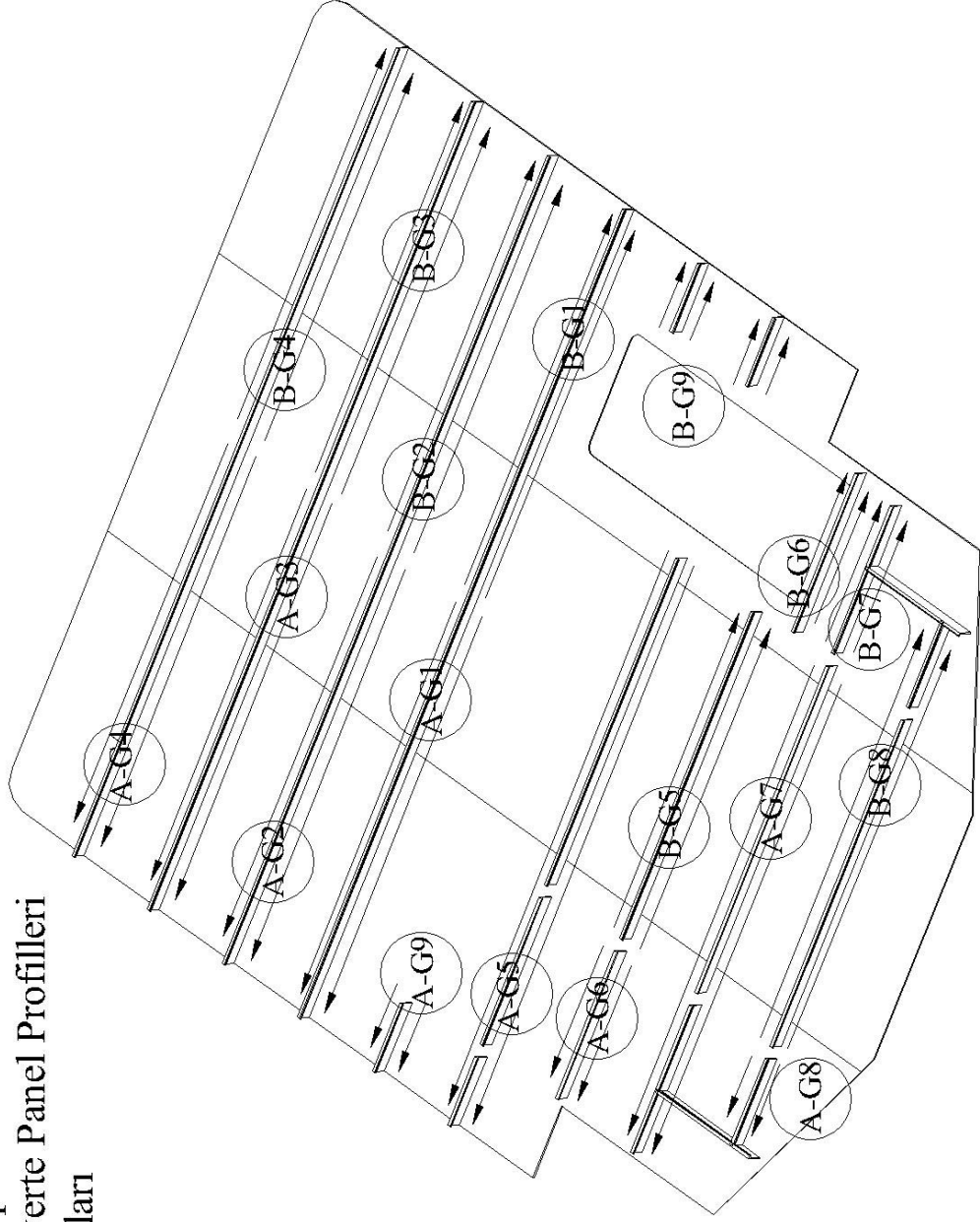
Kısım 1 - Köprü Güverte

- Köprü Güverte Paneli Kaynak Sıraları



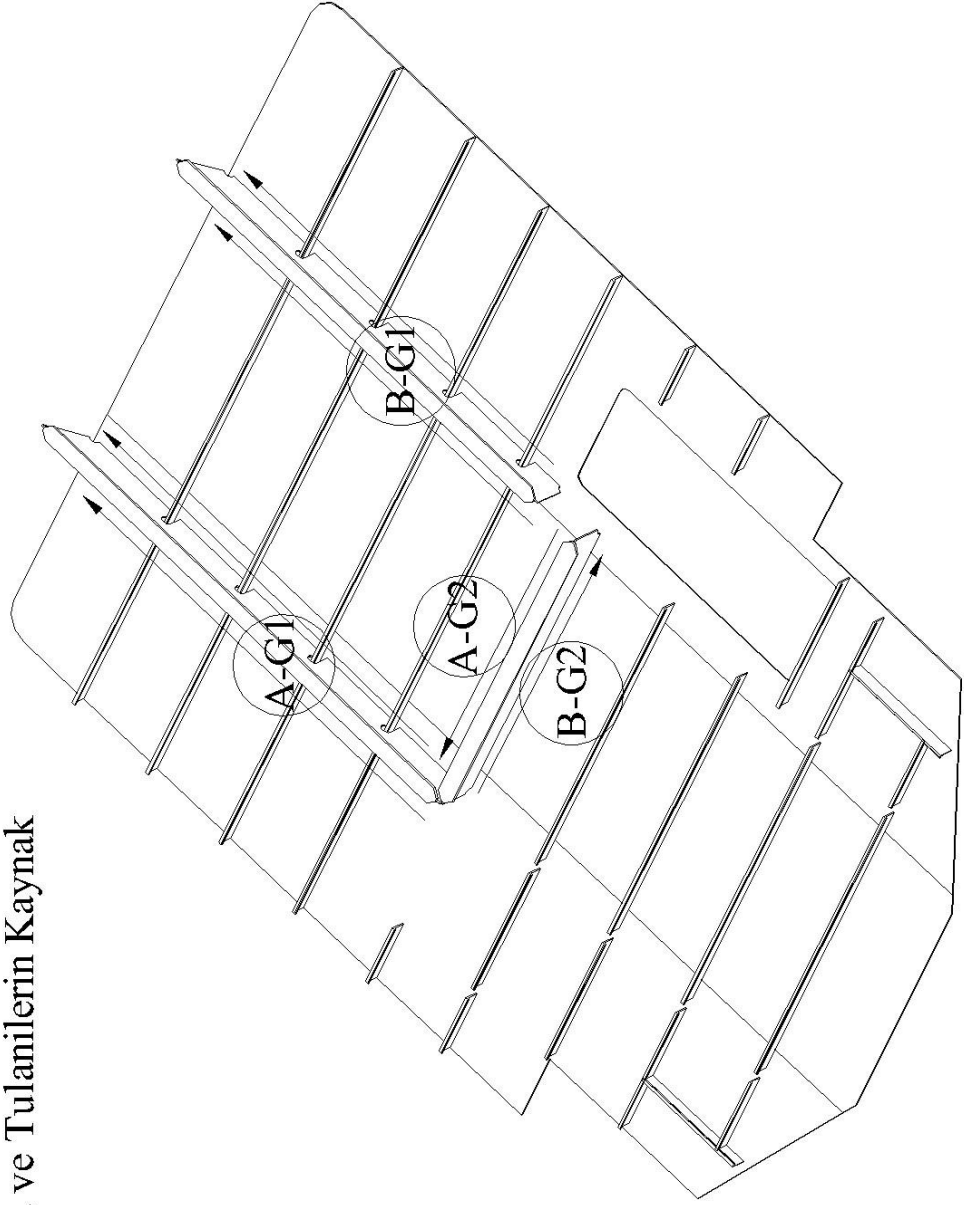
Şekil 10.22 Blok 9 Üst Bina 2.Kat Köprü Güverte Paneli

Blok 9 - Üst Bina 2. Kat
Kısım 1 - Köprü Güverte
- Köprü Güverte Panel Profilleri
Kaynak Sıraları



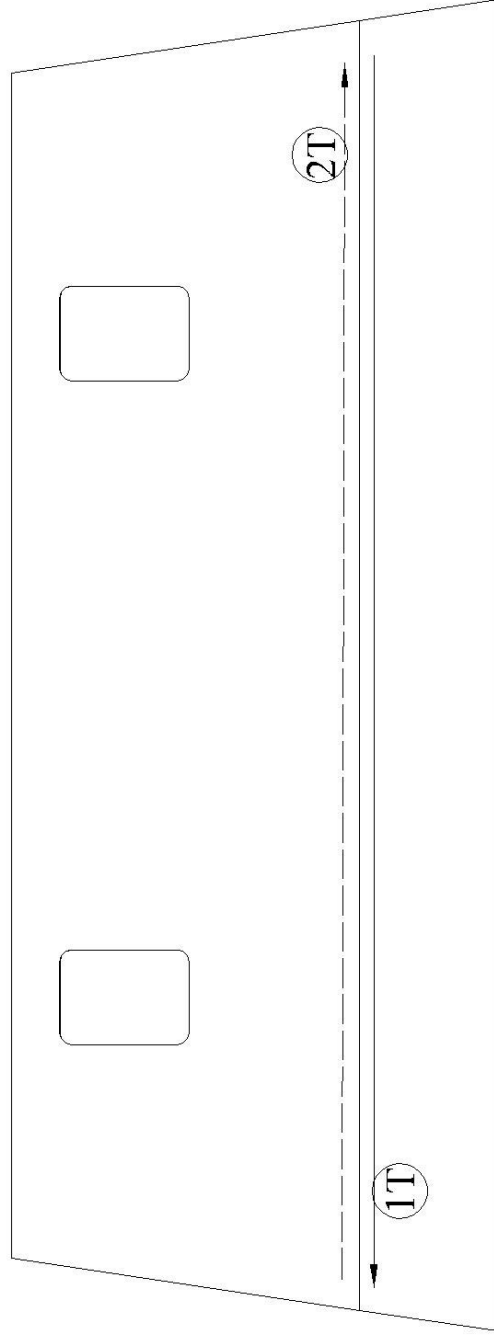
Şekil 10.23 Blok 9 Üst Bina 2.Kat Köprü Güverte Panel Profillerinin Kaynak Sıraları

Blok 9 - Üst Bina 2. Kat
Kısım 1 - Köprü Güverte
- Derin Posta ve Tülanilerin Kaynak Sıraları



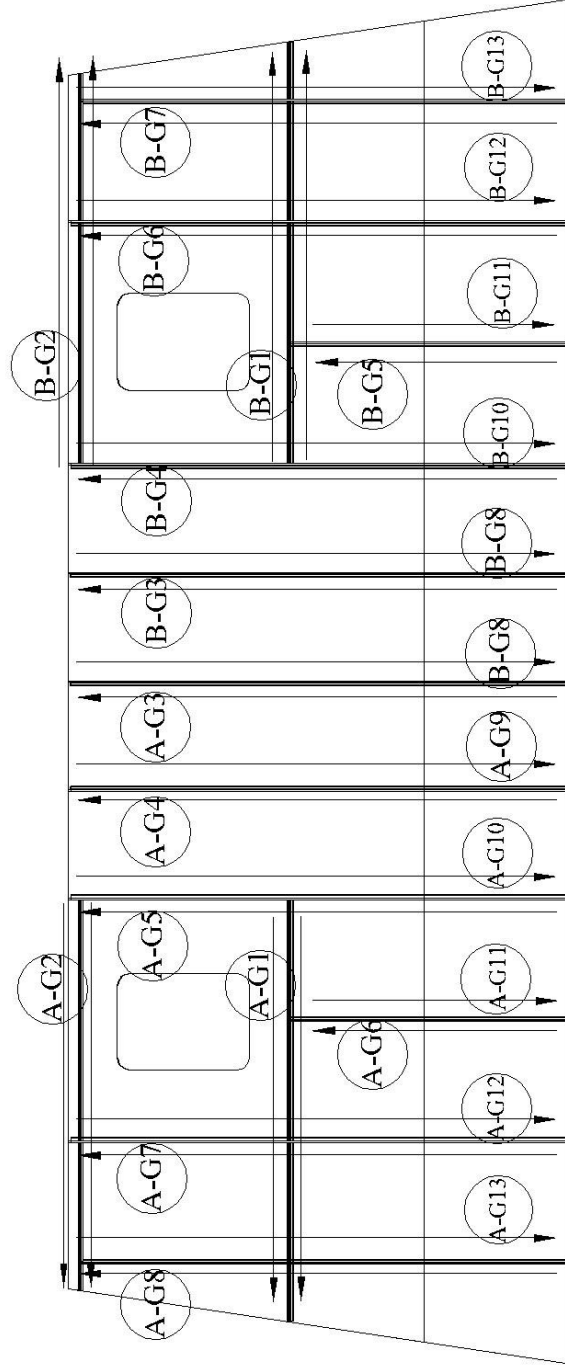
Şekil 10.24 Blok 9 Üst Bina 2.Kat Köprü Güverte Derin Posta ve Tülanilerin Kaynak Sırası

Blok 9 - Üst Bina 2. Kat
Kısım 2 - Ön Göğüs Paneli
- Panel Sacları ve Kaynak Sıraları



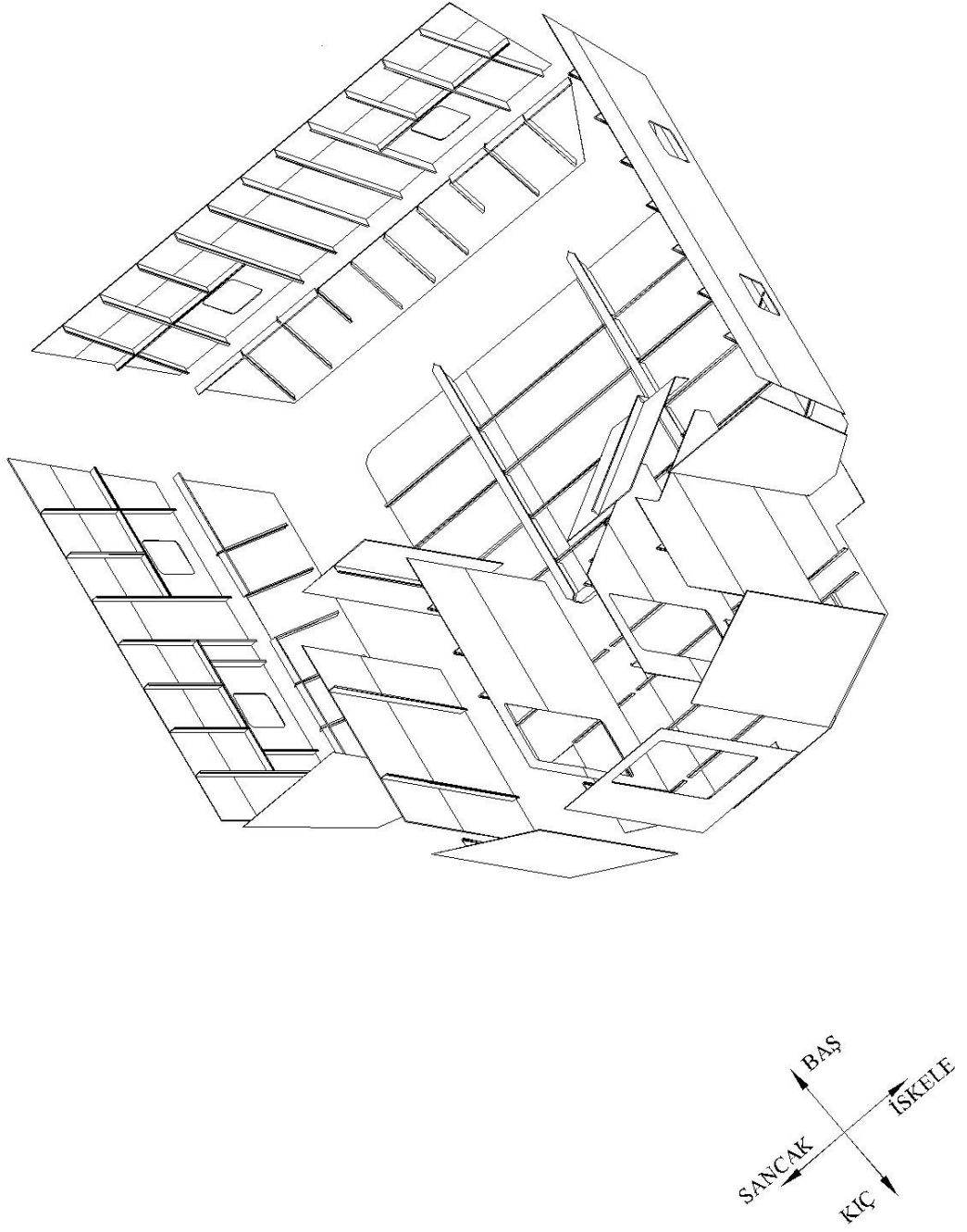
Şekil 10.25 Blok 9 Üst bina 2.kat ön göğüs panel sacları ve kaynak sırası

Blok 9 - Üst Bina 2. Kat
Kısım 2 - Ön Göğüs Paneli
-Panel Profillerinin Kaynak Sıraları



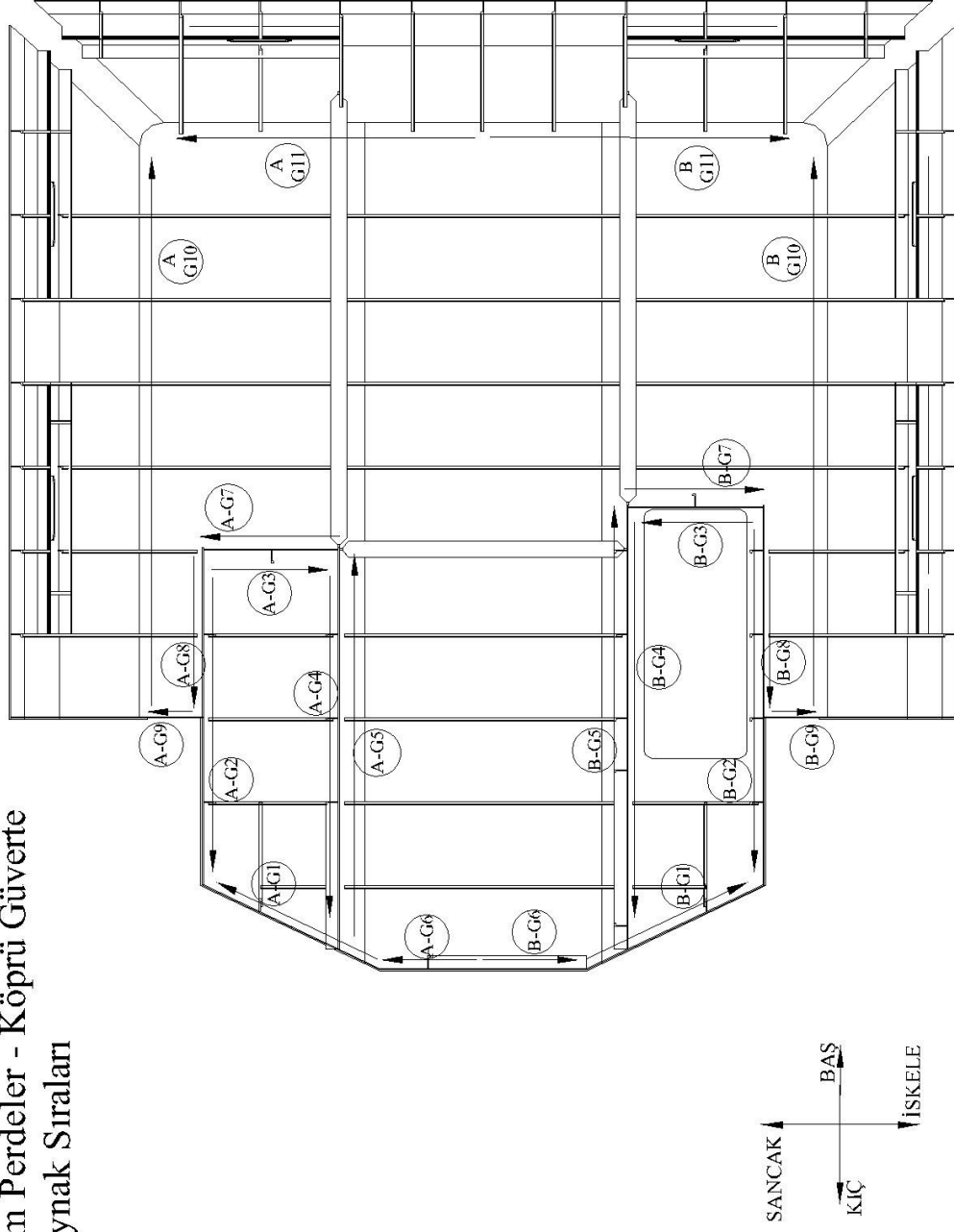
Şekil 10.26 Blok 9 Üst bina 2.kat ön göğüs panel profillerinin kaynak sıraları

Blok 9 - Üst Bina 2. Kat
Tüm Panellerin Montajı



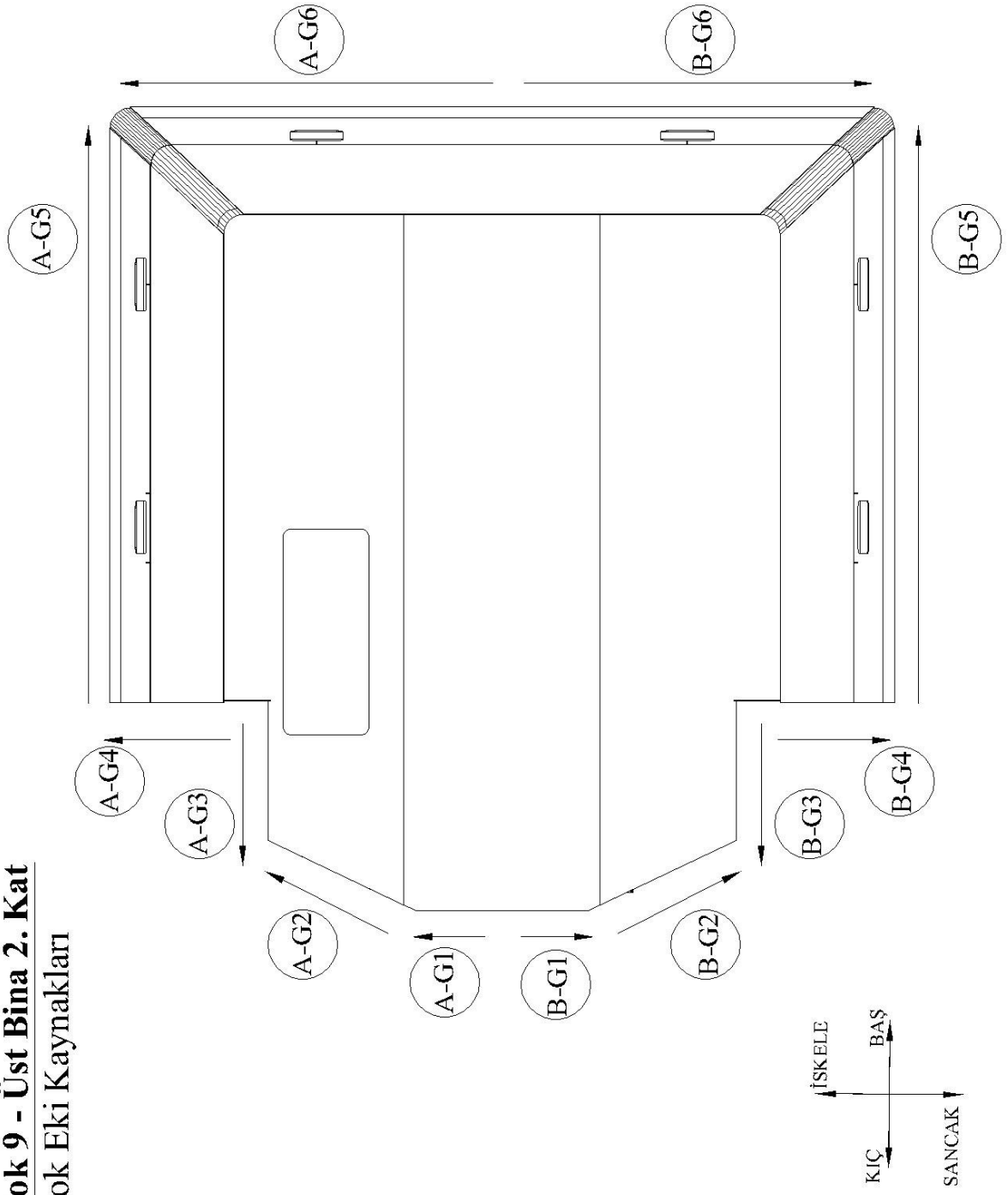
Şekil 10.27 Blok 9 Üst bina 2.kat tüm panellerin montajı

Blok 9 - Üst Bina 2. Kat
 Tüm Perdeler - Köprü Güvertede
 Kaynak Sıraları



Şekil 10.28 Blok 9 Üst bina 2.kat blok eki kaynakları

Blok 9 - Üst Bina 2. Kat
Blok Eki Kaynakları



Şekil 10.29 Blok 9 Üst bina 2.kat blok eki kaynakları

10.6 Örnek Geminin Kritik Noktalarının Belirlenmesi ve Kaynak Muayene Planının Çıkarılması

ASD 32-65 Römorköründe kritik olduğu düşünülen ve bu nedenle kaynak muayene planında tahribatsız muayenesi istenen bölgeler şu şekildedir:

Blok 1 - Kıç Blok:

- Pervane bağlantı kısımları
- Kıç çatışma perdesi

Blok 2 – Kıç Blok 2:

- Şaft yatak temelleri
- Blok eki kaynakları
- Blok baş perdesi

Blok 3 – Makine Dairesi:

- Ana makine temelleri
- İç cidar sacları

Blok 4 – Baş Blok 2:

- İç cidar sacları

Blok 5 – Baş Blok 1:

- Baş çatışma perdesi
- Baş pervane tüneli

Blok 8 – Üst Bina 1. Kat:

- SOLAS vinci temeli
- Güverte vinci temeli

Bloklar dışında, ana güvertede bulunan ve özellikle çekme görevini yapan ekipmanların temellerinin kaynakları da hatasız olmalıdır. Bu bölümler:

- Baş ırgat temeli
- Kıç ırgat temeli
- Çekme kancası mapası
- Çekme babası

olarak sıralanabilir. Bunların yanında tüm gemilerde kritik bölüm olarak kabul edilen ve tüm kaynakları tam nüfuziyetli olarak yapılan dış kaplama sacları da tahribatsız muayeneye tabi tutulmalıdır.

Gemi üzerinde kritik noktaların belirlenmesinden sonra bu noktalar “Kaynak Muayene Planı” adı altında bir çizimde belirtilerek ve hangi bölümün hangi muayene yöntemi ile kontrol edileceği yazılır.

11. SONUÇ

Gemi inşaatında yoğun olarak kullanılan kaynaklı birleştirmeler sonucunda, bu bölgelerde oluşan gerilmeler ve distorsiyonların etkileri, imal edilen konstrüksiyonlarda fazlaca görülmektedir. Gemilerde olmasına izin verilen distorsiyonların miktarları, günümüzde ortaya konmuş olan uluslararası Klas kuruluşları kuralları tarafından belli sınırlara çekilmiştir. Bu nedenle yeni gemi inşaatlarında oluşan çoğu distorsiyonun düzeltilmesi gerekmektedir. Düzeltme işlemleri ise zaman kayıpları ve fazladan maliyetler olarak karşımıza çıkmaktadır. İşte bu noktada bu zaman kayıplarını ve maliyetleri aşağı çekebilmek için, distorsiyon oluşumunu en aza indirecek yöntemlerin ortaya konması esastır. Ancak değişik konstrüksiyonlarda değişik önlemler alınması gerekmektedir. Bu konu üzerinde çalışan mühendislerin konstrüksiyonun durumunu göze alarak yöntem geliştirmesi şarttır. Distorsiyon önleme yöntemleri geliştirilirken genellikle önceki tecrübelerde dayanılır.

Kaynak sırası, kaynak işlemi sonucu oluşacak distorsiyonların azaltılması için etkili bir yöntemdir. Kaynak sırası oluşturulup bunun imalatı yapanlar tarafından uygulanabilmesi için kaynak sırası planları oluşturulur. Kaynak sırası planları hatalara mahal vermemek için kolay anlaşılır şekilde düzenlenmelidir. Ancak uygulama esnasında insan faktörü gözden kaçırılmamalı, kaynakçıların verilen kaynak sırasını takip etmeleri sağlanmalıdır. Kaynak sırası belirlenmesi yoruma oldukça açık bir konudur. Bu neden aynı konstrüksiyonda farklı kaynak sıraları çıkarılabilir. Farklı hazırlanan kaynak sıralarının sonucu, oluşacak distorsiyonun konstrüksiyonun başka bir bölgesine kaymasına neden olur. Ancak burada önemli olan distorsiyonun düzeltilebilecek bir yerde oluşmasını sağlamaktır. Tamamen yanlış kaynak sırasıyla imal edilmiş bir konstrüksiyonda, düzeltme işlemi yapmak imkansız hale gelebilir. Bu durumda hiç istenmeyen bir durum ortaya çıkar ve kaynakların kesilmesi gerekebilir.

Ancak kaynak öncesi ve kaynak sırasında, distorsiyonları azaltıcı yöntemler titizlikle uygulansa bile kaynak sonucunda gerilme ve distorsiyonlar oluşabilir. Bu oluşan distorsiyonların giderilmesinde ise en etkili ve ucuz yöntemin bulunup uygulanması gerekir.

Gemi inşaatında önemli bir konu da distorsiyon toleranslarının bilinmesidir. Toleransların bilinmesi durumunda oluşan distorsiyonların dereceleri belirlenerek, gerekli düzeltme işlemlerine karar verilebilir. Toleransların bilinmesi aynı zamanda gereksiz işlemlerin yapılmasının önüne geçer.

Gemilerin çalışma hayatları boyunca güvenliğinin sağlanabilmesi için, kaynaklı birleştirmelerdeki hataların en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle gemi konstrüksiyonundaki kaynak dikişlerinin muayene edilmesi gerekmektedir. Ancak gemideki tüm kaynakların özel tahribatsız muayene yöntemleri ile kontrol edilme ihtimali olmadığından, gemi inşaatında en çok kullanılan yöntem gözle muayenedir. Bu yöntem hem ucuz, hem de oldukça hızla sonuçlar verir. Diğer muayene yöntemlerinin kullanılacağı yerlerin belirlenmesi ise gemi konstrüksiyonu üzerinde bazı çalışmalar yapılmasını gerektirir. Gemi bloklarındaki kritik noktalar tanımlanmalı ve bu noktalarda hangi muayene yönteminin uygulanacağı iyi planlanmalıdır.

Gemi inşaatında kaynaklardaki gerilmeleri ve distorsiyonu azaltıcı yöntemler ile kaynak hatalarını en aza indirecek çalışmalar beraber yürütüldüğü takdirde, inşa maliyetleri azalacak ve kalite önemli ölçüde gelişecektir.

Bu çalışmanın son bölümlerinde, örnek olarak alınan 32m boyundaki bir römorkörün blok imalat sıraları göz önüne alınarak bazı bloklarında uygulanması gereken kaynak sıraları tavsiye edilmiştir. Tavsiye edilen bu kaynak sıraları oluşturulurken, ağırlıklı olarak pratik tecrübelerden faydalanılmıştır. Kaynaklı imalat sonrasında bloklarda oluşacak deformasyonların en aza indirilmesi ve aynı zamanda kaynakçı kayıp zamanlarının azaltılarak imalat sürelerinin de kısaltılması amaçlanmıştır. Ancak farklı tersane şartları ve kaynakçı sayısına bağlı olarak bu kaynak sıraları daha farklı şekillerde de uygulanabilir.

Ancak görüleceği gibi blok imalatlarında takip edilen imalat sıralarının kaynak sıralarına ve kullanılan kaynak yönteminin seçiminde etkisi büyüktür. Örnek olarak alınan geminin imalatında sırası ile; panel kaynaklarında tozaltı kaynak yöntemi, ön imalat safhasında çoğunlukla MAG gazaltı kaynak yöntemi ve son olarak blok eklerinde ve dış kaplama kaynaklarında ise örtülü elektrodla kaynak yöntemi tercih edilmiştir. Hangi kaynak yönteminin hangi aşamada kullanılacağına karar verilirken, yöntemlerin birbirlerine karşı üstünlükleri göz önüne alınmış ve sebepleri de ortaya konmuştur. Bu sayede kaynak sıraları ile seçilen kaynak yöntemi arasındaki ilişki daha iyi anlaşılmaktadır.

Örnek olarak alınan geminin kaynak muayene planının çıkarılmasında ise öncelikle, kesinlikle kaynak hatası olmaması istenen bölgeler belirlenmiştir. Bunun yanında, hata olma olasılığı yüksek ve gemi güvenliğine tehdit oluşturabilecek kısımlar da belirlenerek örnek bir kaynak muayene planı oluşturulmuştur. Belirlenen bu yerlerdeki kaynaklar için uygun muayene yöntemi seçilerek, bu bölgelerdeki kaynakların kontrol edilmesi istenmiştir. Ancak imalat sırasında hata olma ihtimali yüksek olan veya hatalı imal edildiği düşünülen daha farklı kısımlar da var ise bu kısımlar da istenildiği zaman doğru muayene yöntemi belirlenerek kontrol edilebilir. Fakat burada unutulmaması gereken en önemli nokta, yapılacak tüm muayenelerin gemi inşa maliyetini arttırdığıdır. Bu nedenle çok fazla ve gereksiz muayene yapılmaması için, muayeneye tabi tutulacak yerler belirlenirken bu kısımları oldukça dikkatli belirlemek gerekir.

Bunun yanında muayene yapılan yerlerde hataların bulunması durumunda, bu bölgelerdeki muayene alanlarının genişletilerek daha büyük alanlardan yeni muayeneler yapılması gerekir. Bu durumun önüne geçmek için ise imalat sırasında kaynakçıların en az hata yapacak şekilde çalışmaları sağlanmalıdır. Gemi imalatında kaynak yapan tüm personel sertifikalandırıldığı halde doğal olarak insan faktörü işin içine girdiğinde hataların da ortaya çıkması kaçınılmaz olmaktadır. Ancak çalışma şartlarının iyileştirilmesi ve düzenli eğitim sayesinde insandan kaynaklanan hataların da en aza indirilmesine çalışılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Ank, S., (1973), Kaynak Tekniği, İ.T.Ü. Mak. Fak. Ofset Baskı Atölyesi, İstanbul.
- Naş, A., (1985), Kızakta Kaynaklı Birleştirmelerde İşlem Sırası, Pendik Tersanesi Endüstri Mühendisliği, İstanbul.
- Teng, T., Chang, P. ve Tseng, W., (2003), "Effect of Welding Sequences on Residual Stresses", Computers & Structures, 81; 273-286.
- Cho, K., Sun, J. ve Oh, J., (1999), "An Automated Welding Operation Planning System for Block Assembly in Shipbuilding", Int. J. Production Economics, 60; 203-209.
- Oğuz, B., (1989), Ark Kaynağı, Oerlikon Yayını, İstanbul.
- Oğuz, B., (1985), Karbon Alaşımli Çeliklerin Kaynağı, Oerlikon Yayını, İstanbul.
- Oğuz, B., (1985), Kaynak Bilimi, Oerlikon Yayını, İstanbul
- SS, Richard., (1994), The Procedure Handbook of Arc Welding, The Lincoln Electric Company, Ohio.
- www.lincolnelectric.com
- Türk Loydu, (1997), Çelik Gemileri Klaslama Kuralları Kısım 3 Tekne Yapımında Kaynak Kuralları, Türk Loydu Yayınları, İstanbul.
- IACS, (2006), "Shipbuilding and Repair Quality Standards", International Association of Classification Societies.
- IACS, (2007), "Non-Destructive Testing of Ship Hull Steel Welds", International Association of Classification Societies.
- Cerit, M., Makine Mühendisliği El Kitabı Üretim ve Tasarım, Cilt 2, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İstanbul.
- TMMOB, (2001), "Sac Açılımı Planının Uygulanması Esnasında Kaynak Planı ve Sıralarına İlişkin Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar", Kaynak Teknolojisi III. Ulusal Bildiriler Kitabı, Ekim 2001, İstanbul.
- Eyres, D.J., (2001), Ship Construction, Butterworth Heinemann, Oxford.
- Okan, B., Gemi ve Açıkdeniz Yapıları Elemanları Ders Notları, İ.T.Ü Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, İstanbul.

EKLER

- Ek 1 Örnek Geminin Genel Planı
- Ek 2 Örnek Geminin Kaynak Planı
- Ek 3 Örnek Geminin Kaynak Muayene Planı

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 18.04.1981

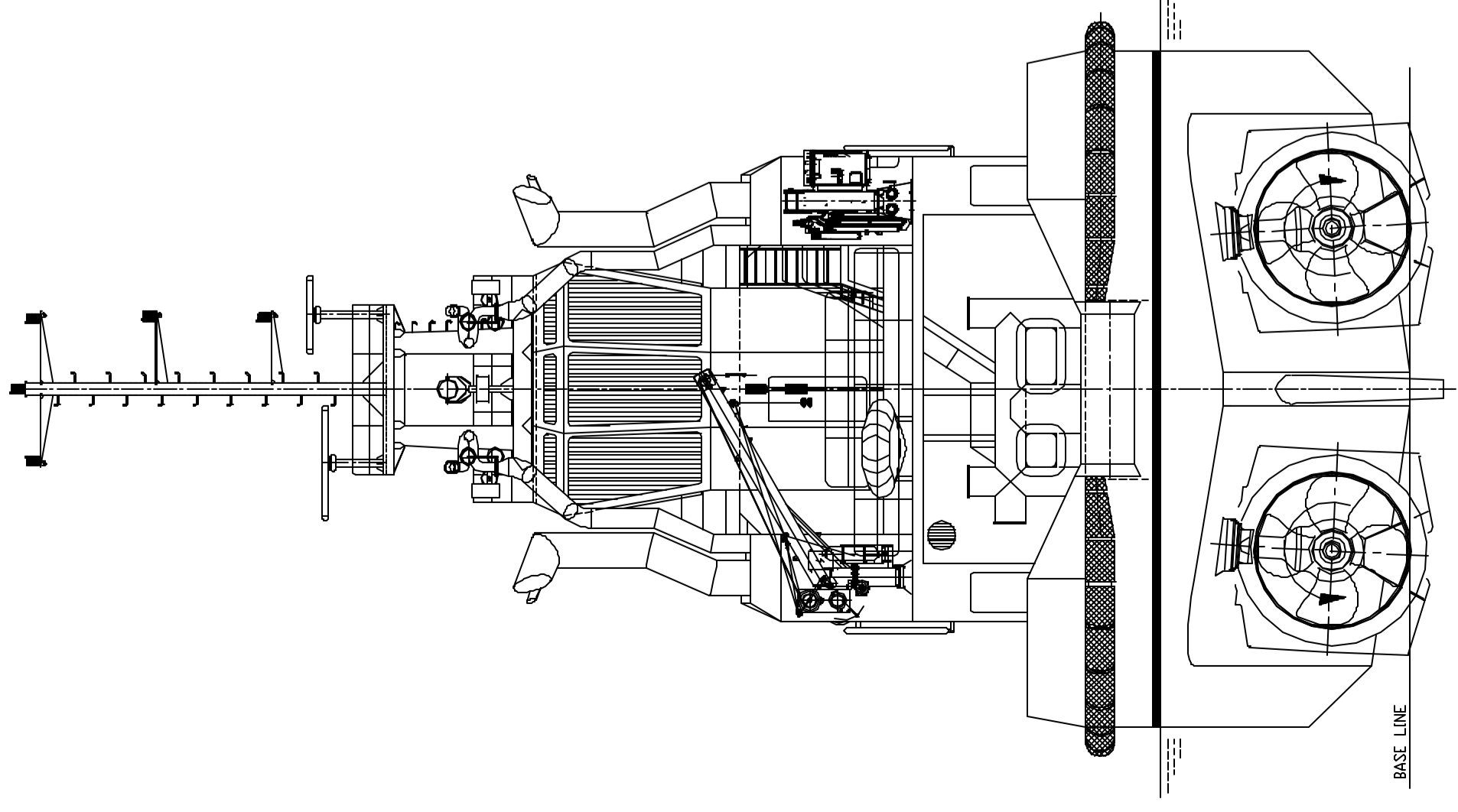
Doğum yeri İstanbul

Lise 1996-1999 Burak Bora Anadolu Lisesi

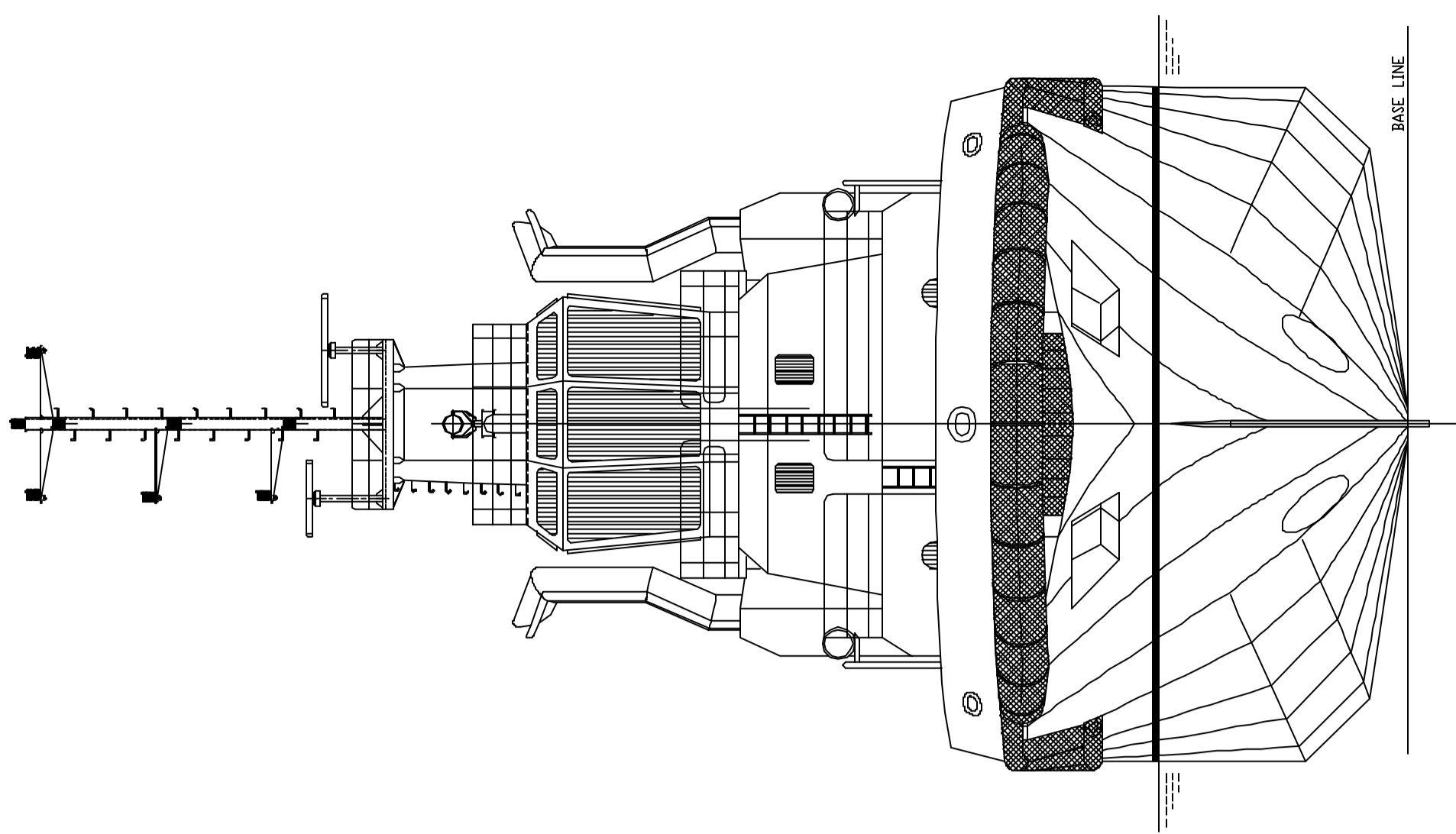
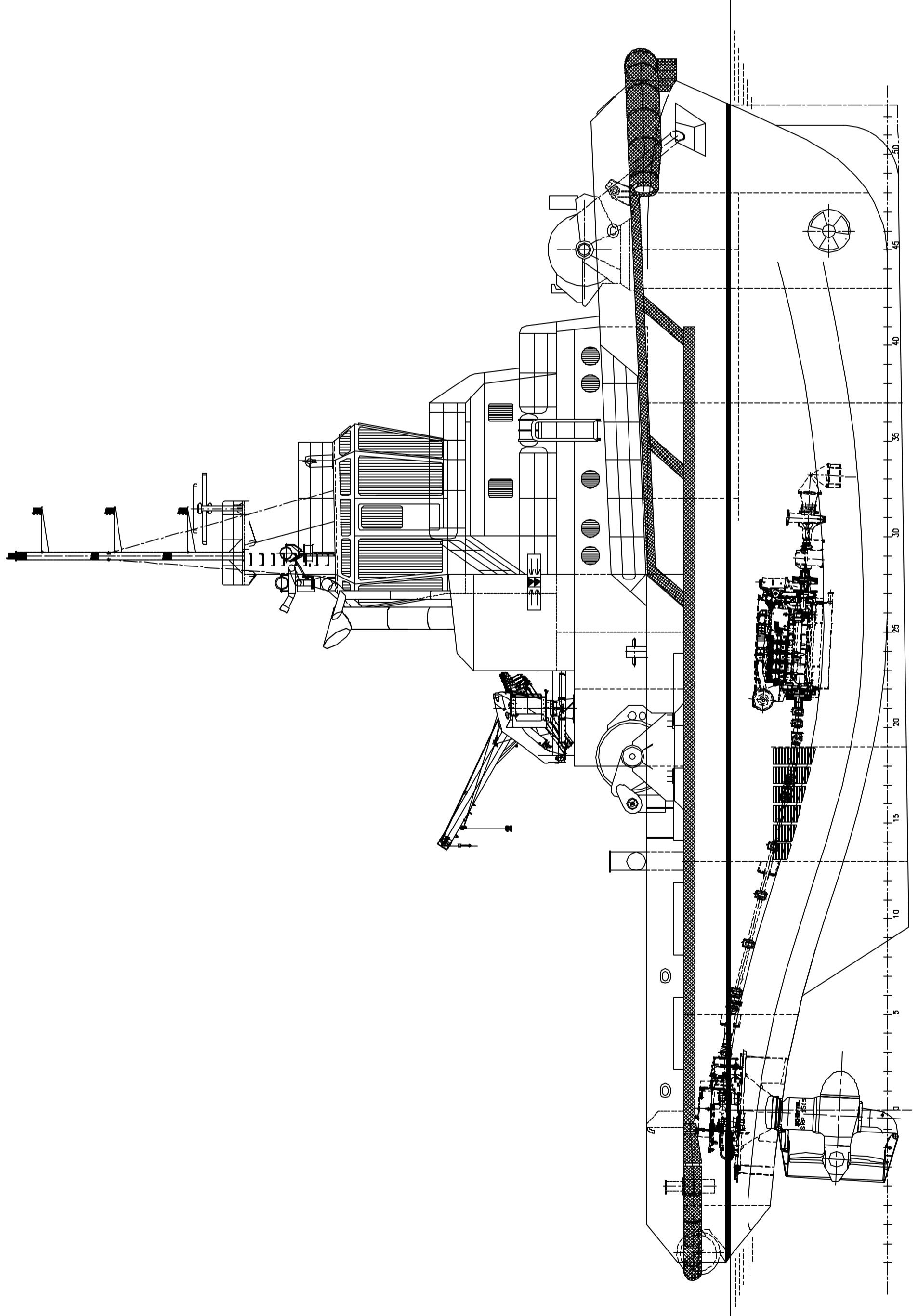
Lisans 1999-2004 Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurum(lar)

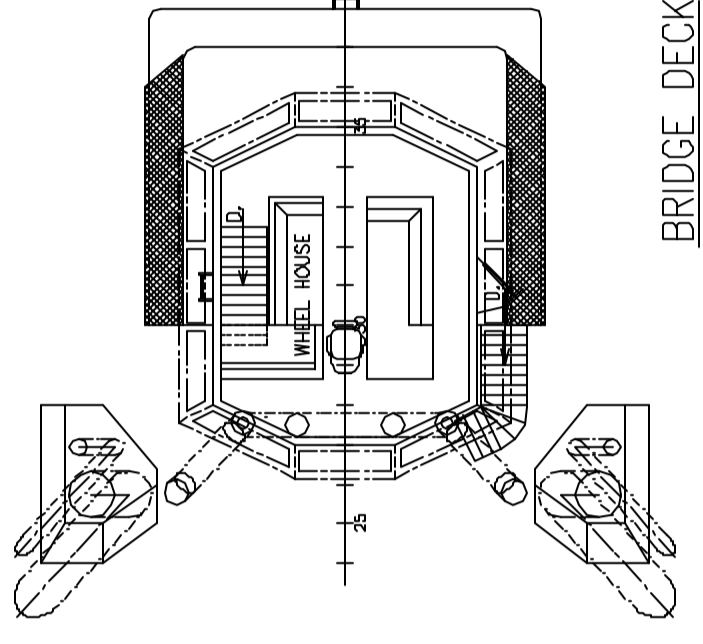
2004- Halen devam ediyor, GE-TA Tersanesi Tuzla/İstanbul



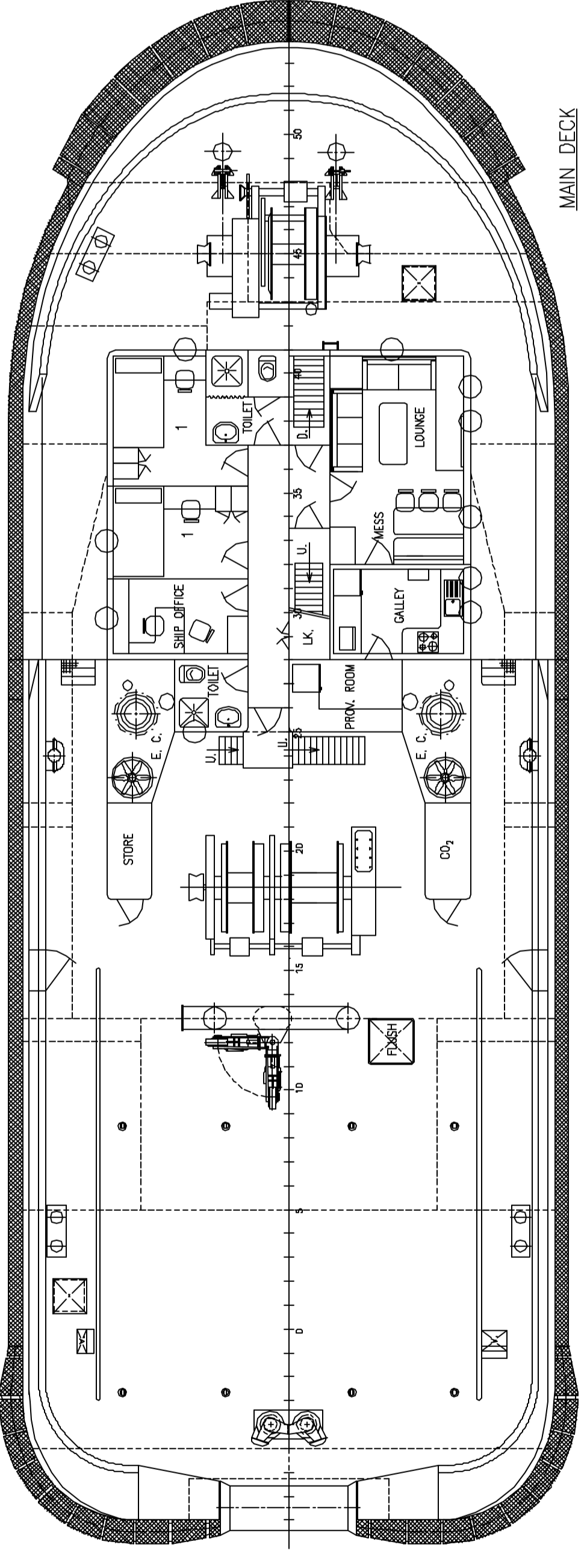
AFT VIEW



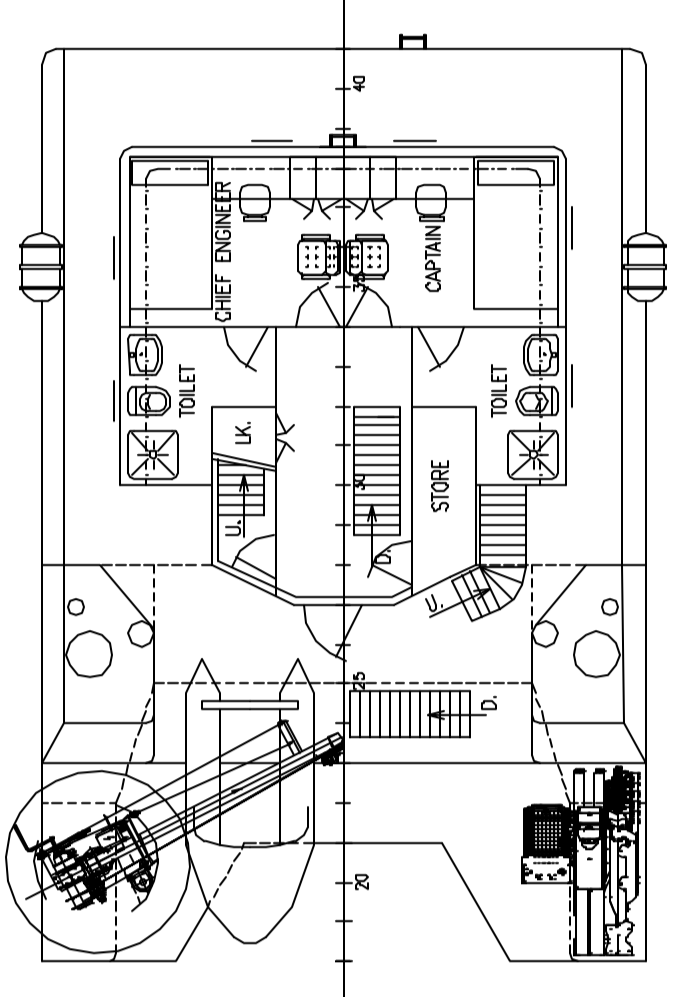
FORE VIEW



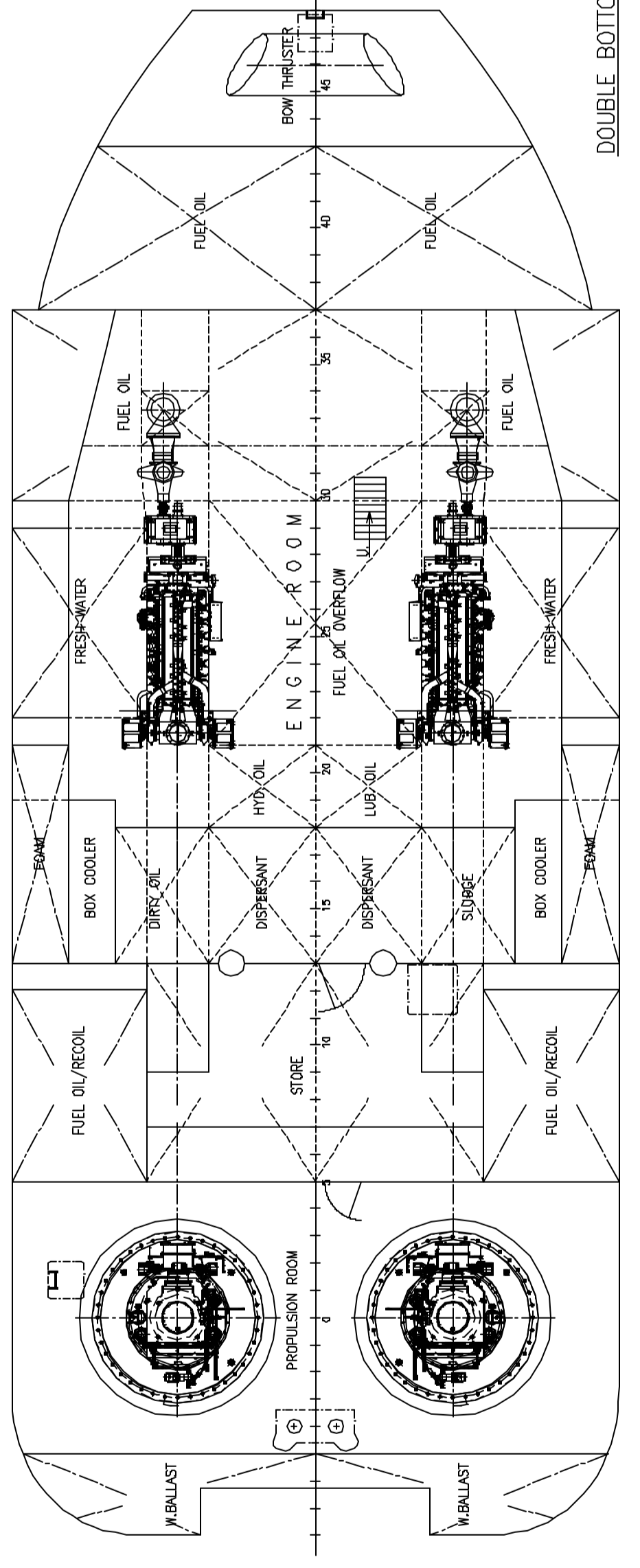
BRIDGE DECK



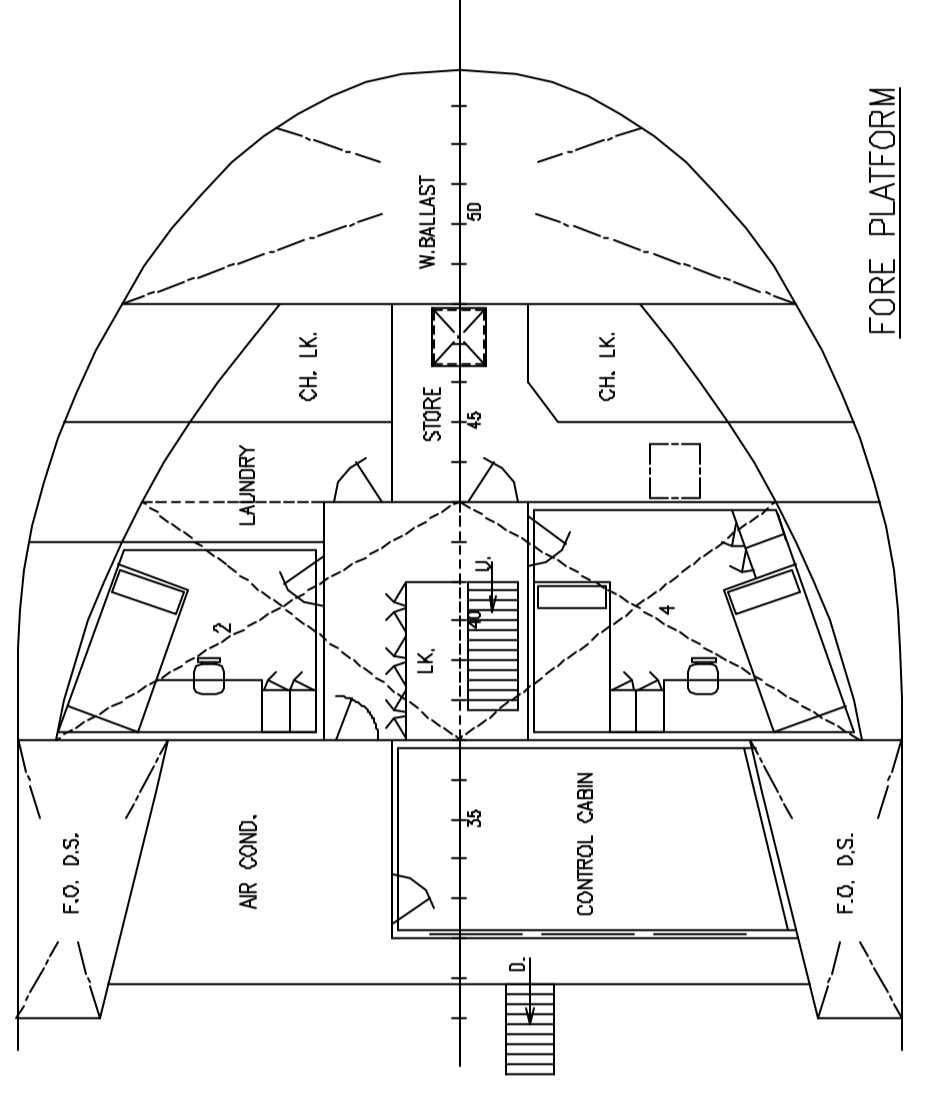
MAIN DECK



BOAT DECK



DOUBLE BOTTOM

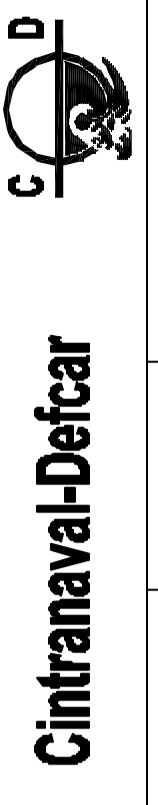


FORE PLATFORM

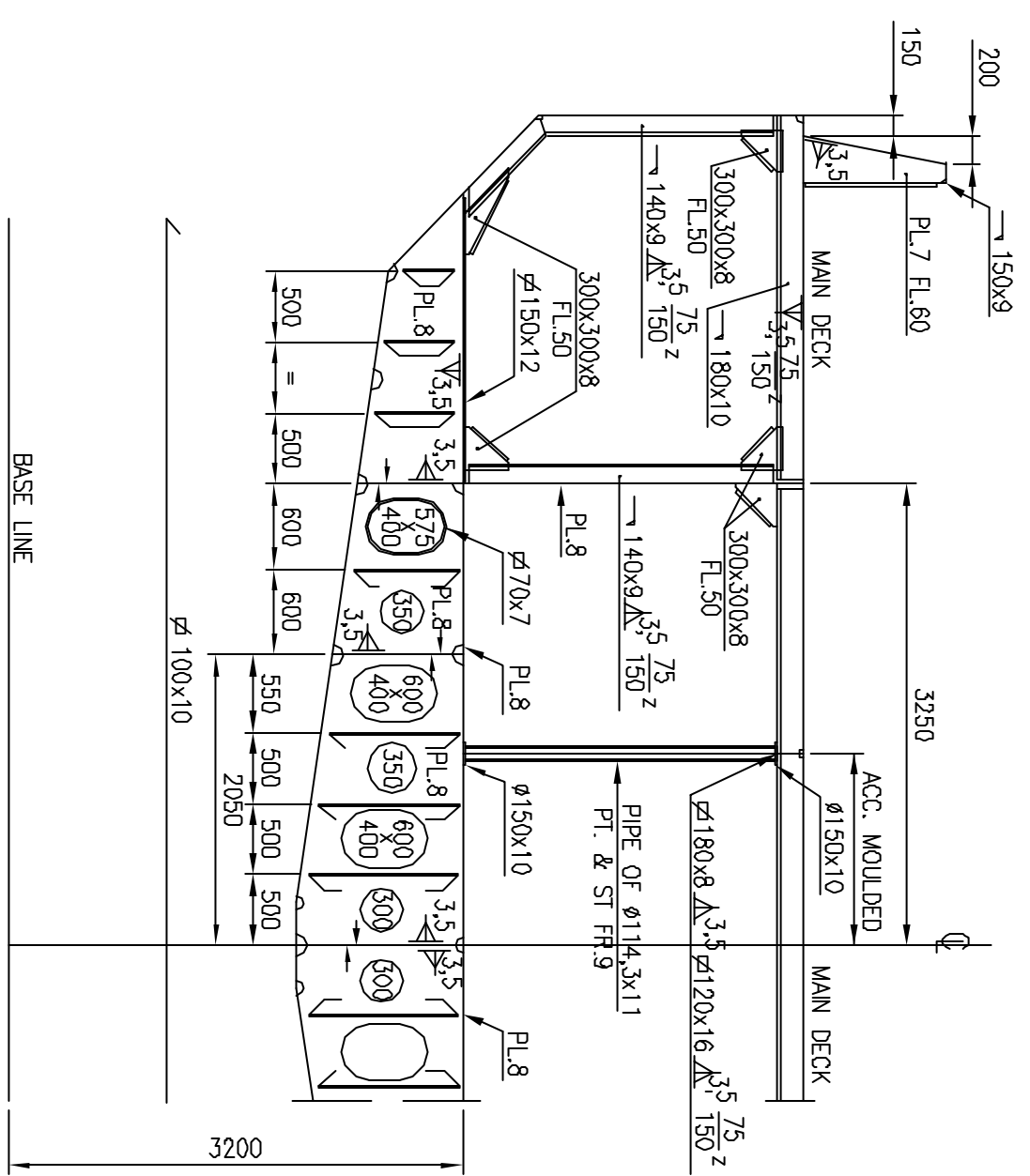
MAIN PARTICULARS

LENGTH OVERALL	32,50	M.
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS	27,60	M.
MOULDED BREADTH	11,70	M.
DEPTH	5,60	M.
DESIGN DRAUGHT	4,30	M.
COMPLEMENT	10	

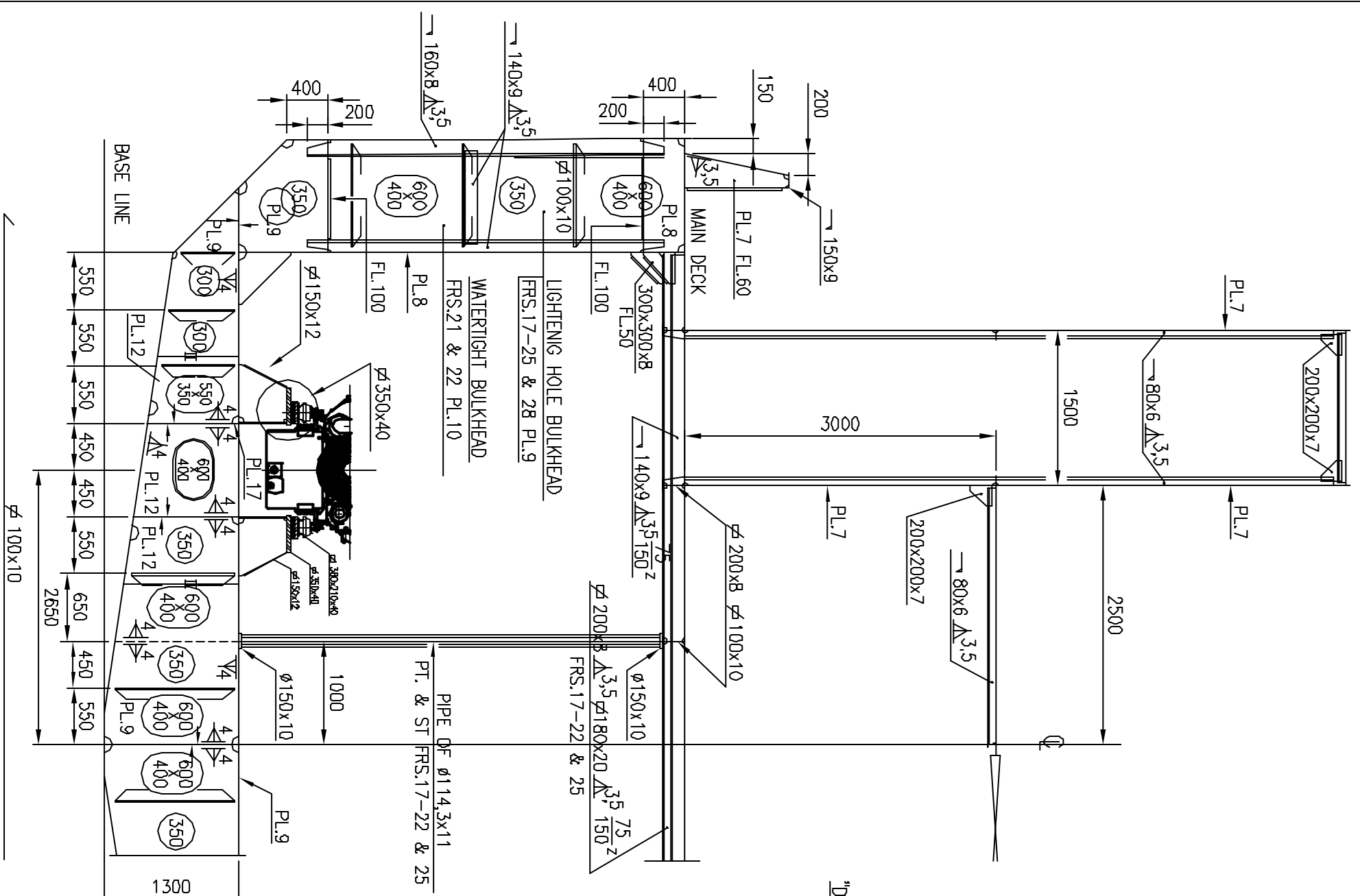
1	30-11-05	J.A.M.	ETON DE REDOQUE, CHARGE POPA Y HABITACION	DATE:	CND-05194
MODIF.	DATE	NAME	APPROVED BY:	YARD	REF.
70 T.B.P. AZIMUTH STERN DRIVE TUG					
CUSTOMER					
DESIGNATION					
EK 1					
GENEL PLAN					
SCALE	1:100	DRAWN	CHECKED	DATE	NAME
				2005-NOV.	F. B. V.
					102.01
					N. OF SHEETS 1
					SHEET N. -



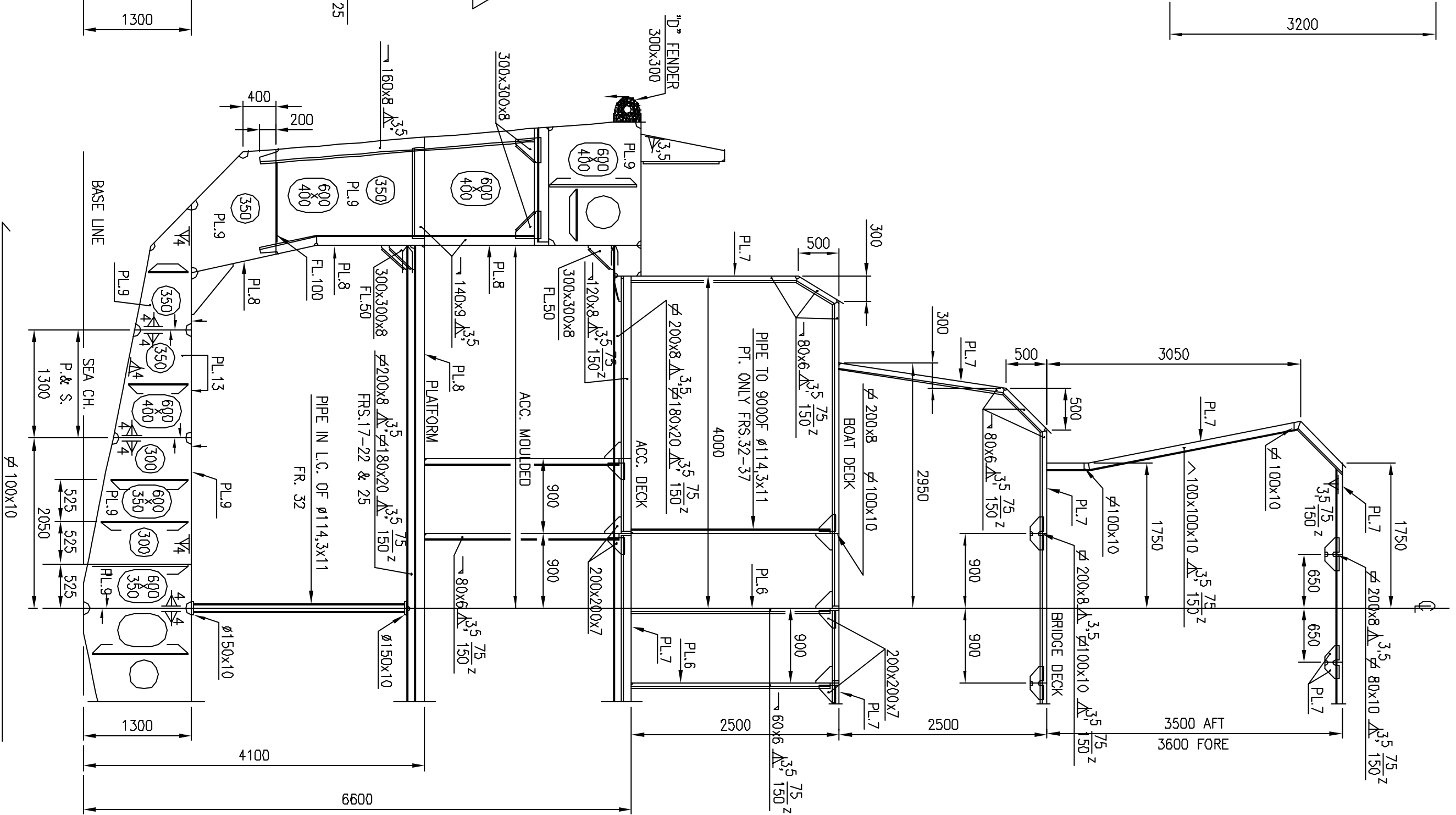
Cintranaval-Defcar



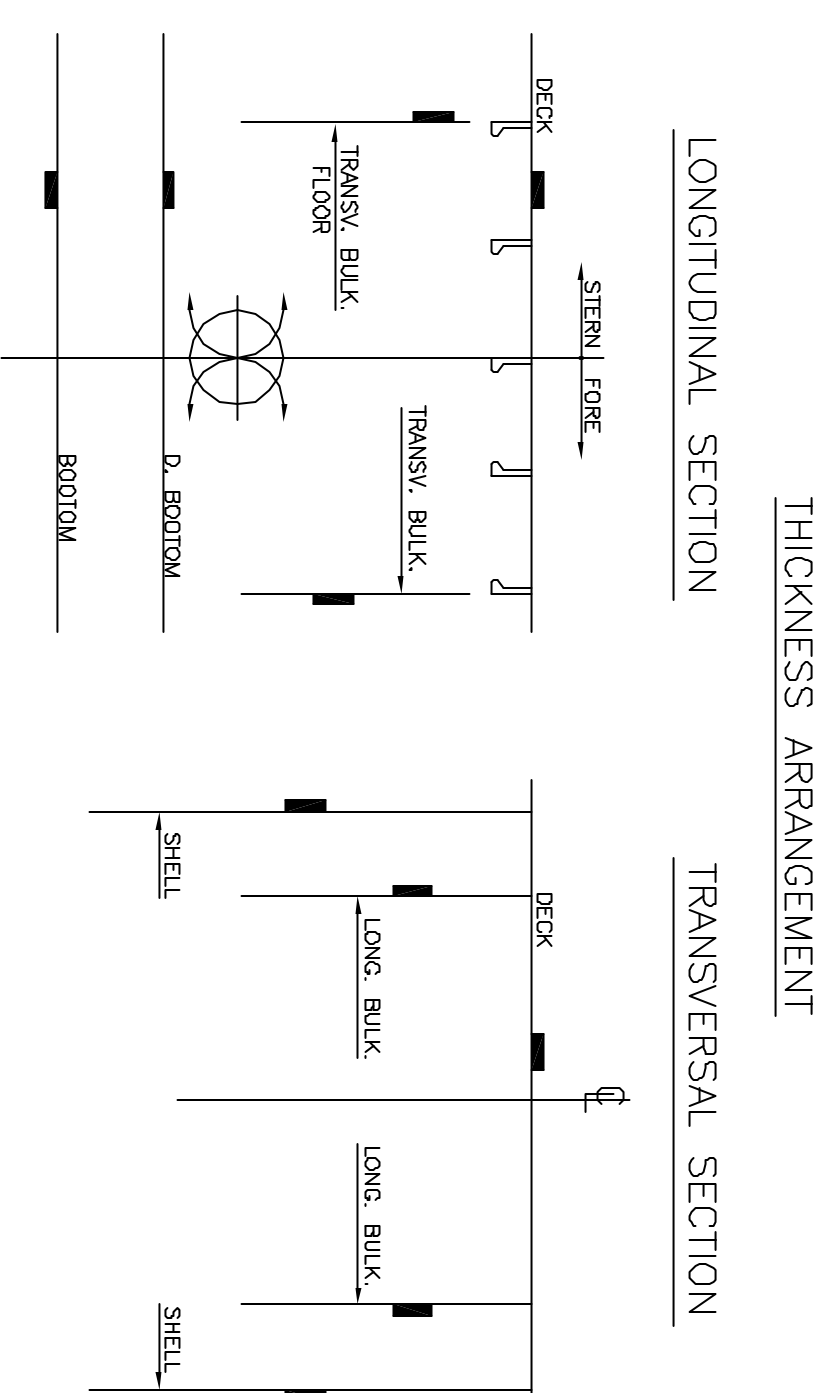
SECTION FRAME 8



SECTION FRAME 24

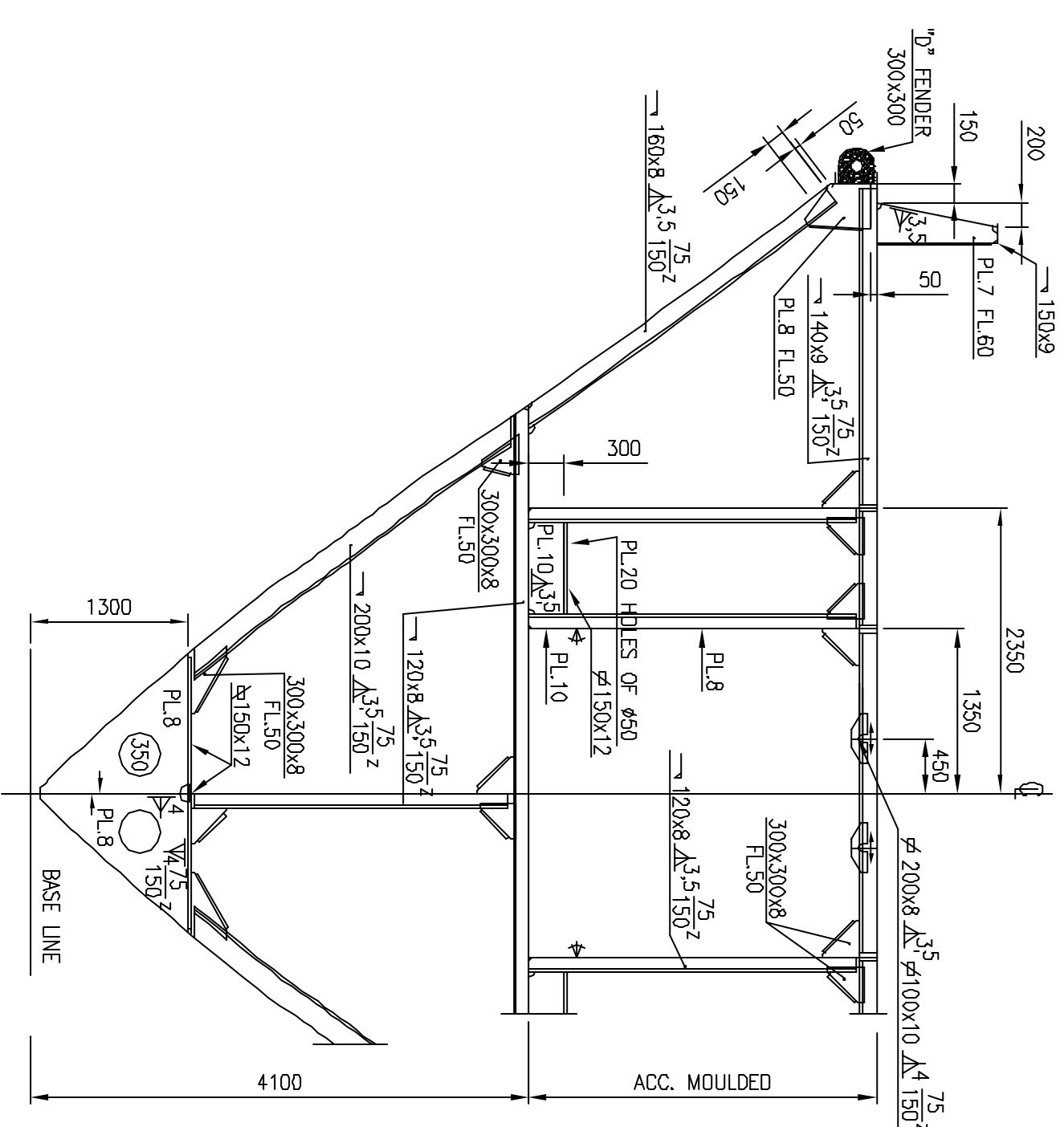


SECTION FRAME 33



LONGITUDINAL SECTION

TRANSVERSAL SECTION



SECTION FRAME 46

EQUIPMENT NUMBER = 207
 EN= K (L B D)²²
 K= 1.30 ; L=30.751; B=11.70 ; D=5.60
 - 2 STOCKLESS BOWER ANCHOR OF 600 Kgs. EACH.
 - 275 Mts. OF STUINK CHAIN OF Ø22 mm. (QUALITY Ø2)

MAIN PARTICULARS

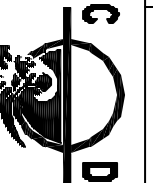
LENGTH O.A. 32.60 M
 LENGTH B.P. 27.60 M
 BREADTH MOULDED 11.70 M
 DEPTH 5.60 M
 DRAUGHT MOULDED 4.30 M
 SCANTLING DRAUGHT 5.60 M

CLASSIFICATION: BUREAU VERITAS

ESCORT TUG SALVAGE TUG UNRESTRICTED NAVIGATION FIRE FIGHTING SHIP 1
 MACH AUT-UWS OIL RECOVERY SHIP (F.P. > 60° C)

MODIF.	DATE	NAME	APPROVED BY:	CUSTOMER	DATE:
DESIGNATION			YARD	REF.	
70 T. BOLLARD PULL					
AZIMUTH STERN DRIVE TUG					
E K 2					
TIPK KESITLER					
KAYNAK PLANI					
SCALE			DATE	NAME	DRAWING N.
1:50			20-11-2007	R.G.G.	103.01
DRAWN					
CHECKED					
SENT					
			N. OF SHEETS	1	SHEET N. 1

Cintnaval-Defcar



CND-07022

